



Merenkulun uusien ympäristömääräysten aiheuttamien kustannusten kartoittaminen

Henrik Bachér ja Peter Albrecht

Merenkulun uusien ympäristömääräysten aiheuttamien kustannusten kartoittaminen

Henrik Bachér ja Peter Albrecht, Elomatic Marine Engineering Oy

Liikenteen turvallisuusvirasto Trafi
Trafiksäkerhetsverket Trafi
Helsinki Helsingfors 2013

ISBN 978-952-5893-89-2
ISSN 1799-0157

ALKUSANAT

Merenkulun ympäristömääräyksiä koskeva MARPOL-yleissopimus on suurelta osin uusittu viimeisen kymmenen vuoden aikana Kansainvälisen merenkulkujärjestön (IMO) toimesta. IMO:ssa on hyväksytty myös uusia yleissopimuksia. EU:n uudistettu rikkidirektiivi on myös hyväksytty viime vuonna.

Liikenteen turvallisuusvirasto Trafin teettämän tutkimuksen tarkoituksena on ollut merenkulun uusien ympäristövaatimusten aiheuttamien kustannusten kartoittaminen ottaen huomioon uusien ympäristömääräysten edellyttämien laitteiden investointi-, huolto-, ja käyttökulut. Selvityksessä on tarkasteltu kaikkien uusien IMO:ssa hyväksytyjen säännösten aiheuttamia kustannusvaikutuksia riippumatta siitä, että ovatko määräykset jo tulossa voimaan vai eivät. Liikenteen turvallisuusvirasto Trafin uudessa tutkimuksessa on kartoitettu uusien määräysten aiheuttamia kustannuksia Suomen satamien liikenteelle sekä alustyypeittäin että kokonaisvaltaisesti koko Suomeen suuntautuvalle meriliikenteelle. Selvityksessä on myös arvioitu uusien ympäristömääräysten aiheuttamia kustannuksia koko Itämeren meriliikenteelle.

Tutkimuksessa on laskettu jokaiselle laivatyyppille ja -koolle eri ympäristösääntöjen aiheuttamat sääntökohtaiset lisäinvestointi- ja vuotuiset lisäkäyttökustannukset sekä näiden yhteisvaikutus. Kustannuslaskennassa on pyritty huomioimaan mahdollisimman laajasti kaikki lopputulokseen vaikuttavat kustannuslajit ja tekijät. Näitä ns. yksikkökustannuksia on laskettu sekä olemassa oleville aluksille että uudisrakennuksille.

Tavoitteena on myös ollut yhtenäisten lähtöarvojen käyttö sekä yhtenäisen laskentatavan soveltaminen kaikkiin selvitystyön kohteena olevien uusien sääntöjen aiheuttamiin kustannuksiin.

Lähtökohtana ovat olleet Suomeen suuntautuvan meriliikenteen tilastotiedot satamakäynteistä vuodelta 2011. Tilastoissa on mukana 1658 alusta edustaen 53 lippuvaltiota. Itämerellä kesäisin liikkuvat suuret risteilyalukset on jätetty tarkastelun ulkopuolelle, samoin kohtimaan liikenne.

Merenkulun uusien ympäristömääräysten aiheuttamien kustannusten kartoittaminen - tutkimuksen ovat tehneet Henrik Bachér ja Peter Albrech (Elomatic Marine Engineering Oy). Trafin ohjausryhmän jäsenenä ovat toimineet johtava asiantuntija Jorma Kämäräinen, johtava asiantuntija Anita Mäkinen ja johtava asiantuntija Mirja Ikonen.

Helsingissä, 15. marraskuuta 2013

Jorma Kämäräinen

johtava asiantuntija

Liikenteen turvallisuusvirasto Trafi

FÖRORD

MARPOL-konventionen om miljöbestämmelserna för sjöfarten har reviderats till stor del under de senaste tio åren av Internationella sjöfartsorganisationen (IMO). Inom IMO har även nya konventioner godkänts. EU:s reviderade svaveldirektiv har även godkänts förra året.

Syftet med undersökningen som Trafiksäkerhetsverket Trafi låtit göra har varit att kartlägga kostnaderna för de nya miljökraven på sjöfarten, med beaktande av kostnader för investeringar, underhåll och användning av utrustning som fordras med anledning av de nya miljöbestämmelserna. I utredningen har man granskat samtliga kostnadseffekter av de av IMO godkända bestämmelserna, oberoende av om de redan har trätt i kraft eller ej. I Trafiksäkerhetsverket Trafis nya undersökning kartläggs kostnaderna för de nya bestämmelserna för trafiken i Finlands hamnar såväl enligt typ av fartyg som helhetsmässigt för hela sjötrafiken till Finland. I utredningen uppskattas även kostnaderna för de nya miljöbestämmelserna för den totala sjötrafiken på Östersjön.

I undersökningen har man kalkylerat de regelmässiga kostnaderna för tilläggsinvesteringar och årlig ökad användning samt den kombinerade effekten av dessa förorsakad av de olika miljöbestämmelserna för varje fartygstyp och -storlek. Vid kostnadskalkyleringen har man strävat efter att så omfattande som möjligt beakta samtliga kostnadslag och faktorer som inverkar på slutresultatet. Dessa s.k. enhetskostnader har kalkylerats för såväl existerande fartyg som nybyggen.

Målet har även varit att använda enhetliga utgångsvärden samt att tillämpa ett enhetlig kalkyleringssätt på samtliga kostnader förorsakade av de nya reglerna som omfattades av utredningsarbetet.

Utgångspunkten har varit statistikuppgifter om hamnbesök för sjötrafiken till Finland från år 2011. Statistiken inkluderar 1 658 fartyg och 53 flaggstater representeras. De stora kryssningsfartyg som sommartid trafikerar Östersjön har utelämnats, samt inrikestrafiken.

Undersökningen Merenkulun uusien ympäristömääräysten aiheuttamien kustannusten kartoittaminen är utförd av Henrik Bachér och Peter Albrecht (Elomatic Marine Engineering Oy). Trafis styrgrupp utgjordes av ledande sakkunnig Jorma Kämäräinen, ledande sakkunnig Anita Mäkinen och ledande sakkunnig Mirja Ikonen.

I Helsingfors, den 15 november 2013

Jorma Kämäräinen

ledande sakkunnig
Trafiksäkerhetsverket Trafi

FOREWORD

Over the last ten years, the MARPOL Convention has been largely renewed by the IMO. Several new conventions have also been adopted by the IMO. In addition, the renewed EU Sulphur Directive was adopted in 2012.

The objective of this study, commissioned by the Finnish Transport Safety Agency, Trafi, was to evaluate the costs created by new maritime environmental regulations, while taking account of investment, maintenance and operating costs related to the equipment requirements set by these regulations. The overall cost impacts of all new regulations adopted by the IMO were evaluated, regardless of the future date of their entry into force. The study evaluated the costs imposed by the new regulations on sea traffic in Finnish ports as a whole and according to vessel type, as well as the extra costs incurred by all sea traffic in the Baltic.

Investment and additional annual operating costs caused by each new regulation, as well as their combined impact, were calculated for each type and size of vessel. An effort was made to take the most comprehensive account possible of the various factors contributing to total costs. Vessel and size specific costs were estimated, both for retrofitting the existing tonnage and for newbuilding.

Another aim was to use the same methodology to evaluate the costs created by all of the various new regulations, and to use the same input values.

The study is based on the sea traffic statistics covering port calls in Finland in 2011. The statistics include a total of 1,658 vessels representing 53 flag states. Large cruise vessels operating in the Baltic during the summer months and all domestic traffic were excluded from this study.

Titled Evaluating the costs arising from new maritime environmental regulations, the study was conducted by Henrik Bachér and Peter Albrech of Elomatic Marine Engineering Ltd. Trafi's steering group for the study comprised Chief Adviser Jorma Kämäräinen, Chief Adviser Anita Mäkinen and Chief Adviser Mirja Ikonen.

Helsinki, 15 November 2013

Jorma Kämäräinen

Chief Adviser
Transport Safety Agency Trafi

Sisällysluettelo

Tiivistelmä

Sammanfattning

Abstract

1	Selvitystyön tausta ja tavoitteet.....	1
2	Selvitystyön kohteena olevat uudet ympäristömääräykset.....	2
2.1	MARPOL-yleissopimuksen IV liite	2
2.2	MARPOL-yleissopimuksen V liite	2
2.3	MARPOL-yleissopimuksen VI liite (ilmansuojelu) ja rikkidirektiivi	3
2.4	MARPOL-yleissopimuksen VI liite (energiatehokkuus)	4
2.5	Painolastivesiyleissopimus	4
3	Yhteenveto aikaisempien selvitysten johtopäätöksistä ja näiden hyödyntämisestä kokonaiskustannusten arviointia varten	7
4	Kustannusten kartoittamisen toteuttamistapa	8
4.1	Kustannuslaskennan laajuus	8
4.2	Rajaukset.....	9
4.3	Vertailutaso	9
4.4	Lähtötietojen keruu	10
5	Kustannuslaskenta	11
5.1	Laskentatapa	11
5.2	Laskennassa huomioon otetut kustannuslajit	11
5.3	Investointikustannukset	12
5.4	Käyttökustannukset	13
5.5	Tulojen menetykset	15
5.6	Mahdolliset säästöt	15
5.7	Oleelliset tekijät ja eri kustannuslajien merkitys.....	16
6	Tekniset ratkaisuvaihtoehdot kustannuslaskentaa varten	17
6.1	MARPOL-yleissopimuksen IV liitteen muutosten täyttämiseksi selvitystyössä käytetyt ratkaisut.....	17
6.2	MARPOL-yleissopimuksen uudistetun V liitteen täyttämiseksi selvitystyössä käytetyt ratkaisut.....	18
6.3	MARPOL-yleissopimuksen uudistetun VI liitteen ja EU:n uudistetun rikkidirektiivin toimeenpanemiseksi selvitystyössä käytetyt ratkaisut	20
6.4	MARPOL-yleissopimuksen uudistetun VI liitteen (typen oksidipäästöt) täyttämiseksi selvitystyössä käytetyt ratkaisut	22
6.5	MARPOL-yleissopimuksen VI liitteen uuden 4 luvun (energiatehokkuus, EEDI) sääntöjen toimeenpanemiseksi selvitystyössä käytetyt ratkaisut	24
6.6	Painolastivesiyleissopimuksen sääntöjen toimeenpanemiseksi selvitystyössä käytetyt ratkaisut.....	24
7	Lähtöarvot kustannuslaskennalle ja näiden määrittely.....	29
7.1	Polttoaineen laatu ja hinta	29
7.2	Muut kulutustarvikkeet ja aineet.....	29
7.3	Työvoimakustannukset.....	29
7.4	Teknologiasidonnaiset lähtöarvot ja niiden määrittely	29
8	Suomeen suuntautuva meriliikenne.....	34
8.1	Satamakäynnit alustyypeittäin	34
8.2	Satamakäynnit alusten lippuvaltioiden mukaan	34
8.3	Satamakäynnit aluksittain.....	36
8.4	Kokoluokat	40
8.5	Polttoainekulutus.....	40
9	Meriliikenne Itämerellä	42

10 Tulokset	43
10.1 Sääntökohtaiset kustannukset alustyypeittäin ja kokoluokittain	43
10.2 Suomeen suuntutuvaan liikenteeseen kohdistetut kokonaiskustannukset	57
10.3 Itämeren liikenteeseen kohdistetut kustannukset	66
10.4 Energiatohokkuus EEDI	69
10.5 IMO:ssa valmisteilla olevien merenkulun uusien ympäristömääräysten aiheuttamat kustannukset	71
11 Yhteenveto ja keskustelu	72
12 Lyhenteet	74
Liite 2 A-D Sääntökohtaiset kustannukset alustyyppien ja kokoluokkien mukaan	96

TIIVISTELMÄ

Tämän Liikenteen turvallisuusviraston (Trafi) Elomatic Marine Engineering Oy:ltä tilaaman selvitystyön tarkoituksena on kartoittaa merenkulun uusien ympäristömääräysten aiheuttamat kustannukset Suomeen suuntautuvan meriliikenteen osalta. Selvitystyössä ei ole tutkittu näiden kustannusten jakautumista eri teollisuuden alojen eikä tuonnin tai viennin osalle.

Kustannuksia on laskettu toisaalta sääntökohtaisesti eri alustyypeille ja niiden kokoluokille sekä kokonaisvaltaisesti Suomeen suuntautuvan meriliikenteen osalta. Myös kustannusvaikutus koko Itämeren liikenteelle on arvioitu. Selvitystyö on jatkoa aikaisemmalle selvitykselle, jonka Elomatic teki Trafille huhtikuussa 2013 ja jossa kartoitettiin aikaisemmin aiheesta tehdyt raportit ja niiden sisältämät kustannusarviot. Tämän selvitystyön tavoitteena on ollut myös yhtenäisten lähtöarvojen käyttö sekä yhtenäisen laskentatavan soveltaminen kaikkiin selvitystyön kohteena olevien uusien sääntöjen aiheuttamiin kustannuksiin. Kohteena olevat säännöt kattavat MARPOL-yleissopimuksen uusitut ja/tai muutetut liitteet IV, V ja VI sekä kansainvälisen painolastivesiyleissopimuksen.

Selvityksen lähtökohtana ovat olleet Suomeen suuntautuvan meriliikenteen tilastotiedot satamakäynneistä vuodelta 2011. Tilastoissa on mukana 1658 alusta edustaen 53 lippuvaltiota. Tilastotietojen pohjalta on alukset jaettu seitsemään kategoriaan laivatyyppin mukaan ja jokainen laivatyyppi kolmeen tai neljään kokoluokkaan Itämeren mittapuun mukaan.

Jokaiselle laivatyyppille ja -koolle on laskettu eri ympäristösääntöjen aiheuttamat sääntökohtaiset lisäinvestointikustannukset ja vuotuiset lisäkäyttökustannukset sekä näiden yhteisvaikutus. Kustannuslaskennassa on pyritty huomioimaan mahdollisimman laajasti kaikki lopputulokseen vaikuttavat kustannuslajit ja tekijät. Näitä ns. yksikkökustannuksia on laskettu sekä olemassa oleville aluksille että uudisrakennuksille. Koska MARPOL-yleissopimuksen uudistetun VI liitteen ja EU:n uuden rikkidirektiivin täyttämiseksi on olemassa eri polttoainevaihtoehtoja, on kustannukset vielä laskettu kahdella eri polttoainevaihtoehtolla eli kaasuöljyllä (MGO rikkipitoisuus 0,1 %) ja raskaalla polttoöljyllä (HFO 2,5–3 %) yhdistettynä rikkipesuriin.

Näin on esimerkiksi keskisuurelle, olemassa olevalle irtolastialukselle laskettu kaikkien sääntöjen aiheuttamien lisäkustannusten olevan HFO-polttoaineella 4,5 M€ investointeina ja 38.000 € vuosittaisena lisäkäyttökustannuksena ja vastaavasti MGO-polttoaineella 1,5 M€ investointina ja 1,3 M€ vuosittaisena lisäkäyttökustannuksena. Samantyyppisen ja -kokoisen uuden aluksen vastaavat investointikustannukset ovat 3,2 M€ (HFO) ja 1,3 M€ (MGO) sekä lisäkäyttökustannukset 237.000 € (HFO) ja 1,5 M€/vuosi (MGO).

Suurelle olemassa olevalle matkustaja-autolautalle vastaavat luvut ovat 9,0 M€ investointeina ja 55.000 € vuosittaisina säästöinä HFO-polttoaineella sekä 0,5 M€ investointeina ja 5,8 M€ vuosittaisena lisäkäyttökustannuksena MGO-polttoaineella. Uudisrakennusalukselle vastaavat luvut ovat 7,0 M€ investointeina ja 0,7 M€ vuosittaisina lisäkäyttökustannuksina HFO-ratkaisulla sekä 2,2 M€ investointeina ja 6,6 M€ vuosittaisina lisäkäyttökustannuksina MGO-ratkaisulla.

Nykyiseen aluskantaan perustuvan Suomeen suuntautuvan alusliikenteen osuus uusien sääntöjen aiheuttamista kokonaiskustannuksista on laskettu polttoainekulutustietojen sekä alustyyppin ja -koon yksikkökustannusten perusteella. Näin on saatu vuosittainen kokonaislisäkustannus, joka vaihtelee 460–490 M€/vuosi vuosina 2015–2031, mikäli käytetään MARPOL-yleissopimuksen uudistetun VI liitteen ja EU:n uuden rikkidirektiivin täyttämiseksi kaasuöljyä eli MGO:ta. Mikäli käytetään raskasta ja runsasrikkipitoista polttoöljyä (HFO) yhdistettynä rikkipesuriin, on lisäkustannus joka muodostuu sekä investointi- että

käyttökustannuksista 120–140 M€/vuosi vuosina 2014–2023, jonka jälkeen lisäkustannus on keskimäärin n. 15 M€/vuosi muodostuen ainoastaan lisäkäyttökustannuksista. Molemmissa tapauksissa on oletettu 10 vuoden kuoletusaika investoinnille 0-korolla. Käytännössä yleinen oletus on, että osa aluksista siirtyy käyttämään MGO:ta, kun taas osaan asennetaan rikkipesureita, jolloin lopputulos sijoittuu näiden kahden ääritapauksen väliin. Tulokset on esitetty sekä vuotuisina kokonaiskustannuksina että sääntökohtaisesti molemmille polttoainevaihtoehdolle.

Vastaavalla tavalla on arvioitu sääntöjen aiheuttamat kustannukset koko Itämeren liikenteelle kaikkien alusten polttoainekulutuksen perusteella.

Nykyistä tilastotietojen mukaista aluskantaa tulevaisuudessa korvaavan tonniston eli ns. uudisrakennusten kohdalla on myös huomioitu mahdollisesti vuonna 2021 voimaan astuva typen oksideja (NO_x) vähentävä määräys olettaen, että Itämeri on siihen mennessä julistettu NO_x -päästöjen kontrollialueeksi.

Itämerellä kesäisin liikkuvat suuret risteilyalukset on jätetty tarkastelun ulkopuolelle, samoin kotimaan liikenne. Myös ne alukset, jotka eivät kuulu valittuihin alusryhmiin, on jätetty selvityksen ulkopuolelle. Tällaisia aluksi ovat esimerkiksi hinaajat ja ruoppaajat.

Nesteytetty maakaasu (LNG) ja muut vaihtoehtoiset polttoaineet ovat todennäköisesti pitkän aikavälin ratkaisuja rikki- ja typen oksidipäästöihin liittyvien sääntöjen täyttämiseksi. LNG:n käyttö tulee riippumaan paljolti hintakehityksestä maailmanmarkkinoilla sekä jake-
luinfrastruktuurista. Ns. biopolttoaineiden saatavuudesta ja riittävyydestä tulevaisuudessa ei ole riittävästi tietoa. Edellä mainituista syistä nämä vaihtoehdot eivät ole mukana kustannuslaskelmissa.

SAMMANFATTNING

Marine Engineering Oy är att kartlägga kostnaderna för de nya miljöbestämmelserna för sjötrafiken till Finland. I arbetet med utredningen har man inte undersökt fördelningen av kostnaderna mellan olika industrier eller för import och export.

Kostnaderna har kalkylerats såväl regelmässigt för olika typer av fartyg och deras storleks-kategorier som helhetsmässigt för sjötrafiken till Finland. Även kostnadseffekten för den totala trafiken på Östersjön har bedömts. Utredningsarbetet är en fortsättning på en tidigare utredning som utfördes av Elomatic å Trafis vägnar i april 2013, där tidigare rapporter och deras kostnadskalkyler kartlades. Målet med denna utredning har även varit att använda enhetliga utgångsvärden samt att tillämpa ett enhetligt kalkyleringssätt på samtliga kostnader förorsakade av de nya reglerna som omfattades av utredningsarbetet. Reglerna ifråga omfattar de reviderade eller och/ändrade annexen IV, V och VI i MARPOL-konventionen samt det internationella generalavtalet om barlastvatten.

Utgångspunkten för utredningen har varit statistikuppgifter om hamnbesök för sjötrafiken till Finland från år 2011. Statistiken inkluderar 1 658 fartyg och 53 flaggstater representeras. Utgående från statistikuppgifterna har fartygen delats in i sju kategorier enligt typ av fartyg, och varje typ av fartyg i tre eller fyra storleksklasser enligt Östersjöns skala.

För varje fartygstyp och -storlek har man kalkylerat de regelmässiga kostnaderna för tilläggsinvesteringar och årlig ökad användning samt den kombinerade effekten av dessa förorsakad av de olika miljöbestämmelserna. Vid kostnadskalkyleringen har man strävat efter att så omfattande som möjligt beakta samtliga kostnadsslag och faktorer som inverkar på slutresultatet. Dessa s.k. enhetskostnader har kalkylerats för såväl existerande fartyg som nybyggen. Eftersom det finns olika bränslealternativ som uppfyller det förnyade Annex VI i MARPOL-konventionen och EU:s nya svaveldirektiv, har kostnaderna dessutom kalkylerats med två olika bränslealternativ dvs. gasolja (MGO svavelhalt 0,1 %) och tung brännolja (HFO 2,5–3 %) i kombination med så kallade svaveltvättare.

Således har tilläggskostnaderna för exempelvis ett medelstort existerande bulklastfartyg med HFO-bränsle på grund av samtliga regler beräknats vara 4,5 M € som investeringar och 38 000 € som årlig kostnad för extra användning, och motsvarande med MGO-bränsle 1,5 M € som investeringar och 1,3 M € som årlig kostnad för extra användning. För ett nytt fartyg av samma typ och storlek är motsvarande investeringskostnader 3,2 M € (HFO) och 1,3 M € (MGO) samt kostnader för extra användning 237 000 € (HFO) och 1,5 M €/år (MGO).

För en stor existerande passagerarfärja är motsvarande siffror 9,0 M € som investeringar och 55 000 € som årlig inbesparing med HFO-bränsle samt 0,5 M € som investeringar och 5,8 M € som årlig kostnad för extra användning med MGO-bränsle. För ett nybyggt fartyg är motsvarande siffror 7,0 M € som investeringar och 0,7 M € som årliga kostnader för extra användning med HFO-lösning samt 2,2 M € som investeringar och 6,6 M € som årliga kostnader för extra användning med MGO-lösning.

Fartygstrafiken till Finlands andel, som utgår från dagens fartygsbestånd, av de totala kostnaderna förorsakade av de nya reglerna har kalkylerats utgående från uppgifter om bränsleförbrukning och enhetskostnader för fartygstyp och -storlek. På detta vis har man nått en årlig total tilläggskostnad, som varierar mellan 460–490 M €/år under åren 2015–2031, om gasolja eller MGO används för att uppfylla det reviderade Annex VI i MARPOL-konventionen och EU:s nya svaveldirekt. Om tung brännolja eller brännolja med hög svavelhalt (HFO) används i kombination med svaveltvättare, är den tilläggskostnad som utgörs av både investerings- och användningskostnader 120–140 M €/år under åren 2014–2023,

varefter tilläggskostnaden är i genomsnitt ca 15 M €/år och utgörs enbart av kostnader för extra användning. I bägge fallen har man antagit att amorteringstiden för investeringar är 10 år med 0-ränta. I praktiken är den allmänna antagelsen att en del av fartygen övergår till att använda MGO medan en del installerar svaveltvättare, varefter slutresultatet står att finna mitt emellan dessa två förhållningssätt. Resultaten har presenterats såväl som årliga totala kostnader och regelmässigt för bägge bränslealternativ.

På motsvarande sätt har man bedömt kostnaderna som förorsakas av reglerna för den totala trafiken på Östersjön utgående från samtliga fartygs bränsleförbrukning.

För tonnaget som i framtiden ersätter fartygsbeståndet som överensstämmer med dagens statistikuppgifter, dvs. nybyggen, har även beaktats bestämmelsen om reduktion av kväveoxider (NOx) som eventuellt träder i kraft 2021, med antagandet av att Östersjön innan dess utsetts till kontrollområde för NOx-utsläpp.

De stora kryssningsfartyg som sommartid trafikerar Östersjön har utelämnats samt inrikesstrafiken. Även de fartyg som inte hör till de valda fartygskategorierna har utelämnats från utredningen. Fartyg av detta slag är exempelvis bogserfartyg och mudderverk .

Flytande naturgas (LNG) och andra alternativa bränslen är troligtvis lösningar på lång sikt för att följa reglerna om utsläpp av svavel och kväveoxider. Användningen av LNG kommer i stor utsträckning att vara beroende av prisutvecklingen på den globala marknaden samt infrastrukturen för distribution. Det saknas tillräckligt med information om tillgången på s.k. biobränslen i framtiden. Av de ovan nämnda anledningarna har dessa alternativ utelämnats i kostnadskalkylerna.

ABSTRACT

The objective of this study, which was commissioned by the Finnish Transport Safety Agency, Trafi, and performed by Elomatic Marine Engineering Ltd, was to evaluate the cost burden resulting from the new maritime environmental regulations, with respect to all sea traffic allocated to Finland. The study does not seek to allocate these costs to various sectors, or between imports to and exports from Finland.

Costs were estimated both for individual vessel types and sizes, for all sea traffic allocated to Finland and for total sea traffic in the Baltic. The study is a continuation of an earlier study conducted by Elomatic for Trafi in April 2013, which comprised a survey of previous studies on the same topic and of the related cost evaluations. Another objective of this study was to apply a consistent methodology to evaluating the costs imposed by all of the various new regulations, while also applying consistent input values. The new regulations covered by this study can be found in Annexes IV, V and VI of the MARPOL Convention, as well as in the Ballast Water Management Convention.

The basis for the study lies in statistics covering vessel traffic and port calls in Finland in 2011. These statistics include a total of 1,658 vessels representing 53 flag states. The vessels were accordingly divided into seven categories, by vessel type. Each category was further divided into three or four groups according to size.

The resulting investment costs, annual operating costs and their combined impact were calculated for each type and size of vessel, with the aim of taking account of all cost factors. Vessel and size-specific costs were estimated both for retrofits of the existing tonnage and for newbuilding. Because the requirements of the renewed Annex VI to the MARPOL convention can be met using alternative solutions based on different fuels, the costs were calculated both for an alternative based on gas oil (MGO, sulphur content 0.1 %) and for heavy fuel oil (HFO, sulphur content 2.5–3 %) in combination with an exhaust gas scrubber.

Accordingly, the total additional costs imposed by all regulations for existing mid-size bulk carriers were estimated at EUR 4.5 million in investments and EUR 38,000 in annual additional operating costs, where HFO is used for fuel in combination with a scrubber, and EUR 1.5 million in investments and EUR 1.3 million in additional annual operating costs where MGO is used as a fuel. For the same type and size of newbuilding, the corresponding additional investment costs are estimated at EUR 3.2 million for HFO and EUR 1.3 million for MGO vessels respectively, whereas the additional operating costs are EUR 237,000 for HFO and EUR 1.5 million for MGO ships.

The corresponding results for each large existing passenger car ferry are EUR 9.0 million in investments and EUR 55,000 in yearly savings when HFO is used for fuel and EUR 0.5 million in investments and EUR 5.8 million in annual additional operating costs when MGO is used as a fuel. Per newbuilding, the corresponding figures are EUR 7.0 million in investments and EUR 0.7 million in additional annual operational costs for the HFO-solution, whereas MGO as a fuel gives EUR 2.2 million in investments and EUR 6.6 million in additional operational costs per year.

Total costs caused by the new regulations and allocated to sea traffic on Finland were estimated based on known fuel consumption and the costs imposed on each vessel type and size. The result shows a yearly additional cost ranging from EUR 460 to EUR 490 million from 2015 to 2031, if the requirements set by Annex VI of the MARPOL convention and those of the EU Sulphur Directive are met using gas oil. If high sulphur heavy fuel oil is used in combination with an exhaust gas scrubber, the additional yearly cost ranges from EUR 120 to 140 million from 2014 to 2023, after which it averages around EUR 15 mil-

lion. Under both scenarios, a 10 year depreciation time was applied, with no interest rate. An actual result somewhere between these two extremes is most probable. The results are presented both as total yearly additional costs and separately for each new regulation analysed.

In the same manner, the impacts of the new regulations on all maritime traffic in the Baltic were estimated on the basis of total fuel consumption.

For newbuildings, which will replace the present merchant fleet in the future, account was taken of the regulation aimed at reducing nitrous oxide (NO_x) emissions. This regulation is due to enter into force in 2021. For the purposes of the study, it was assumed that, by that time, the Baltic would have been declared a control area for NO_x.

Large cruise vessels operating during the summer months in the Baltic are not included in this study, nor is domestic traffic. Vessels that do not belong to any of the selected vessel categories are also excluded. These include e.g. tugs, dredgers etc.

In the long-term, newbuilding tonnage will probably be based on liquefied natural gas (LNG) solutions and utilisation of alternative fuels such as bio fuels, in order to meet requirements to reduce sulphur and nitrous oxide emissions. Future use of LNG will be highly dependent on pricing and price development on the global market, and on the distribution infrastructure. Insufficient information was available on the availability and supply of bio fuels, to enable an assessment of the impact of this alternative. For these reasons, this study does not include a cost estimate related to these alternative fuel solutions.

1 Selvitystyön tausta ja tavoitteet

Merenkulun ympäristömääräyksiä koskeva MARPOL-yleissopimus on uusittu viimeisen kymmenen vuoden aikana Kansainvälisen merenkulkujärjestön (IMO) toimesta. IMO:ssa on hyväksytty myös uusia yleissopimuksia. EU:n uudistettu rikkidirektiivi on myös hyväksytty.

Tämän selvitystyön tarkoituksena on ollut merenkulun uusien ympäristövaatimusten aiheuttamien kustannusten kartoittaminen.

Toimeksianto perustuu Liikenteen turvallisuusviraston järjestämään kilpailutukseen, jonka perusteella Elomatic Marine Engineering Oy valittiin toteuttamaan merenkulun uusien ympäristövaatimusten aiheuttamien kustannusten kartoittamista koskeva kartoitus.

Selvitystyö jaettiin kahteen vaiheeseen. Selvitystyön ensimmäisessä vaiheessa on tehty yhteenveto aikaisemmista merenkulun uusien ympäristömääräysten kustannusvaikutuksia koskevista selvityksistä. Selvitystyön ensimmäinen vaihe on esitetty Elomaticin raportissa *Projekti 74068 Merenkulun uusien ympäristömääräysten aiheuttamien kustannusten kartoittaminen, vaihe 1*, (10.4.2013).

Tämä loppuraportti sisältää yhteenvedon vaiheesta 1 sekä kuvauksen vaiheen 2 selvitystyöstä ja itse lopputulokset.

2 Selvitystyön kohteena olevat uudet ympäristömääräykset

Selvityksen kohteena oli seuraavien uusien merenkulun ympäristömääräysten aiheuttamat kustannukset:

1. MARPOL-yleissopimuksen IV liitteen muutokset (matkustajalaivoja koskevat käymälä-jätevesimääräykset Itämerellä)
2. MARPOL-yleissopimuksen uudistettu V liite (irtolastialusten lastijäämät ja ruokajätteet)
3. MARPOL-yleissopimuksen uudistettu VI liite (ilmansuojelu, rikin ja typen oksidipäästöjä koskevat tiukennetut määräykset) ja EU:n uusi rikkidirektiivi
4. MARPOL-yleissopimuksen VI liitteen uusi 4 luku (laivojen energiatehokkuus)
5. Painolastivesiyleissopimus

Seuraavassa on esitetty lyhyt kuvaus uusista määräyksistä ja niiden sisällöstä

2.1 MARPOL-yleissopimuksen IV liite

Uudet määräykset

- *Resolution MEPC.200(62), Amendments to the Annex of the Protocol of 1978 relating to the International Convention for the Prevention of Pollution from Ships, 1973 (Special Area Provisions and the Designation of the Baltic Sea as a Special Area under MARPOL Annex IV)*
- *Resolution MEPC.227(64), 2012 Guidelines on implementation of effluent standards and performance tests for sewage treatment plants.*

Päätöslauselmalla on lisätty MARPOL-yleissopimuksen IV liitteeseen erityisalueita koskevat käymäläjätevesipäästöjen päästömääräykset sekä nimetty Itämeri tällaiseksi erityisalueeksi. Erityisalueilla sovellettavat uudet päästömääräykset tulevat uusien matkustaja-alusten osalta voimaan 1. päivästä tammikuuta 2016 alkaen ja olemassa olevien matkustaja-alusten osalta 1. päivästä tammikuuta 2018 alkaen. Lisäksi uusien sääntöjen soveltamisen edellytyksenä on, että Itämeren erityisalueen satamissa on riittävä jäteveden vastaanottokapasiteetti alueella liikennöiville matkustaja-aluksille. Matkustaja-aluksella tarkoitetaan määritelmän mukaan alusta, jonka matkustajakapasiteetti on 12 tai enemmän.

Matkustaja-alusten käymäläjätevesipäästöjä rajoittavilla uusilla säännöillä vähennetään matkustaja-alusten käymäläjätevesistä Itämereen aiheutuvaa ravinnekuormitusta (typpi ja fosfori). Säännöt edellyttävät, että kaikkiin matkustaja-aluksiin asennetaan joko hallinnon hyväksymä käymäläjäteveden käsittelylaitteisto tai jätevesisäiliö, jolla on matkustaja-aluksen matkustajamäärä ja matkan kesto huomioiden riittävä tilavuus ja joka voidaan tyhjentää satamassa.

2.2 MARPOL-yleissopimuksen V liite

Uudet määräykset

- *Resolution 201(62), Amendments to the Annex of the Protocol of 1978 relating to the International Convention for the Prevention of Pollution from Ships, 1973 (Revised MARPOL Annex V)*

MARPOL-yleissopimuksen kiinteitä jätteitä koskeva V liite uudistettiin kokonaisuudessaan IMO:n MEPC -komitean Lontoossa 15. päivänä heinäkuuta 2011 antamalla päätöslauselmalla MEPC.201(62). Liitteen kokonaisuudistuksessa osa vanhoista määräyksistä otettiin sellaisenaan uudistettuun liitteeseen, osaa määräyksistä muutettiin. Uudistamisen myötä liit-

teeseen on hyväksytty yleinen jätteen mereen poistamisen kieltö. Liitteen määritelmiin on tehty muutoksia sekä tiukennettu ja selkeytetty päästömääräyksiä liitteen mukaisilla erityisalueilla, kuten Itämerellä, ja niiden ulkopuolella.

Itämeren meriliikenteen kannalta yksi keskeinen muutos on, että jatkossa liitteen mukaisilla erityisalueilla saa edelleen päästää ruokajätettä mereen nykyisen etäisyysvaatimuksen mukaisesti eli vähintään 12 meripeninkulman etäisyydellä lähimmästä maasta, mutta lisävaatimuksena on ruokajätteen käsittely hienonnus- tai rouhintalaitteen avulla riittävän pieniksi paloiksi. Ruokaöljyn mereen päästäminen on kielletty erityisalueiden lisäksi muillakin merialueilla.

Toinen Itämeren meriliikenteen kannalta keskeinen muutos koskee kiinteää irtolastia kuljetavien kuivalastialusten lastiruumien pesukäytäntöjä. Lastijätteitä ei saa i lähtökohtaisesti päästää mereen liitteen mukaisilla erityisalueilla. Poikkeuksen mukaan alus voi kuitenkin kulussa ollessaan poistaa mereen haitattomaksi luokiteltuja lastiaineita sisältäviä pesuvesiä vähintään 12 meripeninkulman etäisyydellä lähimmästä maasta, jos aluksen lähtö- ja tulostama sijaitsevat erityisalueella ja riittäviä pesuveden vastaanottolaitteita ei näissä satamissa ole saatavilla. Haitalliseksi luokitellut lastijätteet tulee aina toimittaa satamien vastaanotto-laitteisiin sekä erityisalueilla että niiden ulkopuolella.

2.3 MARPOL-yleissopimuksen VI liite (ilmansuojelu) ja rikkidirektiivi

Uudet määräykset

- Resolution MEPC.176(58), Amendments to the Annex of the Protocol of 1997 to amend the International Convention for the Prevention of Pollution from Ships, 1973, as modified by the protocol of 1978 relating thereto (Revised MARPOL Annex VI)
- Resolution MEPC.177(58), Amendments to the Technical Code on Control of Emission of Nitrogen Oxides from Marine Diesel Engines (NO_x Technical Code 2008)
- Euroopan Parlamentin ja Neuvoston direktiivi 2012/33/EU, neuvoston direktiivin 1999/32/EY muuttamisesta meriliikenteessä käytettävien polttoaineiden rikkipitoisuuden osalta (rikkidirektiivi)

MARPOL-yleissopimuksen ilmansuojelua koskeva VI liite uudistettiin kokonaisuudessaan IMO:n MEPC-komitean Lontoossa 10. päivänä lokakuuta 2008 antamalla päätöslauselmalla MEPC.176(58). Liitteen kokonaisuudistuksessa alusliikenteen tavanomaisia typen oksidi- ja rikin oksidipäästöjä koskevia määräyksiä muutettiin nykyistä tiukemmiksi. Uusilla säännöillä vähennetään päästöjen haitallisia vaikutuksia ihmisten terveydelle ja meriympäristölle.

Alusten dieselmootoreiden typen oksidipäästöjä on tarkoitus vähentää kolmessa vaiheessa aluksen rakentamisvuoden mukaan. Rajoitusjärjestelmän III- taso sisältää tiukimmat typen oksidien päästörajat, ja sitä sovelletaan vain niin sanotuilla typen oksidien päästövalvonta-alueilla purjehtiviin uusiin aluksiin. Uudistuksessa VI liitteeseen on lisätty mahdollisuus nimetä mainittuja typen oksidien päästövalvonta-alueita. Itämeren merellisen ympäristön suojelukomissiossa (HELCOM) on valmisteltu Itämeren maiden yhteistä hakemusta Itämeren nimeämiseksi typen oksidien päästöjen valvonta-alueeksi. Toistaiseksi tällaisia päästövalvonta-alueita on kuitenkin vain Pohjois-Amerikan ja Yhdysvaltain Karibianmeren merialueilla.

IMO:n MEPC 65 kokous on 13.5.2013 päättänyt hyväksyä ehdotuksen lykätä NO_x Tier III tason voimaantuloa viidellä vuodella siten, että se tulisi voimaan 1.1.2021. Päätös tulee vielä vahvistaa MEPC 66 -kokouksessa, joka pidetään 31.3.–4.4.2014.

Rikin oksidien osalta päästörajoja tiukennettiin vuonna 2008 siten, että maailmanlaajuisesti alusten käyttämän polttoaineen rikkipitoisuusraja laski 4,5 painoprosentista 3,5 painoprosenttiin 1. päivästä tammikuuta 2012 lähtien ja edelleen 0,5 painoprosenttiin 1. päivästä tammikuuta 2020 lähtien. Päästövalvonta-alueilla, kuten Itämerellä, rikkipitoisuus laski 1,5 painoprosentista 1,0 painoprosenttiin 1. päivästä heinäkuuta 2010 lähtien ja edelleen 0,1 painoprosenttiin 1. päivästä tammikuuta 2015 lähtien. Sääntely mahdollistaa myös vaihtoehtoisten päästöjen vähennysteknologioiden, kuten rikkipesureiden käytön aluksen päästöjen alentamiseksi uusien päästörajojen mukaisiksi.

2.4 MARPOL-yleissopimuksen VI liite (energiatehokkuus)

Uudet määräykset

- *Resolution MEPC.203(62), Amendments to the annex of the protocol of 1997 to amend the International Convention for the Prevention of Pollution from Ships, 1973, as modified by the protocol of 1978 relating thereto (Inclusion of regulations on energy efficiency for ships in MARPOL Annex VI)*
- *Resolution MEPC.212(63) 2012 Guidelines on the method of calculation of EEDI for new ships*
- *Resolution MEPC.224(64) Amendments to the 2012 Guidelines on the method of calculation of EEDI for new ships*

IMO:n MEPC-komitea hyväksyi Lontoossa 15. päivänä heinäkuuta 2011 päätöslauselmalla MEPC.203(62) ilmansuojelua koskevaan VI liitteeseen uuden 4 luvun, joka sisältää määräykset uusien alusten energiatehokkuuden parantamiseksi.

Uusilla määräyksillä lasketaan alusten energiankulutusta aluksille asetettujen teknisten suorituskysymysten avulla, mikä vähentää alusten aiheuttamia hiilidioksidipäästöjä. Uusien alusten energiankulutusta on tarkoitus vähentää neljässä vaiheessa aluksen rakentamisvuoden mukaan. Kaikille aluksille, joita VI liitteen 4 luvun uudet määräykset koskevat, tulee laatia energiatehokkuussuunnitelma.

2.5 Painolastivesiyleissopimus

Uudet määräykset

- *International Convention for the Control and Management of Ships' Ballast Water and Sediments, 2004*

Kansainvälisessä merenkulkujärjestössä IMO:ssä hyväksyttiin helmikuussa 2004 kansainvälinen sopimus ”International Convention for the Control and Management of Ships' Ballast Water and Sediments”, jolla pyritään ehkäisemään alusten painolastivesien mukana leviävien vieraiden eliölajien kulkeutumista uusiin elinympäristöihin. Yli kymmenen vuotta valmisteltu sopimus tulee voimaan 12 kuukautta sen jälkeen, kun 30 maata, jotka edustavat vähintään 35 prosenttia maailman kauppalaivaston tonnistosta, on sen ratifioinut. Elokuussa 2013 37 maata, edustaen 30,32 % maailman kauppalaivaston tonnistosta, oli ratifioinut sopimuksen eli tonnistokriteeri ei ole vielä täyttynyt.

Ilman rahtia kulkevat alukset tarvitsevat merikelpoisuutensa säilyttääkseen painolastivettä, joka pumpataan mereen lastaussatamassa. Näin maailmalla siirretään vuosittain noin 3–4 miljardia tonnia painolastivettä satamasta toiseen. Painolastiveden ja sedimenttien mukana kulkeutuu kuitenkin tuhansia eläin- ja kasvilajeja vieraisiin ympäristöihin, joissa ne voivat syrjäyttää alkuperäisiä lajeja, järkyttää alueen ekologiaa ja aiheuttaa niin terveydellisiä kuin taloudellisiakin haittoja. IMO:n arvion mukaan näiden tulokaslajien aiheuttamat taloudelli-

set vahingot ovat vuosittain kymmeniä miljardeja euroja. Erään arvion mukaan vahingot pelkästään Euroopassa ovat noin kymmenen miljardia euroa vuodessa. Tämän päälle tulevat vielä lajien leviämisen ehkäisystä aiheutuvat kustannukset.

Yleissopimus sisältää kaikkia kansainvälisen liikenteen aluksia koskevia määräyksiä painolastiveden hallinnasta. Sopimuksessa on myös säännöt koskien painolastiveden ottamista, käsittelyä, vaihtamista aavalla merellä ja painolastivesitankkien tyhjentämistä mahdollisimman haitattomasti. Lisäksi satamavaltioiden tulee huolehtia muun muassa siitä, että telakoitavien alusten painolastitankkeihin kertyneiden sedimenttien vastaanotto on järjestetty.

Painolastivesiyleissopimuksen täytäntöönpano

Kun sopimus on tullut kansainvälisesti voimaan, olisi alkuperäisen aikataulun mukaisesti vuonna 2009 tai sen jälkeen rakennettavat alukset, riippuen niiden painolastikapasiteetista ja valmistusvuodesta, varustettava vaiheittain vuoteen 2016 mennessä painolastiveden käsittelylaitteistolla, jolla estetään eliölajien leviämistä. Samat vaatimukset olisivat koskeneet vaiheittain myös ennen vuotta 2009 rakennettuja aluksia niin, että vuoden 2016 jälkeen kaikki alukset olisi varustettava käsittelylaitteistoilla. Vaatimukset eivät kuitenkaan astuisi voimaan kyseisen vuoden alussa, vaan kunkin aluksen vuosipäivää seuraavan uusintakatsastuksen jälkeen.

MEPC 65 -kokouksessa toukokuussa 2013 keskusteltiin kuitenkin vaihtoehdoista alkuperäiselle täytäntöönpanoaikataululle. Yleissopimuksen kansainvälinen voimaantulo on viivästynyt ja tämän takia MEPC esittää IMO:n yleiskokoukselle päätöslauselmaa, jonka avulla pyritään edistämään yleissopimuksen ratifiointia, ehkäisemään painolastiveden käsittelyjärjestelmien asennushuippua sekä mahdollistamaan yleissopimuksen joustava soveltaminen aluksille, jotka on rakennettu ennen yleissopimuksen kansainvälistä voimaantuloa tai mahdollisesti ennen vuotta 2012.

Tavoitteena on myös selkeyttää uusintakatsastuksen ajankohta suhteessa aluksen lakisääteisiin todistusasiakirjoihin. Kokouksessa esitetty ehdotus sitoa uusintakatsastus aluksen IOPP-todistuksen (MARPOL Annex I) rytmiin hyväksyttiin. Tämä käytännössä ohjaa varustamoita asentamaan alukselle painolastiveden käsittelylaitteiston viiden vuoden välein suoritettavan uusintakatsastuksen yhteydessä sen jälkeen, kun painolastivesiyleissopimus on tullut kansainvälisesti voimaan. Aluksella, joka on rakennettu yleissopimuksen kansainvälisen voimaantulon jälkeen, tulee olla käsittelylaitteet.

IMO:n Yleiskokous kokoontuu v. 2013 marraskuussa, jolloin resoluutio hyväksyttäneen.

Erilaisia painolastiveden käsittelyä varten kehitettyjä menetelmiä on testattu paljon ja esim. painolastiveden suodatus, kuumennus, UV-säteilyttäminen ja otsonointi ovat suosituimpia teknologioita. Heinäkuussa 2007 ensimmäinen painolastiveden käsittelymenetelmä sai IMO:n virallisen hyväksynnän. Vuoden 2013 toukokuussa tyyppihyväksytyjä laitteistoja oli 36 ja 20 muuta on tällä hetkellä testivaiheessa. IMO:n meriympäristönsuojelukomitea (MEPC) on arvioinut, että painolastiveden käsittelymenetelmiä on markkinoilla riittävästi, jotta yleissopimuksen vaatimuksia voidaan noudattaa yleissopimuksen astuessa voimaan. Tietyille erityisaluksille ei kuitenkaan vielä ole saatavilla sopivia menetelmiä (proomut, ruoppaajat, kalastusalukset).

Tällä hetkellä ainoa yleisesti käytetty keino vähentää tulokaslajien kulkeutumista merialueelta toiselle on painolastiveden vaihto aavalla merellä eli painolastivesiyleissopimuksen standardi D-1. Kun alus suorittaa painolastiveden vaihdon, tulee sen olla merialueella, jonka etäisyys lähimmästä maasta on vähintään 200 meripeninkulmaa ja veden syvyys vähintään 200 metriä. Painolastiveden vaihto ei kuitenkaan ole biologisesti tehokas menetelmä. Vaihdo-operaatio saattaa myös aiheuttaa alusturvallisuuteen liittyviä riskitekijöitä (vakavuus,

rungon lujuus), jolloin vaihtoa ei ole mahdollista suorittaa. Tästä johtuen sopimuksen määräykset edellyttävät, että vuoteen 2016 mennessä alusten on ryhdyttävä käyttämään painolastiveden vaihdon sijaan painolastiveden käsittelyä (standardi D-2).

Tietyillä reiteillä liikennöivät alukset voivat hakemuksesta saada painolastiveden käsittelystä tai vaihdosta vapautuksen. Vapautuksen edellytyksenä on IMO:n G7 ohjeen mukainen riskiarviointi. Riskiarvioinnista on esitetty kanta että yleissopimuksen A-4 säännön mukainen vapautus tulee perustua järjestön (IMO) laatimaan ohjeistukseen riskinarvioinnista (Resolution MEPC.162(56)). HELCOM on yhteistyössä Koillis-Atlantin merellisen ympäristön suojelukomission OSPAR kanssa suunnitellut jäsenvaltioille ohjeistuksen vapautuksen myöntämiselle B-3 tai C-1 sääntöjen noudattamisesta. Riskinarviointi, jonka perusteella vapautus myönnetään, perustuu satamassa suoritettavaan näytteenottoon, jossa kartoitetaan aluksen käyntisatamissa esiintyviä haitalliseksi luokiteltuja tulokaslajeja. Lajin haitalliseksi luokittelu tehdään HELCOM/OSPAR ohjeistuksessa määritetyn arvioinnin avulla. Arviointiin vaikuttavat mm. lajin leviämis- ja selviytymiskyky, vaikutus ekosysteemiin, ihmisen terveyteen, eliöstöön ja omaisuuteen.

Avainkriteerit suoritettavalle riskinarvioinnille siitä, kuinka suuri riski (suuri, kohtalainen, pieni) tulokaslajien leviämiselle on, ovat: 1. haitalliseksi luokiteltujen vieraslajien olemassaolo ja määrä aluksen käyntisatamissa, 2. suolapitoisuuserot käyntisatamien välillä ja 3. haitallisen tulokaslajin suolapitoisuuden sietokyky. Mikäli riskinarvioinnin perusteella todetaan lajin leviämisen riski olevan suuri, ei vapautusta voida myöntää. Mikäli lajin leviämisen riski on kohtalainen, on tapaus tutkittava yksityiskohtaisesti ja vapautuksen myöntämistä harkitaan tapauskohtaisesti. Matalan riskin tapauksessa vapautus voidaan myöntää.

Itämerellä merkittäviä tulokaslajeja ovat 1990-luvulla olleet erityisesti petovesikirppu *Cerogobus pengoi*, vaeltajasimpukka *Dreissena polymorpha* ja monisukasmato *Marenzelleria viridis*. Viimeisimpänä tulokkaana on amerikkalainen kampamaneetti *Mnemiopsis leidyi* joka aiheutti suuria tuhoja Mustanmeren kalakannalle 1990-luvulla. Lajin vaikutuksista Itämerellä ei vielä ole tietoa, eikä laji ole levinnyt Suomen vesille asti. Meriliikenteen ja erityisesti öljysäiliöalusliikenteen arvioidaan kasvavan Itämerellä lähivuosina merkittävästi. Painolastivesien kuljetus alueelle lisääntyy ja samalla uusien lajien kulkeutuminen Itämerelle on todennäköisempää. Itämeren suojelusyhteistyön (HELCOM) piirissä on laadittu nk. tiekartta, jonka avulla pyritään konkreettisilla toimenpiteillä edesauttamaan painolastivesiä koskevan sopimuksen yhtenäistä soveltamista Itämerellä. Itämeren toimintasuunnitelmassa (Baltic Sea Action Plan) on ministeritasolla sovittu, että sopimus tulisi ratifioida viimeistään vuonna 2013.

Koillis-Atlantin merellisen ympäristön suojelua koskevan yleissopimuksen (OSPAR) sekä HELCOMin piirissä on myös hyväksytty 2008 vapaaehtoinen painolastiveden vaihtokampanja vieraslajien leviämisen ehkäisemiseksi painolastiveden mukana.

3 Yhteenveto aikaisempien selvitysten johtopäätöksistä ja näiden hyödyntämisestä kokonaiskustannusten arviointia varten

Aikaisemmin tämän työn vaiheessa 1 aiheesta tehdyt selvitykset ja niissä esitetyt tulokset eivät sellaisinaan tarjoa riittävää pohjaa uusien ympäristömääräysten aiheuttamien kokonaiskustannusten arviointia varten. Tämä pätee sekä Suomeen suuntautuvan että koko Itämeren meriliikenteen osalta. Seuraavat havainnot ovat puoltaneet erillistä systemaattista kustannuslaskentaa:

- *Eri sääntöihin liittyvien selvitysten tarkoitus poikkeaa toisistaan*
- *Kustannusten arvioinnissa lähestymis- ja laskentatavat poikkeavat myös toisistaan*
- *Perustaso (vertailutaso) ei ole sama kaikissa selvityksissä*
- *Globaalitason meriliikennettä ja tonnistorakennetta ei voida suoraan projisoida Itämereen*
- *Osa selvityksissä käytetyistä lähtöarvoista ei aukene tai selviä*
- *Osa selvityksistä ei sisällä kustannusarviointia tai -laskelmia lainkaan*
- *Tekninen toteutettavuus (tilat, laivan ikä, vakavuus) saattaa rajoittaa uuden laitteiston asentamista alukseen, minkä seurauksena laivan on esimerkiksi käytettävä kalliimpaa polttoainetta (rikkipäästöt). Näiden asioiden huomioiminen tällaisissa tarkasteluissa ei ole ollut mahdollista.*

Tietty osa selvityksissä esitetystä informaatiosta voidaan kuitenkin hyödyntää joko sellaisenaan tai päivitettynä. Selvityksistä ilmeneviä kustannusarvioita voidaan käyttää myös referenssi- ja vertailuarvoina. Lisäksi on osa lähtötiedoista sovellettavissa ja/tai hyödynnettävissä.

Liitteeseen 1 on koottu oleelliset tiedot aikaisemmin tehdyistä selvityksistä. Pääpaino on ollut kustannuksiin liittyvien tietojen ja lähtötietojen sekä laskelmissa käytettyjen oletusarvojen selvittämisessä. Raportit sisältävät myös paljon muitakin tietoja, jotka eivät kuitenkaan tämän selvitystyön puitteissa ole relevantteja.

4 Kustannusten kartoittamisen toteuttamistapa

Tässä selvitytyössä on kartoitettu oleelliset uusien ympäristömääräysten aiheuttamat kustannusvaikutukset (operatiiviset kustannukset ja investointikustannukset), kun tarkastellaan:

- a) Koko Itämeren meriliikennettä
- b) Suomeen suuntautuvaa meriliikennettä
 - i. kokonaisuudessaan sekä
 - ii. seuraaville alustyypeille aiheutuvia kustannuksia:
 - a) irtolastialus
 - b) öljysäiliöalus
 - c) konttialus
 - d) kappaletavara-alus
 - e) roro-alus
 - f) matkustaja-autolautta

Kullekin yllä mainitulle alustyyppille on valittu kolme tai neljä erikokoista esimerkkilaivaa ("pieni", "keskikokoinen", "iso" sekä "erittäin iso" alus Itämeren liikenteen mittapuun mukaan), joille on laskettu ympäristömääräysten kustannusvaikutukset.

Alustyyppivalinnat, kesikoot ja muut keskiarvot perustuvat Trafilta saatuun vuoden 2011 meriliikennetilastoon, joka kattaa kaikki Suomen satamissa käyneet alukset. Tilastotiedot sekä eri alustyyppien keskiarvot on esitetty tarkemmin luvussa 8.

4.1 Kustannuslaskennan laajuus

4.1.1 Alustyyppikohtaiset kustannukset

Lähtökohtaisesti selvityksessä on laskettu erikseen jokaiselle alustyyppille ja -koolle eri ympäristösääntöjen aiheuttamat lisäinvestointi- ja vuotuiset lisäkäyttökustannukset. Sääntö- ja alustyyppikohtaisessa kustannuslaskennassa huomioidut eri kustannuslajit sekä lähtöarvot on esitetty tarkemmin luvuissa 5 ja 7. Sääntökohtaiset kustannukset sekä sääntöjen aiheuttamat yhteiskustannukset eri alustyypeille ja -koolle on esitetty luvussa 10.1.

Koska MARPOL-yleissopimuksen uudistetun VI liitteen ja EU:n uuden rikkidirektiivin täyttämiseksi on olemassa eri polttoainevaihtoehtoja, on kustannukset laskettu kahdella eri polttoainevaihtoehtoilta eli kaasuöljyllä (MGO rikkipitoisuus 0,1 %) ja raskaalla polttoöljyllä (HFO rikkipitoisuus 2,5–3 %) yhdistettynä rikkipesuriin.

Käytännössä skenaario on, että osa aluksista siirtyy käyttämään MGO:ta, kun taas osaan asennetaan rikkipesureita, jolloin lopputulos sijoittuu näiden kahden ääritapausten väliin. On huomioitavaa, että polttoainevalinta vaikuttaa myös muiden kuin VI liitteen sääntöjen aiheuttamiin kustannuksiin, koska näiden täyttämiseksi tarvittavat laitteistot kuluttavat sähköä ja näin ollen aluksen polttoainekulutus nousee. Sääntö- ja alustyyppi- sekä kokoluokakohtaiset kustannukset on laskettu erikseen sekä uusille että olemassa oleville laivoille molemmilla polttoaineratkaisuilla.

4.1.2 Suomeen suuntautuvaan meriliikenteeseen kohdistetut kustannukset

Suomeen kohdistuvan liikenteen osalta uusien ympäristösääntöjen aiheuttamien kustannusten laskennassa on käytetty perustana toisaalta meriliikennetilastoa ja sen perusteella Ilmatieteen laitoksen laskemia Suomeen suuntautuvan liikenteen polttoainekulutuslukuja, toisaalta yllä mainittuja yksikkökustannuslukuja. Polttoainekulutuslukujen perusteella on saatu

Suomeen suuntautuvan liikenteen osuus kokonaispolttoainekulutuksesta ja täten on saatu laskettua Suomeen suuntautuvan liikenteen osuus uusien sääntöjen aiheuttamista kustannuksista. Kustannuslaskentaprosessi on kuvattu tarkemmin kohdassa 5.

4.1.3 Itämeren meriliikenteen kustannukset

Vastaavalla tavalla on laskettu uusien ympäristösääntöjen aiheuttamat kustannukset koko Itämeren liikenteelle perustuen kaikkien alusten polttoainekulutukseen.

Säännöt astuvat voimaan eri aikataulujen mukaisesti eri vuosina. Tästä syystä uusien ympäristösääntöjen aiheuttamat lisäkustannukset on laskettu eri vuosille. Tällöin on oletettu 10 vuoden kuoletusaika investoinnille. Osaa säännöistä Suomi ei ole vielä ratifioitu tai ne eivät ole kansainvälisesti voimassa, mutta lähtökohta on ollut sääntöjen esitetty voimaantulotuloajankohta. Painolastivesiyleissopimuksen osalta on oletettu, että voimaantumiskriteerit täyttyvät vuoden 2014 aikana, jolloin se astuu voimaan 12 kk tämän jälkeen. Koska ajan-kohta, jolloin jokaisen aluksen on täytettävä tämä määräys, on sidottu aluksen rakennusvuoden ja painolastivesikapasiteetin ohella myös kyseisen aluksen uusintatarkastuspäivämäärään, on oletettu, että investoinnit jakaantuvat tasaisesti vuosille 2015–2020, sillä jo-kaista alusta ei voida erikseen huomioida tässä selvityksessä.

4.2 Rajaukset

Selvityksessä on tehty seuraavat rajaukset.

MARPOL-yleissopimuksen uudistetun V liitteen (irtolastialusten lastijäämät ja ruokajätteet) osalta lastijäämien satamille mahdollisesti aiheuttamat kustannukset eivät ole mukana tarkastelussa.

Itämerellä etenkin kesäisin liikkuvat ja Suomen satamissa käyvät risteilyalukset eivät ole mukana tarkastelussa. Aluskäyntitilastossa nämä kuitenkin ilmenevät ”matkustajalaivat” –nimikkeeseen alla. Säännöllisessä liikenteessä olevat matkustaja-autolautat sen sijaan ovat selvityksessä mukana.

MARPOL-yleissopimuksen uudistetun VI liitteen ja EU:n uuden rikkidirektiivin toimeenpanemiseksi on olemassa eri vaihtoehtoja. Näihin kuuluvat ns. vaihtoehtoiset polttoaineet kuten LNG tai biopolttoaineet. Olemassa olevan aluksen muuttaminen LNG-käyttöiseksi on suhteessa kallis toimenpide ja tämän seurauksena hyvin epätodennäköinen ratkaisu. Uusien alusten osalta LNG:n käyttöönotto tulee riippumaan paljolti hinnoittelusta ja hintakehityksestä maailmanmarkkinoilla sekä jakeluinfrastruktuurista. Biopolttoaineiden saatavuudesta ja riittävyydestä tulevaisuudessa ei ole riittävästi tietoa. Tästä syystä nämä vaihtoehdot eivät ole mukana kustannuslaskelmissa. LNG ja muut vaihtoehtoiset polttoaineet ovat kuitenkin pitkän ajan todennäköisiä ratkaisuja.

Kustannuslaskelmat on tehty kansainväliselle alusliikenteelle, kotimaan liikennettä ei ole laskelmiin otettu mukaan. Meriliikennetilastoon sisältyy myös ryhmä ”muut alukset”. Näihin kuuluvat hinaajat, ruoppaajat jne. Tämä alustyyppiryhmä ei ole mukana selvityksessä.

4.3 Vertailutaso

MARPOL-yleissopimuksen uudistettu ilmansuojeluliite tuli kansainvälisesti voimaan 1.7.2010, jolloin SECA-alueella polttoaineen enimmäisrikkipitoisuus aleni 1,5 prosentista 1,0 prosenttiin.

Alkuperäinen MARPOL-yleissopimuksen ilmansuojeluliite on vielä toistaiseksi voimassa Suomessa ja edellyttää kansallisen lainsäädännön muutosta.

Tässä selvityksessä kustannusten vertailutaso on kuitenkin MARPOL yleissopimuksen mukainen ja lähtötasona alukset käyttävät 1 % rikkiä sisältävää raskasta polttoöljyä.

4.4 Lähtötietojen keruu

Selvitystä varten lähtötietoja ja lukuja on kerätty seuraavasti haastatteleamalla ja kirjeenvaihdon välityksellä

- Trafilta saadut meriliikenteen tilastotiedot vuodelta 2011
- Ilmatieteen laitoksen (IL) meriliikenteen tilastotiedon pohjalta laskema polttoaineen kulutus Suomeen suuntautuvalle liikenteelle sekä koko Itämeren liikenteelle.
- teknologia- ja laitetoimittajilta saatuja hinta- ja teknisiä tietoja
- varustamoilta saatu lisäinformaatio sekä varustamojen näkemykset ratkaisuvaihtoehtoista ja tulevaisuuden skenaarioista
- Suomen varustamot ry:n kanssa käydyt keskustelut
- aikaisemmat aiheita käsittelevät selvitykset ja näiden tulokset (kts. liite 1)
- muut lähteet

Tämän lisäksi on hyödynnetty Elomaticin aikaisemmin tehdyistä selvitys- ja suunnitteluprojekteista käytettävissä olevia tietoja.

Jotta kilpailutilanne laitetoimittajien välillä ei vääristyisi eikä ketään erityisesti tämän selvitystyön ratkaisuvaihtoehtoja suosita, laitetoimittajien nimiä ei julkaista.

5 Kustannuslaskenta

5.1 Laskentatapa

Jokaiselle alustyypeille ja -koolle on selvityksessä laskettu sääntökohtaisesti investointi- ja vuosittaiset käyttökulut. Laskenta on suoritettu sekä olemassa oleville että uusille aluksille. Koska käyttökustannukset riippuvat myös käytettävästä polttoaineesta, syntyy neljä tutkimuskokonaisuutta.

Olemassa olevat alukset

MGO polttoaineena
HFO polttoaineena yhdistettynä rikkipesuriin

Uudisrakennukset

MGO polttoaineena
HFO polttoaineena yhdistettynä rikkipesuriin

Olemassa oleville aluksille on laskettu kohdistettu kustannus Suomeen suuntautuvalla ja koko Itämeren liikenteelle alla olevan mukaisesti.

Oletetaan että alukset käyttävät pääkoneita keskimäärin 50 % ajasta (4380 tuntia vuodessa) 80 % koneteholla. Tuntien alusten pääkonetehon ja olettamalla polttoaineen keskikulutukseksi 200 g/kWh saadaan aluksen vuosittainen polttoaineen kulutus.

Laskelmissa on oletettu että investoinnit kuoletetaan 10 vuodessa.

Jakamalla sääntökohtaisesti laskettu investointikustannus kymmenellä ja käyttökustannus polttoaineen vuosikulutuksella saadaan yksikkökustannus säännön täyttämiseksi kulutettua polttoainetonnin kohden (”€/ton fuel”).

Kustannusten kohdistamiseksi (Suomeen suuntautuvan liikenteen osuus ja Itämeren osuus) on kerrottu yllä laskettu yksikkökustannus kohdassa 8.5 esitetyllä vuosittaisella polttoaineen kulutuksella.

Näin on saatu kustakin säännöstä aiheutuva kohdistettu vuosittainen lisäkustannus sekä investoinnille että käytölle.

5.2 Laskennassa huomioon otetut kustannuslajit

Sääntöjen vaatimusten toimeenpano vaati sekä investointeja laitteistoihin että aiheuttaa käyttökustannuksia aluksen elinkaaren aikana. Ratkaisuvaihtoimet ja eri teknologien käyttö tässä selvitystyötä varten tarkasteltujen uusien sääntöjen toimeenpanemiseksi on kuvattu tarkemmin luvussa 6. Ratkaisuvaihtoimet vaikuttavat myös siihen, mitä kustannuksia tulee huomioida. Tässä selvitystyössä on huomioitu alla luetellut kustannuslajit. Tietyt kustannuslajit ovat kuitenkin sidottuja esimerkiksi varustamoiden liiketoimintaan tai erikoisjärjestelyihin, jolloin ne on alla mainittu, mutta niitä ei ole voitu määritellä itse kustannuslaskentaa varten. Olemassa oleviin ja uusiin aluksiin kohdistuvat kustannukset eroavat toisistaan jonkin verran lähinnä investointikustannusten suhteen.

Kustannustaso on vuoden 2013 tasoa ja oletettu olevan sama (0-korko) läpi koko tarkastelujakson.

5.3 Investointikustannukset

Laitekustannus

Investointien lähtökohta säännön vaatimuksen täyttämiseksi ovat laitekustannukset. Laitteiston tai järjestelmän hinta vaihtelee suuresti valitun ratkaisun mukaisesti ja myös eri laitetointajien välillä saattaa olla merkittäviä hintaeroja.

Selvityksessä käytetyt laitteistojen hinnat perustuvat suoraan laitetointajilta saatuihin tietoihin sekä Elomaticin kokemusperäisiin arvoihin. Laitehinnoissa on huomioitu eri alustyyppien ja kokoluokkien tarvitsemat tehot ja kapasiteetit. Mikäli tietylle laitekoolle tai –kapasiteetille ei ole hintaa suoraan ollut saatavana, on hinta laskettu yksikköhinnan perusteella esim. €/kW (moottoriteho) tai €/m³/h (painolastipumpun kapasiteetti).

Laitekustannus on selvityksessä katsottu olevan sama olemassa olevalle ja uudelle alukselle vaikka reaali maailman kaupallisissa neuvotteluissa ja sopimuksissa saattaa syntyä eroja riippuen siitä onko ostaja pieni varustamo vai suuri telakka, joka suorittaa merkittäviä kokonaishankintoja.

Suunnittelu

Uuden laitteiston integrointi olemassa olevaan alukseen ja sen järjestelmiin ja rakenteisiin vaatii merkittävän suunnittelupanostuksen hyvän ja toimivan lopputuloksen saavuttamiseksi. Selvitystyössä on käytetty teknologiasidonnaista kiinteää suunnittelukustannusta. Käytetyt arvot ovat kokemusperäisiä ja perustuvat Elomaticin aikaisemmin tekemiin vastaaviin suunnittelutöihin.

Uudessa aluksessa laitteiston integrointi- ja järjestelmäsuunnittelua voidaan pitää osana aluksen kokonaissuunnitteluprosessia eikä sen katsota aiheuttavan lisäkustannuksia.

Luokitus ja muut viranomaiskustannukset

Luokituslaitoksen ja/tai merenkulkuviranomaisen hyväksyntä on useimpien sääntöjen kohdalla edellytys laitteiston tai järjestelmän käyttöönotolle ja siten aluksen liikennöinnille. Laskelmissa on käytetty olemassa oleville aluksille kokemusperäistä kiinteää kustannusta luokituslaitoksen ja/tai viranomaisen palveluista.

Uudisrakennuksessa laitteiston ja/tai järjestelmän hyväksyntää ja sertifiointia voidaan pitää osana aluksen kokonaistarkastus- ja hyväksymisprosessia eikä sen katsota aiheuttavan lisäkustannuksia.

Asennuskustannus

Laitteiston asennuskustannukset olemassa olevaan alukseen (ns. ”retrofit”) muodostavat merkittävän osan koko investoinnista. Asennuskustannukset ovat toisaalta teknologiariippuvaisia, mutta kustannuksiin vaikuttavat merkittävästi myös alustyyppi ja -koko, konehuonejärjestely ja käytettävissä oleva tila, esivalmistus ja asennustaparatkaisu eli voidaanko osa työstä suorittaa aluksen ollessa liikenteessä vai suoritetaanko kaikki työt esimerkiksi korjaustelakalla. Olemassa olevien alusten kustannuslaskennassa on huomioitu kokemusperäinen asennuskustannus, joka vaihtelee 50 %:sta 120 %:iin itse laitekustannuksesta laivatyyppistä, -koosta ja teknologiasta riippuen.

Uudisrakennuksessa laitteen asennus on huomioitu jo aluksen suunnitteluvaiheessa. Joskin itse asennus vaatii työaikaa, voidaan työmäärä kuitenkin pitää vähäisenä koko aluksen rakentamiseen tarvittavan työmäärän suhteen. Laskelmissa on kuitenkin huomioitu lisäkustannus, jonka suuruusluokka on 20 % laitekustannuksesta teknologiaratkaisusta riippuen.

Muutostyöt olemassa oleviin rakenteisiin ja järjestelmiin

Olemassa olevaan alukseen uuden laitteiston tai järjestelmän asentaminen saattaa aiheuttaa merkittäviä muutoksia, esimerkiksi tilantarpeen takia. Tällaiset muutostyöt ovat kuitenkin hyvin laiva- ja jossain määrin laivatyyppikohtaiset ja ne on selvitettävä tapauskohtaisesti. Tämä tosiseikka on pyritty huomioimaan asennuskustannuksia laskettaessa.

Uudisrakennuksissa tätä ongelmaa ei esiinny, koska kaikki alukseen tarvittavat laitteistot ja järjestelmät sekä niihin liittyvät tilantarpeet huomioidaan jo aluksen perussuunnitteluvaiheessa.

Aluksen vakavuuden toteaminen ja vakavuustodistusasiakirjojen päivitys

Uuden laitteiston ja sen asennukseen liittyvät muutos- ja lisätyöt aiheuttavat yleensä aluksen kevytpainon lisäyksen ja painopisteen muutoksen, jolloin aluksen vakavuustodistusasiakirjat joudutaan päivittämään. Mikäli muutos on merkittävä ja tiettyjä rajakriteerejä ylittävä, tulee alukselle suorittaa ensin kallistuskoe.

Uudessa aluksessa vakavuus joudutaan joka tapauksessa toteamaan kallistuskokeen avulla eikä toimenpiteen katsota näin ollen aiheuttavan lisäkustannuksia.

Valvonta ja projektijohto

Uuden laitteiston integrointi ja asennus olemassa olevaan alukseen ja sen järjestelmiin ja rakenteisiin voi olla merkittävä projekti etenkin pienelle varustamo-organisaatiolle ja vaatii siten varteenotettavan projektinjohto- ja valvontapanostuksen. Selvitystyöhön on sisällytetty teknologiasidonnainen kiinteä projektinjohto- ja valvontakustannus. Mikäli toteutetaan useampi laiteasennus eri sääntöjen täyttämiseksi yhtäaikaan esimerkiksi aluksen normaalitelauskokoinnin aikana, syntyy synergiavaikutusta, jolloin kokonaiskustannus pienenee. Tätä synergiavaikutusta ei ole kuitenkaan laskelmissa huomioitu.

Uudessa aluksessa lisälaitteistoon liittyvää valvontaa ja projektijohtoa voidaan pitää osana koko laivanrakennusprojektinjohtoa eikä, sen katsota näin ollen aiheuttavan lisäkustannuksia.

5.4 Käyttökustannukset

Laitteiston energiakulutus ja lisääntynyt energian tarve

Uudet, sääntöjen vaatimusten toimeenpanemiseksi tarvittavat laitteistot ja järjestelmät vaativat yleensä sähköenergiaa toimiakseen. Jossain ratkaisussa lisäsähköenergian tarve saattaa olemassa olevassa aluksessa olla merkittävä aluksella käytettävissä olevaan tehoon nähden.

Energiakulutukseen liittyvä kustannus vaihtelee myös käytetyn polttoainelaadun mukaan. Miten polttoaineen rikki- ja pitoisuusvaatimus ratkaistaan eri aluksilla, vaikuttaa siten myös esim. painolastiveden puhdistuslaitteiston energiakulutuksen hintaan. Rikkipesuriratkaisu johtaa pienempään lisäenergiakulutushintaan, kun taas MGO-ratkaisu nostaa painolastiveden käsittelylaitteiston käyttökustannusta.

Polttoaineen kulutus

Olemassa olevan aluksen propulsioon tarvittava polttoaineen kulutus voi myös muuttua lisälaitteiston aiheuttaman lisäpainon tai alukseen muuttuneen trimmin seurauksena. Vaihtoehtoisesti voi aluksen lastinottokyky täydellä syvyydellä pienentyä.

Uudisrakennuksissa tämä ongelma on vähäisempi koska lisäpainot ja painopisteet huomioidaan jo aluksen perussuunnitteluvaiheessa.

Näitä kustannuksia ei ole huomioitu laskennassa.

Muiden aineiden kulutus

Eri puhdistus- ja käsittelyteknologiat vaativat toimiakseen prosessissa erilaisia lisäaineita kuten makeaa vettä, lipeää, ureaa, kemikaaleja ym. Laskelmissa on käytetty laite- ja järjestelmätuimittajien ilmoittamia kulutusarvoja sekä kemikaali- ym. aineiden toimittajilta että varustamoilta saatuja yksikköhintoja.

Varaosat

Uusien laitteiden komponenteilla on tietty elinikä ja häiriön sattuessa varaosia pitää olla aluksella nopeasti saatavilla. Varaosatarpeesta ja komponenttien eliniästä on kuitenkin rajoitetusti kokemusta. Tässä selvityksessä on käytetty laite- ja järjestelmätuimittajien ilmoittamia arvioita varaosatarpeesta perustuen oletettuun komponenttien elinikään. Nämä kustannukset on huomioitu vuosikustannuksena.

Huolto- ja kunnossapitotyö

Uudet laitteistot ja järjestelmät vaativat kunnossapito- ja huoltotyötä. Käyttökokemustietoa löytyy kuitenkin hyvin rajoitetusti. Huoltotyön voi suorittaa joko aluksen oma miehistö tai ulkopuolinen palvelun toimittaja aluksen reitistä ja/tai aikataulusta riippuen. Selvityksessä on käytetty laite- ja järjestelmätuimittajien ilmoittamia arvioita huoltotyön määrästä työtunteina vuositasolla. Työtunnin hintana on käytetty keskimäärin 50 €/tunti. Selvityksessä ei kuitenkaan ole otettu kantaa mahdollisiin lisävakanssien tarpeeseen aluksilla työmäärän lisääntyessä. Osa huoltotyöstä voi tietyissä tapauksissa myös suorittaa itse laite- ja järjestelmätuimittaja tai erillinen huolto- palvelutarjoaja.

Henkilöstön koulutus

Uudet laitteistot saattavat olla teknisesti hyvinkin vaativia ja aluksen henkilökunnan kouluttaminen on näin ollen välttämätöntä. Myös ISM- ja STCW- koodit sekä varustamoiden omat turvallisuus- ja ympäristöjohtamisjärjestelmät vaativat yleensä tätä. Laskelmissa on oletettu kiinteä teknologiasidonnainen vuosittainen koulutuskustannus.

Todistusasiakirjojen (sertifikaattien) uusiminen

Useimpien sääntöjen kohdalla kyse on uusista laitteista tai järjestelmistä, jotka vaativat luokitulaitosten tai merenkulkuviranomaisten hyväksymät todistusasiakirjat. Säännöistä riippuen sertifikaatit uusitaan yleensä joka kolmas tai viides vuosi. Selvityksessä on oletettu vakiokustannus sertifikaatin uusimiselle, joka on laskelmissa huomioitu vuosikustannuksena. Sen merkitys on kuitenkin kokonaiskustannuksiin verrattuna vähäinen.

Satama- ja väylämaksut

Mikäli uuden laitteiston asennuksen takia joudutaan olemassa olevassa aluksessa esim. laajentamaan kansirakennusta tai savupiippulohkoa, saattaa aluksen vetoisuus muuttua, joka taas voi vaikuttaa aluksen satama- ja väylämaksuihin Suomen liikenteessä. Tämä olisi kuitenkin tarkistettava aluskohtaisesti, mikä tämän selvitystyön puitteissa on ollut mahdotonta, joten laskelmissa tätä kustannusta ei ole huomioitu. Kustannus lienee myös kokonaisuuteen nähden marginaalinen.

Uudisrakennuksissa tätä ongelmaa ei esiinny.

Maihin toimittamiseen liittyvät kustannukset

Joihinkin sääntöihin liittyen voi syntyä jätteitä, joita joudutaan toimittamaan maihin. Kustannukset ovat yleensä kokonaisuuteen verrattuna marginaalisia. Tässä selvityksessä on huomioitu rikkipesurin käytön yhteydessä syntyvän lietteen maihin toimituksen kustannuksia.

5.5 Tulojen menetykset

Off hire -kustannukset

Mikäli uuden laitteiston asennusta olemassa olevaan laivaan ei pystytä suorittamaan normaalin määräaikaistelakoinnin aikana ja alus joutuu olemaan poissa liikenteestä normaalia pitempään, menetetään rahtikuluja ns. ”off hire” kustannusten muodossa. Nämä ovat laiva- ja rahtikohtaisia sekä sisältävät yrityskohtaisia liikesalaisuuksia, joten niitä ei ole voitu laske-
lmiä varten tarkkaan määritellä. Tämän selvitystyön puitteissa on oletettu että ainoastaan rikkipesuriasennus vaatii normaalia pidemmän telakoinnin ja off hire kustannus on täten arvioitu eri alustyypeille ja -koolle.

Menetetty lastikapasiteetti

Olemassa oleva alus saattaa laitteiston asennuksen seurauksena menettää lastikapasiteettia joko laitteiston lisäpainon aiheuttaman kuollutpainovähennyksen tai esim. lisävolyymin aiheuttaman kaistametrivähennyksen tai konttipaikkamenetyksen takia. Tämä menetys on laiva- ja rahtikohtainen sekä sisältää yrityskohtaisia liikesalaisuuksia, joten sitä ei ole voitu laske-
lmiä varten määritellä. Tämä tosiseikka tulee ottaa huomioon tuloksien loppuarvioinnissa.

Vaikutukset liikennöintiin ja aikatauluihin

Uuden teknologian käyttö saattaa erikoistapauksissa myös vaikuttaa aluksen liikennöinti-
katauluun. Tämä voi tulla ajankohtaiseksi esimerkiksi painolastiveden käsittelylaitoksen va-
linnan seurauksena. Tietyt käsittelyteknologiat vaativat toimiakseen tehokkaasti tietyn pro-
sessiajan, joka saattaa pidentää satamakäynnin aikaa. Myös painolastipumpun kapasiteetti
saattaa pienentyä puhdistuslaitteiston aiheuttamien painehäviöiden takia, jolloin painolasti-
vesitankkien tyhjennysprosessi on pidempi. Laskelmissa näitä aluskohtaisia tekijöitä ei kui-
tenkaan ole voitu ottaa huomioon.

5.6 Mahdolliset säästöt

Huoltovälit ja -säästöt

Siirryttäessä HFO-käytöstä MGO-käyttöön voidaan dieselmootoreiden huoltoväli yleensä
pidentää, jolloin syntyy säästöjä aluksen elinkaaren aikana. Ns. haalausväliä voidaan piden-
tää jopa 30–50 %. Laskelmissa on käytetty säästöarvoa 1.7 €/kW/vuosi, joka perustuu
moottoritoimittajalta saatuihin tietoihin. Tämän lisäksi HFO-separaattoreita ei tarvitse käyt-
tää, joka osaltaan lisää säästöjen määrää

Polttoaineen lämmitystarpeen väheneminen

Siirryttäessä HFO-käytöstä MGO-käyttöön vähenee myös polttoaineen lämmityksen tarve
polttoainetankeissa. Aluskohtaisten säästöjen määrä riippuu siitä, tuotetaanko tarvittava
lämpö esim. apukattiloissa vai voidaanko hyödyntää hukkalämpöä muista järjestelmistä.
Laskelmissa on käytetty kokemuseräistä arvoa säästölle, joka on 0,5 % polttoaineen kulu-
tuksesta.

Polttoaineen laadun vaikutus

Siirtyminen HFO-käytöstä MGO-käyttöön vaikuttaa myös polttoainekulutukseen MGO:n omaavaan korkeamman lämpöarvon seurauksena. Erotus voi olla jopa 4 % kulutuksesta MGO:n eduksi. Tätä arvoa on myös käytetty polttoainekustannuslaskelmissa.

Säästöä syntyy myös, kun esim. rikkipesuriasennuksen seurauksena voidaan siirtyä käyttämään polttoainetta, jonka rikkipitoisuus on nykyistä vaatimusta korkeampi eli 2,5–3,5 %. Säästö riippuu siitä, minkä laaduista ja mitä rikkipitoisuutta omaavaa raskasta polttoöljyä on Itämeren alueella tulevaisuudessa saatavana. Polttoaineen hinta on käsitelty tarkemmin kohdassa 7.1.

5.7 Oleelliset tekijät ja eri kustannuslajien merkitys

Eri kustannuslajien merkitys vaihtelee suuresti kokonaiskustannuksiin nähden. Investoinneissa itse laitekustannus ja -asennus ovat määrääviä ja muodostavat keskimäärin yli 80 % kokonaisinvestointikustannuksista.

Käyttökustannuksista polttoaineen valinnalla eli hinnalla on ylivoimaisesti suurin vaikutus. Myös lipeän kulutus rikkipesuriratkaisuissa sekä urean kulutus laivakatalysaattoreissa muodostavat merkittävän osan käyttökustannuksista.

6 Tekniset ratkaisuvalinnat kustannuslaskentaa varten

6.1 MARPOL-yleissopimuksen IV liitteen muutosten täyttämiseksi selvitystyössä käytetyt ratkaisut

Matkustaja-alusten käymäläjätevesipäästöjä rajoittavilla uusilla säännöillä vähennetään matkustaja-alusten käymäläjätevesistä Itämereen aiheutuvaa ravinnekuormitusta (typpi ja fosfori). Säännöt edellyttävät, että kaikkiin matkustaja-aluksiin asennetaan joko hallinnon hyväksymä käymäläjäteveden käsittelylaitteisto tai jäteveden varastotankki, jolla on matkustaja-aluksen matkustajamäärä ja matkan kesto huomioiden riittävä tilavuus ja joka voidaan tyhjentää satamassa.

Erityisalueilla eli Itämerellä sovellettavat uudet päästömääräykset tulevat uusien matkustaja-alusten osalta voimaa 1. päivästä tammikuuta 2016 alkaen ja olemassa olevien matkustaja-alusten osalta 1. päivästä tammikuuta 2018 alkaen. Lisäksi uusien sääntöjen soveltamisen edellytyksenä on, että erityisalueen satamissa on riittävästi vastaanottolaitteita ottamaan vastaan alueella liikennöivien matkustaja-alusten käymäläjätevedet. Matkustaja-aluksella tarkoitetaan määritelmän mukaan alusta, jonka matkustajakapasiteetti on 12 tai enemmän.

Jätevedellä tarkoitetaan MARPOL-yleissopimuksen Liitteen IV mukaan seuraavaa:

- käymälöistä ja urinaaleista tuleva jätevesi
- kaikki jätevedet sairaaloista tai sairashyhteistä mukaan lukien pesuvedet
- viemärintivedet eläimille tarkoitetuista tiloista
- muu jätevesi, jos jokin yllä mainituista kategorioista sekoittuu siihen

Näistä jätevesistä käytetään yleensä myös nimitystä musta vesi (engl. ”black water”).

Ns. harmaalla vedellä (engl. ”grey water”) tarkoitetaan kaikkia muita aluksella syntyneitä jätevesiä, joita ei luokitella mustaksi vedeksi.

Suurella säännöllisessä reittiliikenteessä olevalla matkustaja-autolautalla, jossa lähes poikkeuksetta on käytössä tyhjiöjärjestelmiä mustalle jätevedelle, syntyy mustaa vettä n. 15 l/vrk matkustajaa kohden. Harmaalle vedelle vastaava määrä on n.180 l/vrk matkustajaa, kohden. Suurilla kansainvälisessä maailmanlaajuisessa liikenteessä olevilla risteilyaluksilla, jotka kesäisin liikennöivät myös Itämerellä, määrä voi olla jonkin verran suurempi. Nämä on rajattu pois tarkastelusta.

Uudistettu sääntö siis kieltää mustan veden laskemisen mereen Itämeren alueella, ellei alukseen ole asennettu tyyppihyväksyttyä tiettyjä vaatimuksia täyttävää puhdistuslaitteistoa. Uudistetun liitteen IV vaatimukset tähtäävät erityisesti typen (N) ja fosforin (P) poistoon nykyisten voimassa olevien vaatimusten lisäksi. Puhdistuslaitoksen täytyy kyetä prosessiin, jossa puhdistettu vesi täyttää seuraavat pitoisuusvaatimukset

- typpi < 10 mg/l tai vähintään 70 % reduktio
- fosfori < 0,5 mg/l tai vähintään 80 % reduktio

Tällaisia vaatimuksia täyttäviä puhdistuslaitteistoja aluskäyttöön on maailmalla hyvin vähän. Tämä johtuu yksinkertaisesti siitä, ettei kysyntää ole ollut, jolloin laitekehitykseen ei ole panostettu. Markkinoilta löytyy ainakin yksi järjestelmä, joka kykenee täyttämään vaatimukset. Peruslaitteisto koostuu membraanibioreaktorista, johon liitetään erilliset prosessiyksiköt fosforin ja typen poistamiseksi lisäämällä rautasulfaattia. Mikäli olemassa olevalla aluksella, nykyisiä voimassa olevia sääntöjä täyttävä puhdistuslaitos on perusprosessiltaan sopiva, voidaan tällainen laitos muuntaa uudet vaatimukset täyttäväksi lisäämällä edellä

mainitut prosessiyksiköt. Koko puhdistuslaitteistoa ei siten välttämättä tarvitsisi uusia. Uuden säännön kustannusvaikutusten selvittäminen vaatisi kuitenkin aluskohtaisen analyysin olemassa olevan laitteiston ominaisuuksista. Näin yksityiskohtaisesti asiaa ei tässä selvityksessä ole tutkittu.

Matkustaja-alus voi uusien vaatimusten täyttämiseksi myös kerätä jätevetensä tankkeihin matkan aikana ja toimittaa vedet satamaan. Tämä edellyttää keräilyjärjestelmää ja riittävän kapasiteetin varastotankkeja aluksella. Jäteveden vastaanottokapasiteetti kohdesatamassa on tietysti myös edellytys. Suurin osa matkustaja-autolautoista Suomeen suuntautuvassa liikenteessä jättää jätevetensä satamiin. Muutamia poikkeuksia saattaa olla, mutta kokonaiskustannusten osalta näiden merkitys on pieni. Myös vastaanottokapasiteetti satamissa, joiden välillä nämä alukset liikennöivät, on hyvä aikaisemmin tehtyjen selvitysten ja raporttien mukaan.

Tässä selvityksessä on olemassa olevien matkustaja-alusten osalta oletettu, että uudet vaatimukset eivät aiheuta merkittäviä lisäkustannuksia nykykäytäntöön nähden. Tarkempi kustannusarvio vaatisi yksittäisten alusten nykykäytännön ja teknologian selvittämistä.

Uudisrakennuksissa on edelleen samat vaihtoehdot kuin olemassa olevissa aluksissa. Mikäli alukseen suunnitellaan ja asennetaan alusta alkaen keräily-, varastointi- ja maihintoimittamisjärjestelmä, voidaan näitä pitää osana uudisrakennuksen normaaleja rakenteita ja järjestelmiä, jolloin lisäkustannukset ovat marginaaliset. Alukseen halutaan kuitenkin yleensä puhdistuslaitos, jolloin alus voidaan siirtää liikennöintialueelta toiselle ilman lisäinvestointeja. Tämä on oleellista siinä tapauksessa, että uudella liikennöintialueella ei ole vastaanottokapasiteettia satamissa. Tällöin voidaan olettaa, että puhdistuslaitoksen perusprosessi on sellainen, että siihen voidaan soveltaa ravinteiden (typpi ja fosfori) lisäpoistamisprosessiyksiköt. Lisäkustannus muodostuu täten ravinteiden poistamisprosessien aiheuttamista lisäinvestoinneista sekä näihin liittyvistä käyttökustannuksista. Tätä lähestymistapaa on sovellettu uudisrakennusten kustannusarvioinnissa.

Oman lukunsa muodostavat ns. ropax-alukset. Nämä ovat roro-aluksia, jotka kuljettavat pääasiassa rahtia, mutta joissa saattaa olla merkittäväkin matkustajakapasiteetti eli 500–1000 matkustajaa. Nämä ovat SOLAS ja siten MARPOL-määritelmän mukaan matkustaja-aluksia ja Liitteen IV vaatimuksia tulisi soveltaa näihin. Osa olemassa olevista ropax-aluksista toimittaa jo nyt jätevetensä maihin, mutta koska nämä alukset vaihtavat reittejä useammin kuin perinteiset matkustaja-autolautat, vaihtelee ropax-alusten käytäntö laajasti. Tarkempi kustannus selvitys vaatisi taas olemassa olevien alusten osalta aluskohtaisen analyysin. Ropax-uudisrakennuksille on tässä selvityksessä sovellettu samaa lähestymistapaa kuin perinteisille matkustaja-autolautoille.

Itämerellä, etenkin kesäisin liikkuvat ja Suomen satamissa käyvät suuret risteilyalukset eivät ole mukana tarkastelussa.

6.2 MARPOL-yleissopimuksen uudistetun V liitteen täyttämiseksi selvitystyössä käytetyt ratkaisut

Itämeren meriliikenteen kannalta muutos on, että jatkossa liitteen mukaisilla erityisalueilla saa edelleen päästää ruokajätettä mereen nykyisen etäisyysvaatimuksen mukaisesti eli vähintään 12 meripeninkulman etäisyydellä lähimmästä maasta, mutta lisävaatimukseksi tulee ruokajätteen käsittely hienonnus- tai rouhintalaitteen avulla riittävän pieniksi paloiksi. Ruokaöljyn mereen päästäminen kielletään erityisalueiden lisäksi muillakin merialueilla. Muita jätteitä ei myöskään saa heittää mereen.

Uusien vaatimusten täyttämiseksi on olemassa kaksi ratkaisumallia:

- kaikki jätteet mukaan lukien ruokajätteet ja ruokaöljyt kerätään laivalla ja toimitetaan maihin satamissa
- ruokajätteet päästetään mereen hienonnusprosessin jälkeen

Laivalla kerääminen ja maihin toimittaminen edellyttää varastotilaa ja keräilyastioita aluksilla sekä toimivaa jätteiden vastaanottojärjestelmää satamissa. Pakkausjätteitä varten tarvitaan puristimia silloin, kun määrä on suuri kuten esimerkiksi matkustaja-autolautoissa. Koska Itämeren alueella on käytössä ns. no special fee järjestelmä, jonka puitteissa alukset voivat jättää kaiken jätteensä mukaan lukien ruokajätteensä, maihin ilman erillismaksua, toimii moni alus jo tänä päivänä tämän mallin mukaisesti. Tässä todennäköisessä tapauksessa uusitun V liitteen aiheuttamat kustannukset ovat minimaaliset.

Lähestulkoon kaikki matkustaja-autolautat pohjoisella Itämerellä ja Suomeen suuntautuvasa liikenteessä täyttävät jo nykyisin uusitun V-liitteen määräykset koskien jätteiden käsittelyä, mukaan lukien ruokajätteet, varustamoilta saatujen tietojen mukaan. Yksittäisiä poikkeuksia saattaa kuitenkin olla ja näitä tulisi arvioida aluskohtaisesti. Näin yksityiskohtaisesti tässä selvityksessä ei ole ollut mahdollista tutkia asiaa. Hienonnus- ja rouhintalaitteita on yleisesti käytössä matkustaja-autolautoissa ja rouhe pumpataan yleensä jätevesien kautta maihin satamissa. Matkustaja-autolautoja operoivilla varustamoilla on yleensä myös erillissopimuksia jätehuoltoa hoitavien palveluyritysten kanssa.

Mikäli ruokajätteitä päästetään mereen, edellyttää se aluksella hienonnus- tai rouhintalaitteen, joka käsittelee ruokajätteen 25 mm murskeeksi. Koska hienonnettua rouhetta ei saa laskea mereen lähempänä kuin 12 meripeninkulman etäisyydellä lähimmästä maasta, voidaan aluksella tarvita välivarastointiastioita tai -tilaa.

Markkinoilla löytyy useita tarkoitukseen sopivia hienonnus- ja rouhintalaitteita, joista on pitkä käyttökokemus, kuten myös kokonaisia jätteenkäsittelyjärjestelmiä.

Tässä selvityksessä on käytetty olemassa olevien rahtialusten osalta skenaariota, jossa kaikkiin aluksiin asennetaan yksinkertainen vaatimukset täyttävä rouhintalaitte, joka liitetään esimerkiksi harmaavesijärjestelmään. Tämä kustannuslaskennan lähestymistapa johtaa todennäköisesti kustannusten yliarvioimiseen, koska maihin toimittaminen ja ”no special fee”-ohjauskeinon hyödyntäminen tulee jatkossakin olemaan yleistä. Matkustaja-autolautojen kohdalla on lähdetty siitä, että uusittu V liite ruokajätteiden osalta ei aiheuta toimenpiteitä nykykäytäntöön nähden eikä siten lisäkustannuksia.

Toinen Itämeren meriliikenteen kannalta keskeinen muutos koskee kiinteää irtolastia kuljetavien kuivalastialusten lastiruumien pesukäytäntöjä. Lastijätteitä ei saa päästää mereen liitteen mukaisilla erityisalueilla. Poikkeuksen mukaan alus voi kuitenkin kulussa ollessaan poistaa mereen haitattomaksi luokiteltuja lastiaineita sisältäviä pesuvesiä vähintään 12 meripeninkulman etäisyydellä lähimmästä maasta, jos aluksen lähtö- ja tulosatama sijaitsevat erityisalueella ja riittäviä pesuveden vastaanottolaitteita ei näissä satamissa ole saatavilla. Haitalliseksi luokitellut lastijätteet tulee aina toimittaa satamien vastaanottolaitteisiin sekä erityisalueilla että niiden ulkopuolella.

Tämä vaatimus koskee lähinnä irtolastialuksia. Välittömiä kustannusvaikutuksia ovat satamien ja varustamoiden investoinnit pesuvesien käsittely- ja keräilylaitteisiin sekä mahdolliset varastotankit. Kustannuksia syntyy myös pesupalveluyrityksille, jotka taas veloittavat palveluistaan vaikuttaen siten alusten käyttökustannuksiin. Myös mahdollinen pidennetty satamassaoloaika saattaa aiheuttaa lisäkustannuksia.

Meriympäristölle haitallisten irtolastiaineiden sitova vuonna 2015 velvoittava haitallisuusluokitus vaikeuttaa kustannustietojen arviointia. Puhdistuksen kulujen vastuukysymykset ja maksuvelvoitteet on tarkkaan määrättävä kustannusten arvioimiseksi sekä kohdistamiseksi.

Mainitusta syystä sekä puutteellisten lähtötietojen takia V liitteen tämän vaatimuksen aiheuttamia kustannuksia ei ole tässä selvitystyössä arvioitu.

6.3 MARPOL-yleissopimuksen uudistetun VI liitteen ja EU:n uudistetun rikkidirektiivin toimeenpanemiseksi selvitystyössä käytetyt ratkaisut

MARPOL-yleissopimuksen uudistamisen yhteydessä rikin oksidien osalta päästörajoja tiukennettiin siten, että maailmanlaajuisesti alusten käyttämän polttoaineen rikkipitoisuusraja laski 4,5 painoprosentista 3,5 painoprosenttiin 1. päivästä tammikuuta 2012 lähtien ja laskee edelleen 0,5 painoprosenttiin 1. päivästä tammikuuta 2020 lähtien. Päästövalvonta-alueilla, kuten Itämerellä, rikkipitoisuus laski 1,5 painoprosentista 1,0 painoprosenttiin 1. päivästä heinäkuuta 2010 lähtien ja laskee edelleen 0,1 painoprosenttiin 1. päivästä tammikuuta 2015 lähtien. Liite mahdollistaa myös vaihtoehtoisten päästöjä vähennysteknologioiden, kuten rikkipesureiden käytön aluksen päästöjen alentamiseksi uusien päästörajojen mukaisiksi.

MARPOL- yleissopimuksen VI liitteen mukaisesti uudistettu EU:n rikkidirektiivi tulee voimaan Itämerellä 1.1.2015, jolloin lähes kaikki Itämerellä ja Suomeen liikennöivät alukset joutuvat tekemään oman ratkaisunsa direktiivin sääntöjen toimeenpanemiseksi .

Rikkidirektiivin sääntöjen toimeenpanemiseksi on olemassa useita ratkaisuja kuten:

1. siirtyminen vähärikkisen tisleen käyttöön (MGO polttoaineena)
2. rikkipesurin asennus alukseen (Rikkipesuri ja HFO polttoaineena)
3. muuttaa alusten pääkoneet vaihtoehtoiselle polttoaineella käyviksi kuten LNG tai biopolttoaine

Kunkin aluksen kohdalla edullisin ratkaisu riippuu monesta seikasta kuten aluksen iästä, SECA alueella kuljettavasta matkasta (polttoainekulutus), polttoaineen saatavuudesta sekä aluksen teknisistä rajoituksista (vakavuus, tilat, tankkikapasiteetit ym).

Tässä tarkastelussa kolmas vaihtoehto (LNG tai biopolttoaineen käyttö) on jätetty tarkastelematta, koska se on olemassa oleviin aluksiin investointina muita kalliimpi vaihtoehto.

Tarkastelussa on siis arvioitu kahden vaihtoehtoisen ratkaisun kustannusvaikutuksia:

1. MGO polttoaineena

Tässä skenaariossa kaikki alukset siirtyisivät korkearikkisen polttoaineen käytöstä (HFO 1 %) käyttämään vähärikkistä polttoainetta, Marine Gas Oil (MGO 0,1 %). Jatkuva MGO käyttö vaatii polttoainejäähdyttimen, mikä on suhteellisen pieni investointi. Polttoainekustannukset kasvavat MGO:n ja HFO:n hintaeron suhteessa. Muihin käyttökuluihin tulee pieni säästö johtuen MGO polttoaineen suuremmasta lämpöarvosta (n. 4 %), koneiden huoltovälit pitenevät eikä raskasta polttoöljyä tarvitse lämmittää tankeissa.

Tämä on teknisesti mahdollinen vaihtoehto kaikille aluksille.

2. Rikkipesuri ja HFO polttoaineena

Tässä skenaariossa kaikkiin aluksiin asennettaisiin rikkipesuri ja alukset siirtyisivät käyttämään korkearikkistä polttoainetta. Laskelmissa on oletettu, että polttoaineen rikkipitoisuus olisi 2,7 %.

Investointikustannuksia laskettaessa on oletettu, että rikkipesuri asennetaan ainoastaan pääkoneille. Hinta on laskettu asennetun pääkonetehon perusteella. Koneiden lukumäärää ei ole erikseen huomioitu.

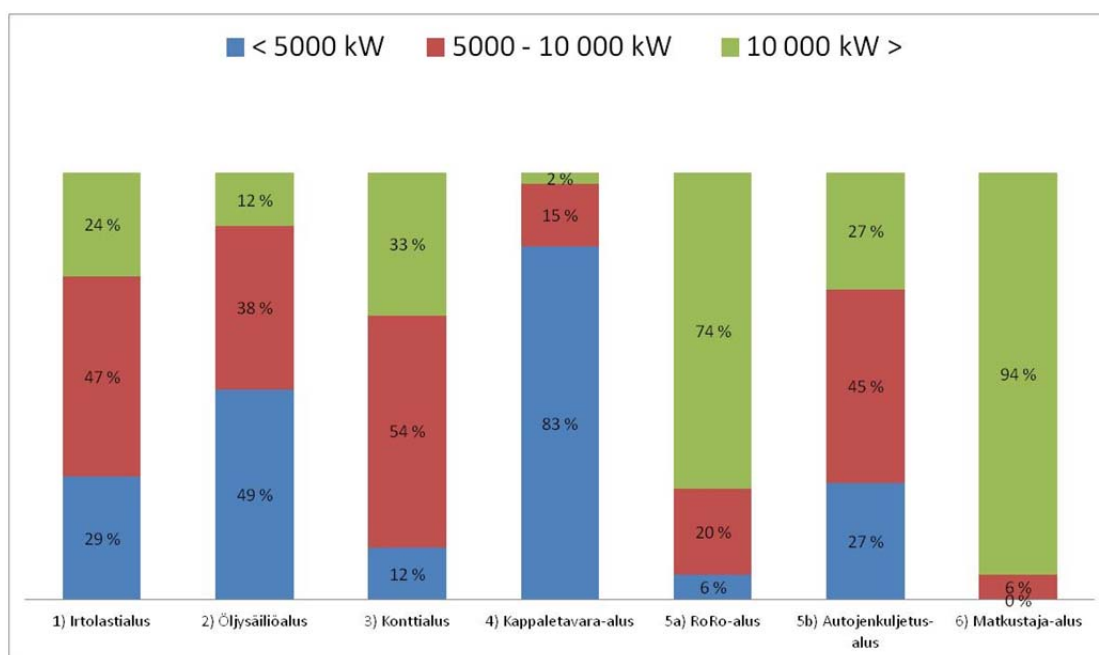
Vaihtoehtoisia Itämeren olosuhteisiin sopivia ratkaisuja ovat makeavesipesuri ja kuivapesuri. Investointi- ja käyttökustannukset ovat näille ratkaisuille suuruusluokaltaan samaa tasoa, mutta kuivapesuri on vaikeammin asennettavissa eri alustyyppisiin. Näin ollen tässä tarkastelussa on valittu Itämeren olosuhteisiin soveltuva makeavesipesuri suljetulla kierrolla. Investointikustannukset ovat suuret ja muodostuvat suunnittelukustannuksista, rikkipesurista ja sen oheislaitteista, putkistoista, pumpuista tankeista ja ohjausjärjestelmästä. Lisäksi olemassa oleviin laivoihin joudutaan useasti tekemään muutoksia vanhoihin järjestelmiin ja rakenteisiin.

Operointikulut muodostuvat pääosiltaan märkäpesurin lipeäkuluista. Alhaisempi polttoaineen (HFO 2,7 %) hinta kompensoi kuitenkin tämän lisäkustannuksen niin, että suuremmilla konetehoilla voi jopa syntyä säästöä. Muita kuluja ovat lisätty sähkön kulutus (pumput ja muu laitteisto) ja makean veden tarpeeseen liittyvät kustannukset.

Oletus että kaikkiin aluksiin asennettaisiin rikkipesuri, ei kuitenkaan ole realistinen. Todellisuudessa vain harvaan alukseen voidaan teknisesti tai taloudellisesti kannattavasti asentaa rikkipesuri.

Syitä ovat mm. tekniset rajoitukset kuten tilan löytäminen rikkipesurille, tankeille ja apulaitteille. Sähkötehon riittävyys tai aluksen vakavuus ja pitkäikäisyys voivat myös rajoittaa tai vaikeuttaa pesurin asennusta.

Pieniin aluksiin (koneteho alle 5000 kW) ei myöskään ole olemassa valmiita ratkaisuja rikkipesurille ja valmistajan mukaan joudutaan tekemään erikoisratkaisuja. Varsinkin Suomeen tulevien irtolasti-, öljysäiliö- ja kappaletavara-alustyyppien kohdalla useat aluksista ovat koneteholtaan pieniä (kuva 1).



Kuva 1. Pääkonetehon jakauma eri alustyypeille (Suomeen tulleet alukset 2011)

Taloudellisia syitä ovat mm. aluksen jäljellä oleva käyttöikä ja vuosittainen polttoainekulutus SECA alueella.

6.4 MARPOL-yleissopimuksen uudistetun VI liitteen (typen oksidipäästöt) täyttämiseksi selvitystyössä käytetyt ratkaisut

MARPOL-yleissopimuksen VI liitteen mukaiset NO_x päästörajoitukset

Tier I

Moottoreiden, jotka ovat asennettu 1.1.2000 ja 1.1.2011 välisenä aikana, tulee täyttää Tier I -vaatimukset:

- a) 17.0 g/kWh, silloin, kun n (moottorin kierrosnopeus) on alle 130 rpm
- b) $45 \cdot n^{(-0.2)}$ g/kWh, silloin, kun n on 130 rpm tai enemmän, mutta alle 2000 rpm
- c) 9.8 g/kWh, silloin, kun n on 2000 rpm tai enemmän.

Tier II

Moottoreiden, jotka ovat asennettu 1.1.2011 tai sen jälkeen, tulee täyttää Tier II -vaatimukset:

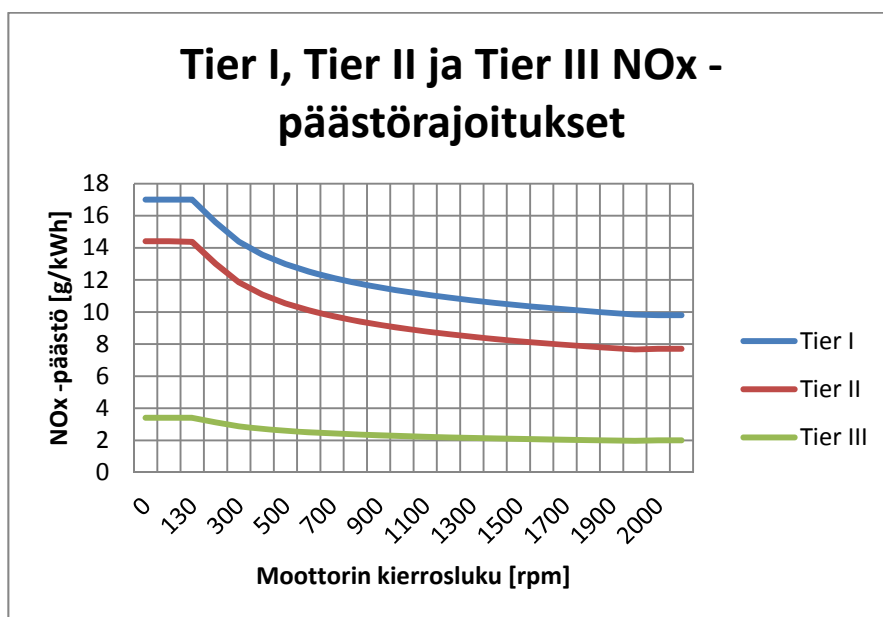
- a) 14.40 g/kWh, silloin, kun n on alle 130 rpm
- b) $44 \cdot n^{(-0.23)}$ g/kWh, silloin, kun n on 130 tai enemmän, mutta alle 2000 rpm
- c) 7.7 g/kWh, silloin, kun n on yli 2000 rpm.

Tällä saavutetaan noin 15 % typen oksidipäästöjen vähennys verrattuna nyt voimassa olevaan Tier I -tasoon.

Tier III

Moottoreiden, jotka ovat asennettu 1.1.2021 tai sen jälkeen, tulee täyttää Tier III -vaatimukset, silloin, kun laiva liikkuu NO_x-päästöjen valvonta-alueella (NO_x emission control area):

- a) 3.4 g/kWh, silloin, kun n on alle 130 rpm
- b) $9 \cdot n^{(-0.2)}$ g/kWh, silloin, kun n on 130 tai enemmän, mutta alle 2000 rpm
- c) 2.0 g/kWh, silloin, kun n on yli 2000 rpm.



Kuva 2. MARPOL-yleissopimuksen VI liitteen mukaiset NO_x -päästörajoitukset

Tier III vastaa noin 80 % vähennystä Tier I -tasoon verrattuna.

Tier I ja Tier II säännöt ovat jo astuneet voimaan ja vaatimukset voidaan täyttää moottoriteknologisilla ratkaisulla.

Tiukentuneet NO_x Tier III tason vaatimukset vaativat kuitenkin erityisiä ratkaisuja sääntöjen täyttämiseksi. Tänä päivänä vain kaksi menetelmää täyttää Tier III-vaatimustason:

1. Selective Catalytic Reduction (SCR), ts. ureaa hyödyntävä katalysaattori
2. Kaasumoottorit ja nesteytetyn maakaasun (LNG, Liquefied Natural Gas) käyttäminen polttoaineena

Koska säännöt tulevat voimaan tulevaisuudessa (2021) ja tekniset ratkaisut tulevat kehittymään tällä aikavälillä, on vaikea ennustaa ja myös arvioida ratkaisuun liittyviä kustannuksia.

Tässä selvityksessä on tekniseksi ratkaisuksi valittu ureaa hyödyntävä katalysaattori, Selective Catalytic Reduction (SCR).

Katalysaattorin käyttö yhdessä rikkipesurin ja korkean rikkipitoisuuden sisältävän polttoaineen kanssa muodostaa omat haasteensa. Katalysaattorin on oltava kuumassa pakokaasuvirrassa toimiakseen. Näin ollen se on sijoitettava ennen rikkipesuria. Pakokaasujen korkea rikkipitoisuus heikentää katalysaattorin toimintaa ja katalyyttien lukumäärää on kasvatettava. Lisäksi toiminta on varmistettava noen poistopuhalluslaitteistolla.

Lisäkustannukset muodostuvat investointien osalta katalysaattorista ja tarvittavista lisälaitteista ja rakenteista kuten ureatankki, urean pumppaus- ja annostelulaitteisto, putkisto sekä ohjausjärjestelmä. Investointikustannuksia laskettaessa on oletettu, että katalysaattorit asennetaan ainoastaan pääkoneille. Hinta on laskettu asennetun pääkonetehon perusteella. Koneiden lukumäärää ei ole erikseen huomioitu.

Käyttökulut muodostuvat pääosiltaan urean kulutuksesta. HFO käytössä 1 % polttoaineen lisäkulutus on huomioitu. Sähkön lisäkulutus on pieni.

6.5 MARPOL-yleissopimuksen VI liitteen uuden 4 luvun (energiatehokkuus, EEDI) sääntöjen toimeenpanemiseksi selvitystyössä käytetyt ratkaisut

EEDI (Energy Efficiency Design Index) astuu voimaan vaiheittain ja määrittää energiatehokkuutta koskevan suunnitteluindeksin eri alustyypeille. Kevään 2013 aikana on määritellyt tavoitteet myös RoRo- ja RoRo-matkustaja-aluksille.

EEDI vaatimukset koskevat uudisrakennuksia ja vaatimukset tiukkenevat vaiheittain seuraavan aikataulun mukaisesti:

Phase 1	1.1.2015 – 31.12.2019	(indeksin vähennys 0-tasosta 0-10 %)
Phase 2	1.1.2020 – 31.12.2024	(indeksin vähennys 0-tasosta 0-20 %)
Phase 3	1.1.2025 eteenpäin	(indeksin vähennys 0-tasosta 0-30 %)

Tässä selvityksessä on laskettu kullekin alustyyppille ja –koolle tehon alennus vaadittavan energiatehokkuusindeksin mukaan.

Tehon alenemisesta johtuva investointikustannus (säästö) sekä suunnittelu- ja rakennuskustannuksista johtuva investointikustannus (lisä) lasketaan.

Pienemmästä polttoainekulutuksesta johtuvat säästöt käyttökustannuksissa lasketaan oletetulle vuosittaiselle kulutukselle (50 % ajasta 80 % teholla).

Laskenta suoritetaan vain yhdelle alukselle alustyyppiä kohden.

Kustannuksia / säästöjä ei allokoita Suomen tai Itämeren liikenteelle.

6.6 Painolastivesiyleissopimuksen sääntöjen toimeenpanemiseksi selvitystyössä käytetyt ratkaisut

Vaihtoehtoisia teknologiaratkaisuja ja -menetelmiä painolastivesiyleissopimuksen täyttämiseksi on käytettävissä useampia. Vuoden 2013 toukokuussa tyyppihyväksytyjä laitteistoja oli 36 ja 20 muuta ovat tällä hetkellä testivaiheessa. Niihin liittyvät laiteinvestointi- ja asennuskustannukset vaihtelevat suuresti samoin, kun käyttökustannukset. Yleensä voidaan todeta, että laitteisto, jonka investointikustannus on alhainen aiheuttaa usein korkeat käyttökustannukset ja päinvastoin. Seuraavassa esitellään eri arviointinäkökulmia eri laitteille ja järjestelmille ja niiden soveltuvuudelle eri käyttöolosuhteissa.

6.6.1 Painolastiveden käsittelyjärjestelmien teknologiat

Painolastiveden käsittelylaitteet pohjautuvat vedenpuhdistusteknologiaan, jota on käytetty esimerkiksi kunnallisissa jätevedenpuhdistuslaitoksissa. Suorituskyvyn vaatimukset on määritetty painolastivesiyleissopimuksen D-2 standardissa. Eri teknologioiden suurimmat haasteet liittyvät käsiteltävän veden vaihteleviin ominaisuuksiin, vedessä oleviin organismeihin, energiankulutukseen ja käytettävissä olevaan asennustilaan jälkiasennuksissa.

Käytettävän teknologian on täytettävä D-2 standardin määrittämät vaatimukset, jossa rajataan minkä laatuista painolastivettä saa pumpata aluksen painolastivesitankista mereen. Rajaukset koskevat mm. erikokoisia eliöitä vesimäärää kohden.

Jokaisen painolastiveden käsittelyjärjestelmän on täytettävä nämä säännöt operointiolosuhteissa ennen hyväksyntää. Tyyppihyväksyntätestit on suoritettava kahdelle erilaiselle vesityypille, joilla on eri suolapitoisuus. Tämä aiheuttaa joitakin riskejä, jos operointialue eroaa merkittävästi kahden eri kohteen välillä, mikä vaikuttaa systeemin operointiin.

Tällä hetkellä pohditaan myös vaatimusta makean veden testeistä lisäämään tyyppihyväksynnän luotettavuutta. Makean veden testeistä saattaa tulla kriittinen vaatimus useille systeemeille (toimivat vain merivedessä).

Käsittelymenetelmät

Painolastiveden käsittelymenetelmät (*Ballast Water Treatment, BWT*) voidaan jakaa kolmeen pääkategoriaan perustuen niiden toimintaperiaatteeseen.

1. Kiinteiden partikkeleiden poistaminen suodattamalla tai syklonisella erottamisella
2. Hapettavat biosidit / soluseinän hapettaminen organismien tuhoamiseksi
3. Fysikaaliset desinfiointimenetelmät perustuvat fysikaaliseen vaikuttamiseen, joka johtaa organismien tuhoutumiseen.

Kiintoaineiden poistamiseksi tarkoitetut menetelmät

Pääteknologiat kiinteän aineen poistamiseksi ovat seuraavat:

Suodattaminen: Kiinteä aine poistetaan käyttämällä suodatinta, jonka läpäisykoko on yleensä 20 - 50 µm. Kehitys on kulkenut siihen suuntaan, että koko on pienentynyt, mikä on johtanut suodattimen halkaisijan kasvuun. Suodatin kasvattaa systeemin painehäviötä. Sediimenttipitoisissa vesissä suodattimen tukkeutuminen on ongelma, jota ehkäistään takaisinhuuhtelulla. Takaisinhuuhtelu pienentää virtausnopeutta/ tilavuusvirtaa.

Sykloninen erottaminen: Keskipakoisvoima erottaa kiinteän aineen vesivirrasta. Rajoituksena on kiinteän aineen ominaispaino. Jos aineen ominaispaino on veden ominaispainoa pienempi, prosessi ei toimi. Erotusprosessia voidaan tehostaa käyttämällä hyytymis- tai saostamiskemikaalia.

Hapettavat biosidit / desinfiointi

Yleisimmät hapettavat biosidit / desinfiointiin perustuvat teknologiat on lyhyesti esitetty alla.

Sähköklooraus / elektrolyysi: Veteen johdettu tasavirta tuottaa vapaan kloridin tai muun hapettimen aiheuttaen organismien hapettumisen. Hapettimen tuottamiseksi vaaditaan yleensä korkea suolapitoisuus.

Aktiivisten aineiden lisääminen veteen: Kemikaaleja voidaan lisätä suoraan painolastiveteen. Näitä kemikaaleja voidaan valmistaa laivalla erillisellä laitteella raaka-aineista.

Yleisesti hapettavat biosidit tarvitsevat neutralointiaineen, jos käsittelyaika on lyhyt (alle 24 tuntia).

Fysikaalinen desinfiointi

Useimmat fysikaaliset desinfiointimenetelmät on esitetty lyhyesti alla.

Ultraviolettisäteily: UV-säteily muuttaa molekyyliarakenteita ja siten estää organismien lisääntymisen.

Hapenpoisto: Veden happipitoisuutta pienennetään, jolloin siinä olevat eliöt tukehtuvat. Happipitoisuutta voidaan pienentää inerttikaasulla tai tyhjiöllä.

Kavitaatio / ultraääni: Kavitaatiokuplat aiheuttavat korkean paine- ja lämpöshokin puhjetessaan, mikä tappaa elävät organismit.

Yhdistetyt käsittelymenetelmät

Melkein kaikki BWT-systeemit yhdistävät kahta tai jopa kolmea edellisistä menetelmistä täyttääkseen D-2 säännöt.

Yhden menetelmän käyttö on tutkimusten perusteella usein riittämätöntä. Kiinteän aineen erottelulla ja jonkin desinfiointimenetelmän yhdistelmällä saavutetaan huomattavasti parempia tuloksia. Tutkimusten perusteella ultraäänen (US) ja ultraviolettivalon (UV) yhdistäminen lisää energia- ja käsittelytehokkuutta.

6.6.2 Painolastiveden käsittelyyn vaikuttavat tekijät

Tämä kappale käsittelee muuttujia, jotka vaikuttavat painolastiveden käsittelyyn ja käsittelylaitteiston valintaan. Veden ominaisuudet ja aluksen operointi asettavat vaatimuksia ja/tai rajoituksia käsittelymenetelmille. Nämä tekijät vaikuttavat teknisiin parametreihin ja lopulta taloudelliseen tehokkuuteen.

6.6.3 Ympäristömuuttujat

Painolastiveden käsittelylaitteiston on pystyttävä käsittelemään ominaisuuksiltaan erilaisia vesiä, joissa alus operoi. Nämä ominaisuudet asettavat rajat käsittelylaitteiston valinnalle.

Suolapitoisuus: Suolapitoisuus kertoo, kuinka paljon suolaa vedessä on. Merivedessä suolapitoisuus on 3,5 %. Itämeressä, erityisesti Suomen rannikolla, suolapitoisuus voi olla lähellä 0 % jokien suistoissa ja lahdissa. Suolapitoisuuden yksikkönä käytetään myös PSU:ta (*Practical Salinity Unit*). 1 PSU vastaa meriveden noin 0,1 %:n suolapitoisuutta.

Vaikutus: Elektrolyysiin perustuvat systeemit käyttävät veden karbonaatteja vapaan kloridin tai muiden radikaalien kehittämiseksi johtamalla tasavirtaa veteen. Matala suolapitoisuus kasvattaa sähkönkulutusta, sillä matalasuolaisen veden sähkönjohtavuus on huonompi ja radikaalien määrä pienempi.

Sameus: Veden tummuutta kutsutaan sameudeksi. Sameus aiheutuu sedimenteistä, levästä ja elävistä organismeista kuten planktonista.

Vaikutus: Korkea sameus lisää energiankulutusta UV-laitteissa sekä suodattimen likaantumista ja siten takaisinhuuhtelun tarvetta.

Lämpötila: Veden sähkönjohtavuus on suoraan verrannollinen veden lämpötilaan; matalassa lämpötilassa on pienempi sähkönjohtavuus.

Vaikutus: Elektrolyysiin perustuvissa laitteissa sähkönkulutus riippuu muun muassa veden lämpötilasta.

6.6.3.1 Tekniset muuttujat

Tekniset muuttujat riippuvat osaksi edellä mainituista veden ominaisuuksista, tilavuusvirrasta ja aluksen operoinnista.

Painehäviö: Osa painehäviöstä aiheutuu jokaiseen järjestelmään asennettavista komponenteista. Suodatin ja hydrosykloni aiheuttavat huomattavan painehäviön, joka pienentää tilavuusvirtaa, ellei pumppuja vaihdeta suurempiin.

Sähkö: Kaikki systeemit lisäävät sähkönkulutusta. UV- ja elektrolyysilaitteet aiheuttavat huomattavan sähkökulutuksen kasvun. Myös painehäviöillä on vaikutusta sähkönkulutuksen kasvuun.

Kemikaalien kulutus: Kemikaalia tai neutralisoivaa ainetta käyttävät systeemit vaativat säiliön haitallisia aineita varten ja mahdollisesti monimutkaisen laitteen, jolla kemikaalia tuotetaan.

6.6.4 Selvitystyötä varten valittu ratkaisu

Kaikki edellä esitetyt menetelmät sisältävät sekä hyviä että huonoja puolia. Taulukossa 1 on listattu pääkohdat jokaisesta menetelmästä. Teknologian kehittymisen myötä taulukon sisältö voi muuttua.

Selvitystyön kustannuslaskentaa varten on yllä kuvattujen tekijöiden perusteella valittu erään laitetoimittajan ratkaisu, jolla on IMO:n hyväksyntä, joka on testattu makeassa vedessä ja jonka siten oletetaan toimivan mahdollisimman hyvin Itämeren olosuhteissa ja se on kokonaiskustannuksiltaan kilpailukykyinen. Ratkaisu perustuu suodatukseen yhdistettynä UV-säteilyyn. Tämän lisäksi laitetoimittajan kapasiteettivalikoima on tarpeeksi suuri kattamaan käsittelytarpeen, jonka vaihteluväli on 250 m³/h–3000 m³/h alustyyppistä ja -koko-luokasta riippuen.

Selvityksessä ei ole huomioitu sitä vaihtoehtoa, että tietyt linjaliikenteessä olevat alukset, jotka käyttävät erittäin pieniä painolastimääriä kuten matkustaja-autolautat, voisivat sinetöidä painolastitankkinsa ja siten olla asentamatta käsittelylaitosta. Myöskään sitä mahdollisuutta, että yksittäinen alus tietyllä reitillä riskiarvioinnin perusteella saisi vapautuksen, ei ole huomioitu. Myös makean veden käyttö, kun kyseessä ovat pienet painolastivesimäärät, voi olla vaihtoehtoinen ja huomattavasti halvempi ratkaisu. Tämä ratkaisu ei kuitenkaan sovellu kaikkiin alustyyppeihin.

Laskelmien lähtökohtana on siis skenaario, jossa kaikkiin selvityksen alusryhmiin kuuluviin aluksiin, koosta riippumatta, asennetaan painolastiveden käsittelylaitteisto. Tulokset esittävät näin enimmäiskustannuksia.

Taulukko 1. Painolastiveden eri käsittelymenetelmien hyvät ja huonot puolet

Menetelmä	Hyvät puolet	Huonot puolet
Suodatus	- poistaa tehokkaasti suuria organismeja - ei kemikaaleja - turvallinen	- operointi runsasedimenttissä vesissä - mahdollisesti suuri koko - painehäviö ja virtauksen pienentyminen - ylläpitokustannukset (seula)
Hydrosykloni	- helppo ylläpito - ei tarvitse puhdistusta	- erottelukyky vedenpainoisille organismeille - tarvitsee suuren paineen
UV	- minimaaliset turvallisuusseikat - riippumaton veden suolaisuudesta - ei kemikaaleja	- tehokkuus runsasedimenttissä vesissä - tehonkulutus suurilla virtausnopeuksilla - vaatii käsittelyn painolastiveden tyhjennysvaiheessa
Elektrolyysi	- tehokas - vain painolastiveden käsittelyyn - pieni kokovaatimus	- mahdolliset korroosio-ongelmat - operointi ja tehonkulutus matalasuolaisissa ja makeissa vesissä - vaarallinen jäte / vety - tarvitsee mahdollisesti neutraloinnin
US	- ei kemikaaleja - pienet operointikustannukset	- tehoton yksistään - kallis - tuntemattomat vaikutukset merelliseen elämään
Kavitaatio	- tehokas - riippumaton veden suolaisuudesta	- painehäviö
Kemikaalin lisäys	- matala energiankulutus - helppo asentaa	- turvallisuus - kemikaalien varastointi - mahdolliset korroosio-ongelmat - käsittelyajan vaatimukset
Otsonointi	- tehokas - riippumaton veden suolaisuudesta - vain painolastin käsittelyyn	- mahdolliset korroosio-ongelmat - turvallisuus - tehokkuus sameissa vesissä - vaatii neutralisoinnin
Hapenpoisto	- vähentää korroosiota - pieni koko - vain painolastin käsittelyyn	- vaatii pitkän vaikutusajan - inert kaasusysteemin ylläpito - suuret polttoainekustannukset inert kaasun tuottamisesta

7 Lähtöarvot kustannuslaskennalle ja näiden määrittely

7.1 Polttoaineen laatu ja hinta

Polttoaineen hinnalla on oleellinen merkitys kustannuslaskennassa. Polttoaineen hinta vaihtelee päivittäin ns. spot markkinoilla laadusta ja ostosatamasta riippuen. Säännöllisessä linjaliikenteessä olevilla aluksilla on operoivan varustamonsa kautta yleensä pitempiaikaisempia sopimuksia polttoainetoimittajien kanssa, jolloin hinnan määrittely noudattaa tiettyä kaavaa, joka yleensä koostuu indeksiin (esim. Platts) kytketystä ja laadusta riippuvaisesta perushinnasta. Tämän päälle tulee indeksin toimitusehdosta riippuen vielä logistiikkamaksu. Myös laatulisä voi tulla kysymykseen siinä tapauksessa, ettei sovitulle laadulle löydy suoraan sopivaa indeksiä. Matalarikkiselle raskaalle polttoöljylle mainitut lisät saattavat olla merkittäviä suhteessa perushintaan. Nämä varustamoiden ja polttoainetoimittajien väliset sopimukset ovat liikesalaisuuksia eikä todellisia maksettuja hintoja pystytä laskennassa siten ottamaan huomioon. Epäsäännöllisessä hakurahtiliikenteessä olevat alukset ostavat polttoaineensa siellä missä se on halvinta ja täydennystarpeen mukaan. Näiden alusten osalta on spot markkinahinta lähempänä totuutta.

Tämän selvityksen kustannuslaskennassa on käytetty kauttaaltaan seuraavia polttoaineen hintoja:

Marine Gas Oil (MGO), 0,1 % S	852 \$/ton	704 €/ton
Raskas polttoöljy (HFO), 1 % S	565 \$/ton	467 €/ton
Raskas polttoöljy (HFO), 3 % S	525 \$/ton	434 €/ton

Nämä hinnat edustavat viimeaikaista hyvää keskiarvoa spot markkinoilla.

Eri polttoaineiden hintojen mahdollista kehitystä tulevaisuudessa ei tässä selvityksessä ole arvioitu.

7.2 Muut kulutustarvikkeet ja aineet

Sähkön tuotantokustannus

HFO polttoaineena	0,18 €/kWh
MGO polttoaineena	0,26 €/kWh

Makean veden tuotantokustannus	1,3 €/m ³
--------------------------------	----------------------

7.3 Työvoimakustannukset

Huolto- ja kunnossapitokustannuksia laskettaessa on työvoimakustannuksina käytetty keskiarvona 50 €/tunti riippumatta siitä suorittaako työn alukseen kuuluva henkilö, laitetoimittajan edustaja tai ulkopuolinen palveluntarjoaja.

7.4 Teknologiasidonnaiset lähtöarvot ja niiden määrittely

7.4.1 MARPOL-yleissopimuksen muutetun IV liitteen lähtöarvot (jätevedet)

Laskennassa on käytetty seuraavia laitetoimittajalta saatuja tietoja

- 3000 hengen aluksen puhdistuslaitoksen laitteistohinta 1,3–1,6 M€, typen ja fosforin poiston osuus laitteistosta 150.000 €.
- Typen ja fosforin poistamiseksi tarvittava energian kulutus 290 kWh/vrk

- 2000 hengen aluksen puhdistuslaitoksen laitteistohinta 1–1,3 M€, typen ja fosforin poiston osuus laitteistosta 100.000 €.
- Typen ja fosforin poistamiseksi tarvittava energian kulutus 150 kWh/vrk
- 500 hengen aluksen puhdistuslaitoksen laitteistohinta 210.000 €, typen ja fosforin poiston osuus laitteistosta 50.000 €.
- Typen ja fosforin poistamiseksi tarvittava energian kulutus 45 kWh/vrk
- Käyttökustannuksiin vaikuttavien aineiden hinnat:
- Rautasulfaatti 1,00 €/kg fosforin poistamiseksi.

Uudisrakennuksessa typen ja fosforin jätevedestä poistamiseen liittyvä kustannus muodostaa varsinaisen lisäkustannuksen, koska alus tarvitsee joka tapauksessa peruspuhdistuslaitetta hoitavan tyyppihyväksytyn laitteiston. Tämän peruslaitteiston hinta voi kuitenkin todellisessa kilpailutilanteessa olla toisella laitevalmistajalla halvempi kuin yllä esitetty. Mikäli taas puhdistuslaitoksen jäteveden käsittelyn perusprosessi sellaisenaan sopii typen ja fosforin poistamiseen lisäprosessissa, ei tällä peruspuhdistuslaitteiston hinnalla ole merkitystä.

Olemassa olevien alusten osalta lisäkustannus riippuu siitä, minkälainen laitteisto aluksessa nykyisin on. Mikäli laitteisto on toimivuuden kannalta yhteensopiva typen ja fosforin poistamiseen tarvittavan prosessin kanssa, on lähtökohtana näiden prosessilaitteistojen lisähinta. Mikäli aluksella on tarpeeksi tankkikapasiteettia jätevesien varastoimista ja tyhjennysjärjestelmä maihin toimittamista varten sekä vastaanottokapasiteettia satamissa on olemassa, niin erillistä laitteistoa ei tarvitse asentaa. Tämä voi kuitenkin rajoittaa aluksen liikennettä siinä tapauksessa, että varustamo haluaa muuttaa aluksen reittiä tai liikennöintialuetta.

7.4.2 *MARPOL-yleissopimuksen uudistetun V liitteen (ruokajätteet) lähtöarvot*

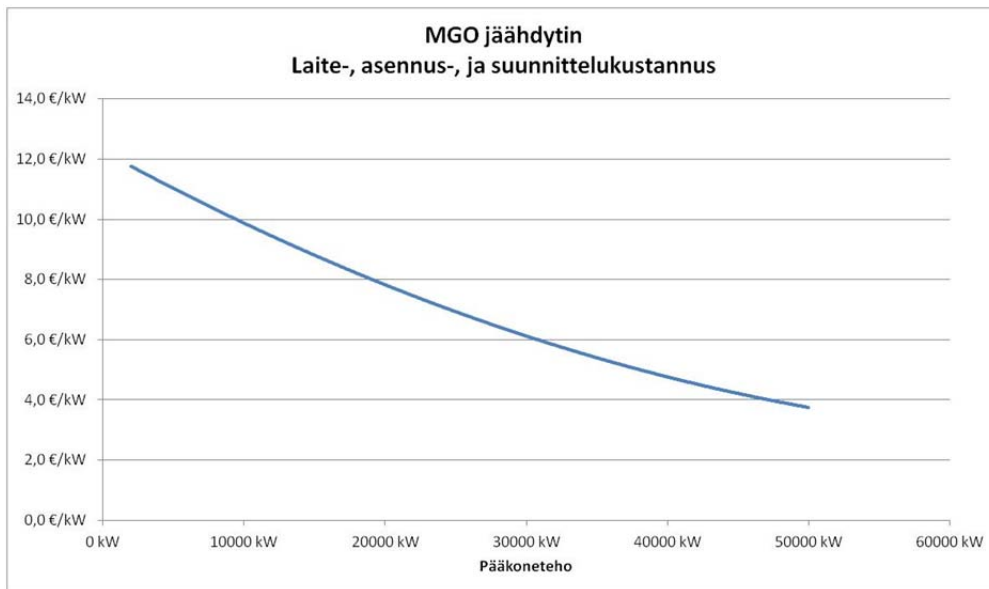
Lähtötietona rahtialuksille on käytetty laitevalmistajalta saatuja hintatietoja hienonnus- ja rouhintalaitteesta, jonka kapasiteetti on mitoitettu n. 12 hengen miehistön mukaan.

Käyttökustannukset muodostuvat energiankulutuksesta, varaosista sekä huoltotyöstä.

7.4.3 *MARPOL-yleissopimuksen uudistetun VI liitteen ja EU:n uuden rikki-direktiivin lähtöarvot*

MGO käyttö

MGO jäähdyttimen osalta käytetyt kustannukset ovat kuvan 3 mukaiset.



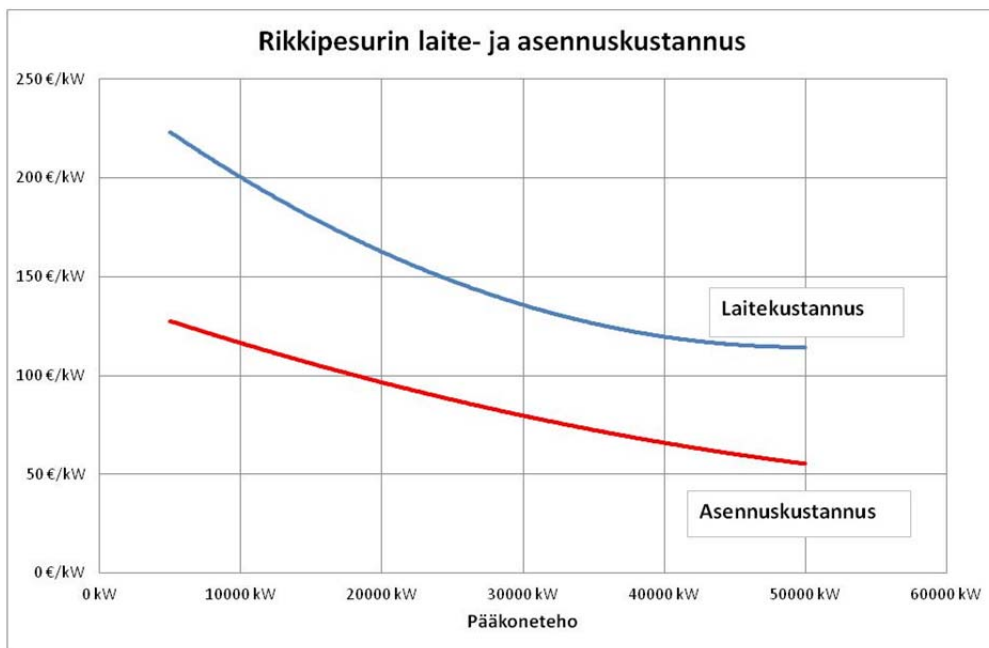
Kuva 3. MGO jäähdyttimen kustannukset

Rikkipesuri ja HFO käyttö

Eri lähteistä saadut rikkipesurien laitekustannukset vaihtelevat suuresti. Asennetun konete-hon lisäksi kustannukset riippuvat esimerkiksi koneiden lukumäärästä, joihin rikkipesuri asennetaan.

Asennuskustannukset taas riippuvat oleellisesti muutoksista, joita joudutaan tekemään aluk-seen rikkipesurin ja sen oheisjärjestelmien asennuksen yhteydessä.

Tässä selvityksessä käytetyt laite- ja asennuskustannukset olemassa olevien alusten osalta on esitetty kuvassa 4.



Kuva 4. Rikkipesurin laite- ja asennuskustannukset (olemassa olevat alukset)

Uusien alusten osalta laitekustannukset ovat samaa suuruusluokkaa, mutta asennuskustannukset ovat pienemmät, koska olemassa olevia rakenteita ja järjestelmiä ei tarvitse purkaa tai muuttaa.

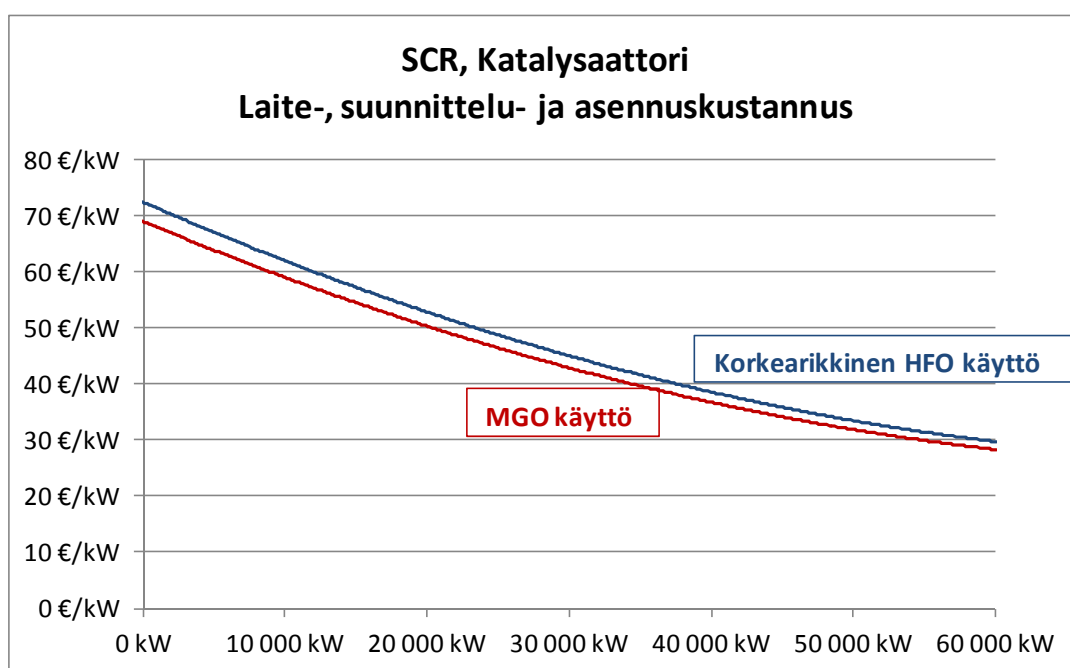
Muut kustannukset kuten suunnittelu-, luokitus-, valvonta-, off-hire ym. kustannukset on huomioitu alustyyppi- ja kokokohtaisesti.

Lipeän hintana on käytetty 300 €/m³.

7.4.4 **MARPOL-yleissopimuksen uudistetun VI liitteen (typpipäästöt) lähtöarvot**

Laskennassa käytetyt katalysaattorin kustannukset uudisrakennukselle MGO käytössä on esitetty kuvassa 5.

HFO käytössä on käytetty 5 % suurempaa lukua johtuen suuremmasta katalysaattorista ja noen puhalluslaitteistosta.



Kuva 5. Katalysaattorin suunnittelu-, laite- ja asennuskustannukset konetehon funktiona (uudisrakennukset)

Laitetoimittajan ilmoittama urean kulutus on n. 15 l/MWh ja urean hintahaarukka 300 – 600 €/m³. Ureasta johtuva kustannus on tällöin 4,5–9,0 €/MWh. Laskelmissa on käytetty 6,75 €/MWh. MGO käytössä typpioksideja muodostuu 10–15 % vähemmän ja urean kulutus pienenee vastaavasti joten ureasta johtuvana kustannuksena on käytetty 5,74 €/MWh.

7.4.5 **MARPOL-yleissopimuksen VI liitteen uuden 4 luvun (energiatehokkuus, EEDI) lähtöarvot**

Konetehon muutos vaikuttaa pääkoneeseen, sen oheislaitteisiin sekä propulsiolinjaan (vaihteisto, potkuriakseli, potkuri). Kustannuksina on käytetty 400,- €/kW.

EEDI:stä johtuvien suunnittelun ja rakentamisen lisäkustannusten on oletettu olevan 5 % laivan hinnasta.

Uuden aluksen hinnan laskennan pohjana on käytetty seuraavia tunnuslukuja:

1 Irtolastialus	1100 €/GT
2 Öljysäiliöalus	2000 €/GT
3 Konttialus	1700 €/GT
4 Kappaletavara-alus	2000 €/GT
5a RoRo-alus	1800 €/GT
5b Ajoneuvojenkuljetus-alus	1200 €/GT
6 Matkustaja-autolautta	4000 €/GT

7.4.6 Painolastivesiyleissopimuksen lähtöarvot

Lähtöarvona kustannuslaskennassa on käytetty kuvassa 6 esitettyä painolastivedenkäsittelylaitteiston laitehintaa käsittelykapasiteetin funktiona. Tiedot perustuvat eri valmistajilta saatuun informaatioon selvityksessä käytetystä teknologiaratkaisusta ja sitä voidaan soveltaa kapasiteetiltaan 300–5000 m³/h laitteistoihin.



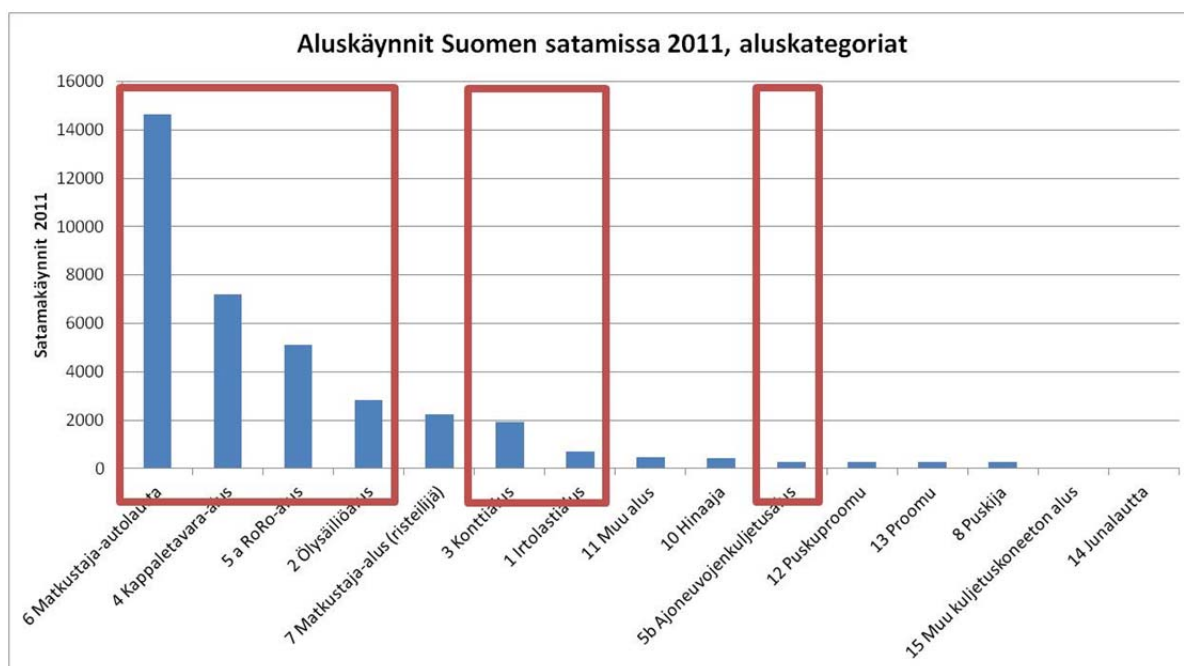
Kuva 6. Painolastiveden käsittelylaitteiston laitehintaa käsittelykapasiteetin funktiona.

8 Suomeen suuntautuva meriliikenne

8.1 Satamakäynnit alustyypeittäin

Perustana on käytetty Trafilta saatua aineistoa kaikista aluskäynneistä Suomen satamissa vuonna 2011. Aluskäynnit on rekisteröity kaikille aluksille, joilla on IMO -numero. Satamat käsittävät sekä rannikon että sisävesien satamia.

Satamakäyntejä on rekisteröity yhteensä 36.603 kappaletta. Käynnit jakautuvat alustyyppin mukaan seuraavasti (kuva 7):



Kuva 7. Aluskäynnit Suomen satamissa vuonna 2011 alustyypeittäin (lähde: Trafi)

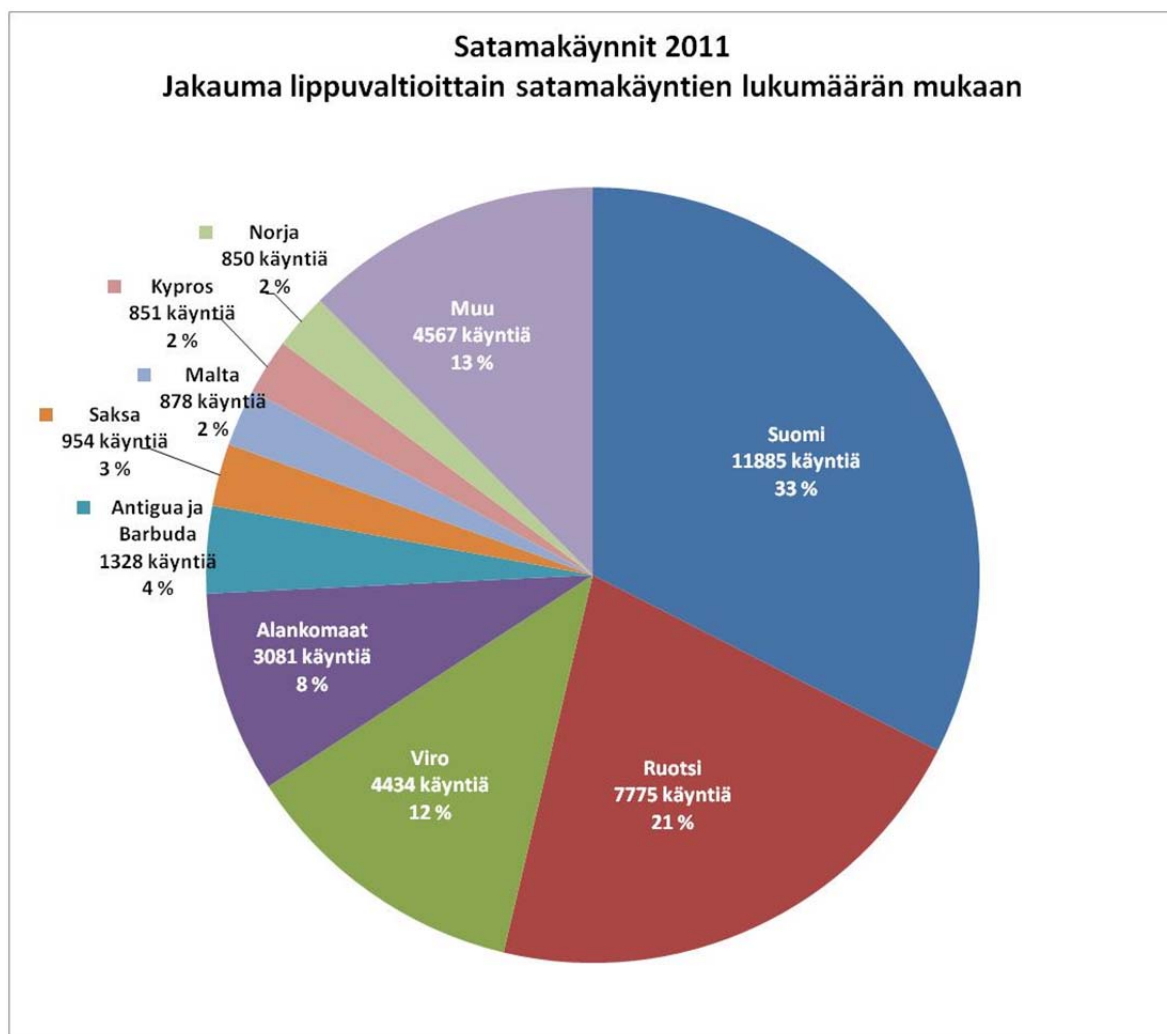
Tässä selvityksessä on analysoitu ryhmiä 1- 6, jotka edustavat 90 % aluskäynneistä. Ryhmä ”Matkustaja-alukset” (risteilijät) on liikenteen erityisluonteesta johtuen jätetty pois tarkastelusta, samoin muut pienet ryhmät, jotka pääasiallisesti käyttävät vähärikkistä polttoainetta.

1. irtolastialus (kuiva bulk)
2. öljysäiliöalus (kaasu-, kemikaali-, säiliö- ja öljysäiliöalus)
3. konttialus (konttialus)
4. kappaletavara-alus (kuivalastialus)
5. roro-alus (5a roro, 5b ajoneuvojenkuljetusalus)
6. matkustaja-autolautta

8.2 Satamakäynnit alusten lippuvaltioiden mukaan

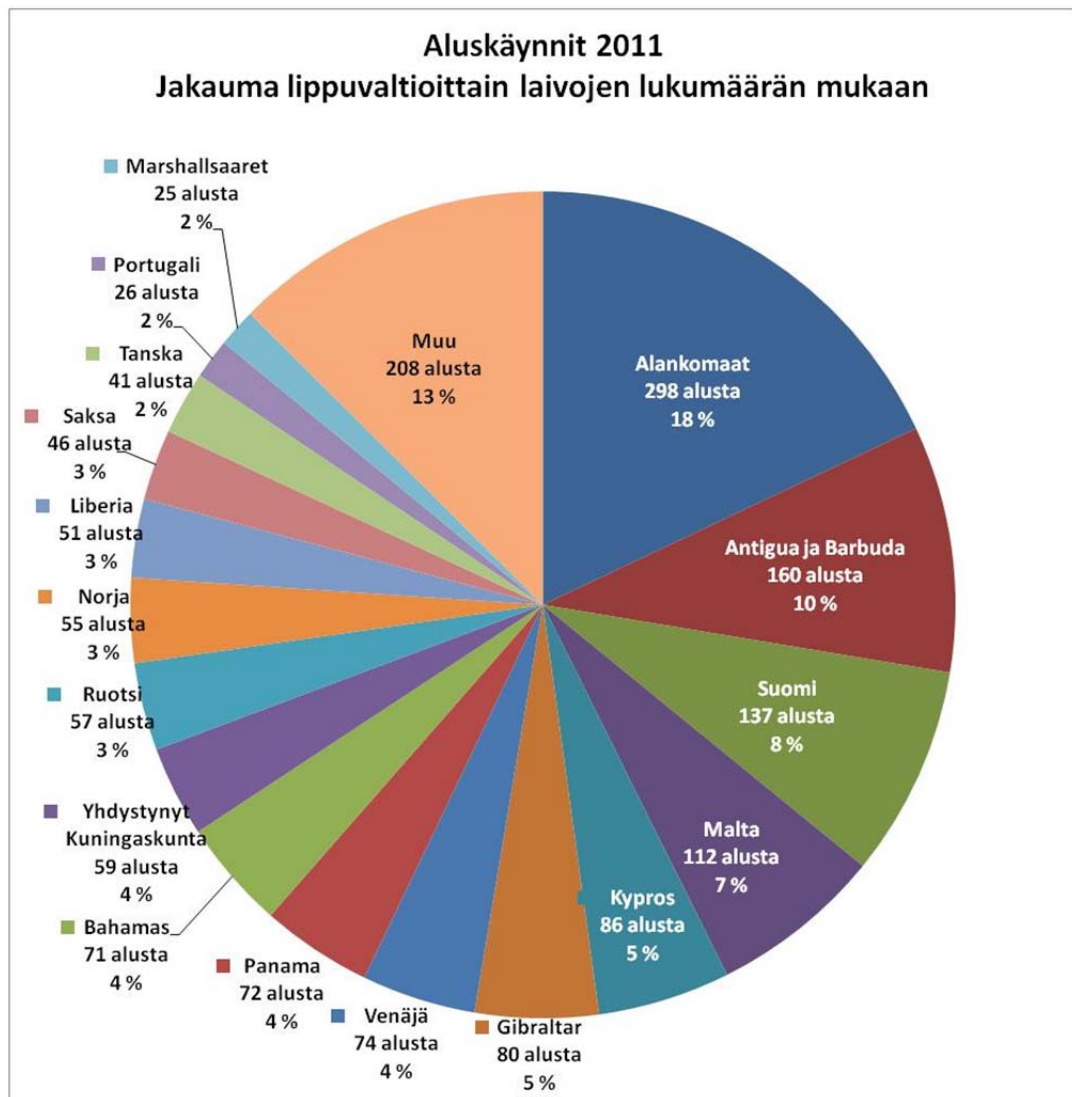
Eri alusten käyntejä on rekisteröity Suomen satamissa yhteensä 1658 kpl. Kyseiset alukset purjehtivat 53:n eri maan lipun alla.

Satamakäynnit jakautuvat lippuvaltioittain satamakäyntien lukumäärän mukaan kuvan 8 osoittamalla tavalla.



Kuva 8. Jakauma lippuvaltioittain satamakäyntien lukumäärän mukaan

Jako alusten lukumäärän mukaan osoittaa kuitenkin paremmin, miten alukset jakautuvat lippuvaltioittain, ks. kuva 9.

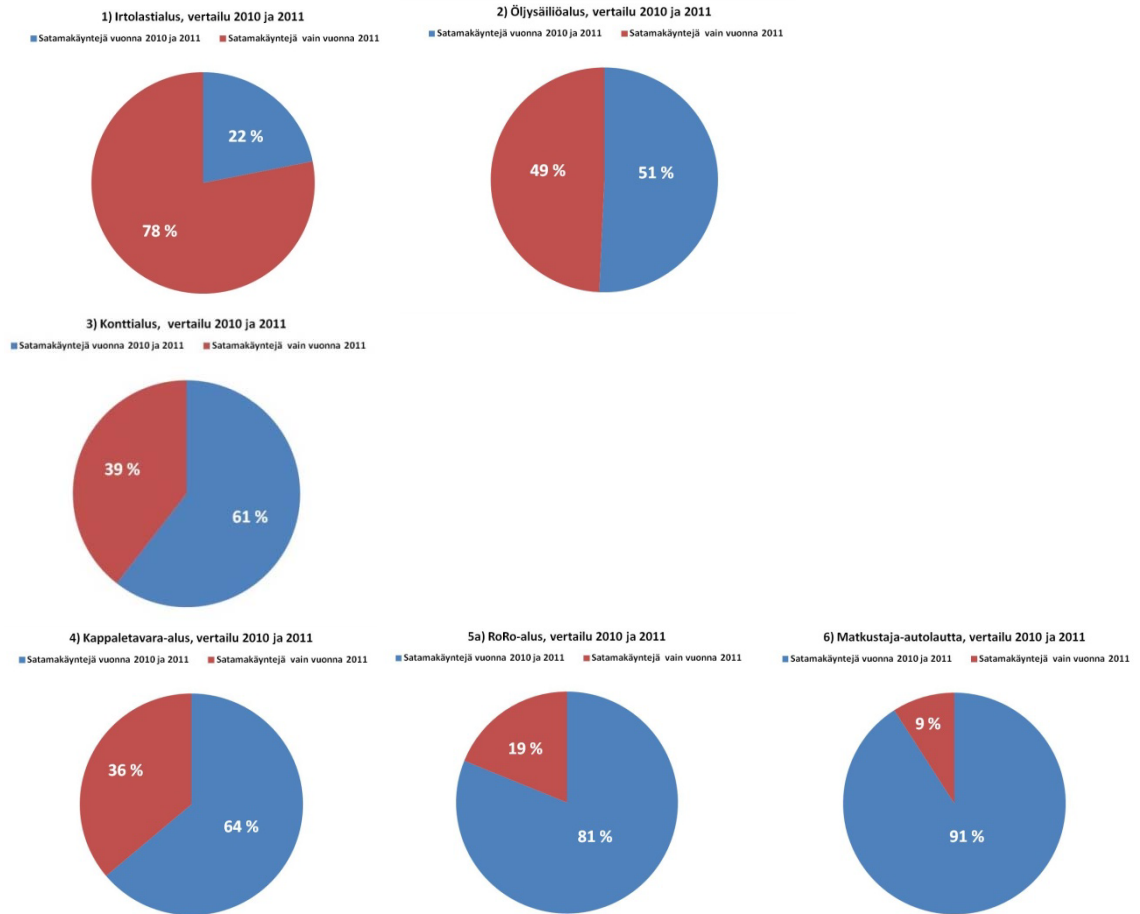


Kuva 9. Jakauma lippuvaltioittain laivojen lukumäärän mukaan (Trafín lähtötietojen mukaan)

8.3 Satamakäynnit aluksittain

Vaihtuvuus ja aluskohtainen aktiviteetti

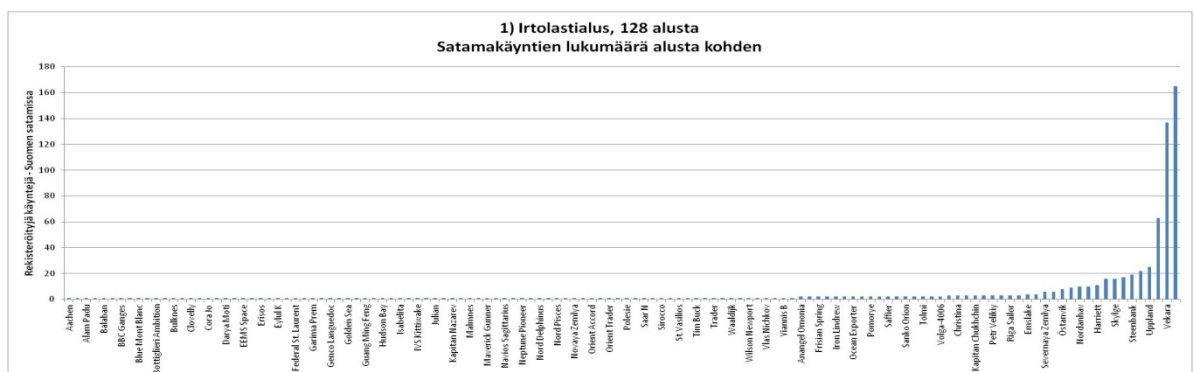
Alukset, jotka käyvät Suomen satamissa, vaihtuvat aika laajalti vuosittain kuten kuva 10 osoittaa. Tämä koskee varsinkin irtolasti-, öljysäiliö-, kontti- ja kappaletavara-aluksia. Vaihtuvuutta ei ole huomioitu kustannuslaskennassa. Tässä selvityksessä käytetyissä skenaarioissa on oletettu, että laivojen aktiviteetit ja jakauma tulevat pysymään samana läpi tarkastelujakson.



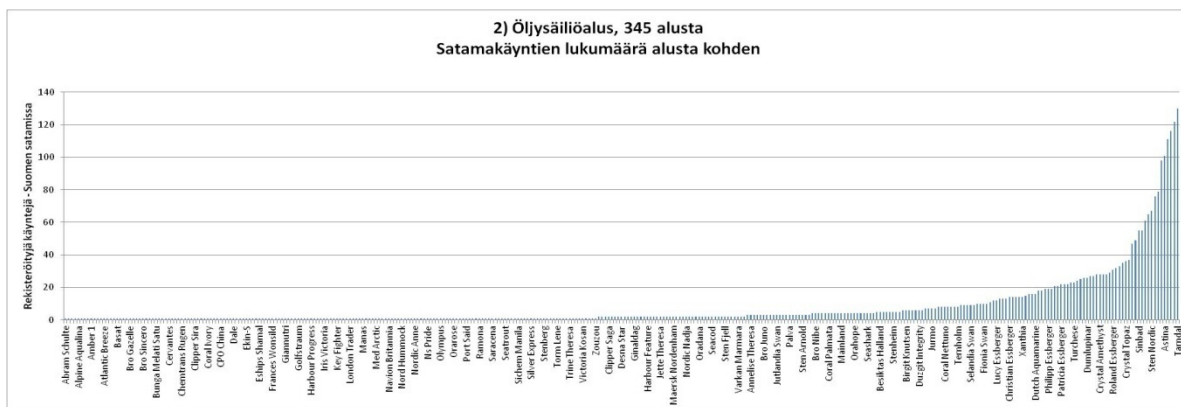
Kuva 10. Aluskäyntivertailu 2010 / 2011

Suuri osa aluksista käy Suomessa vain yhden tai muutaman kerran vuodessa ja näiden laivojen osuutta Suomeen kohdistuvista kustannuksista on vaikea arvioida. Tästä syystä on lähdetty siitä, että paras tapa laskea Suomen osuus kustannuksista on lähestyä asiaa allokoidun polttoainekulutuksen kautta.

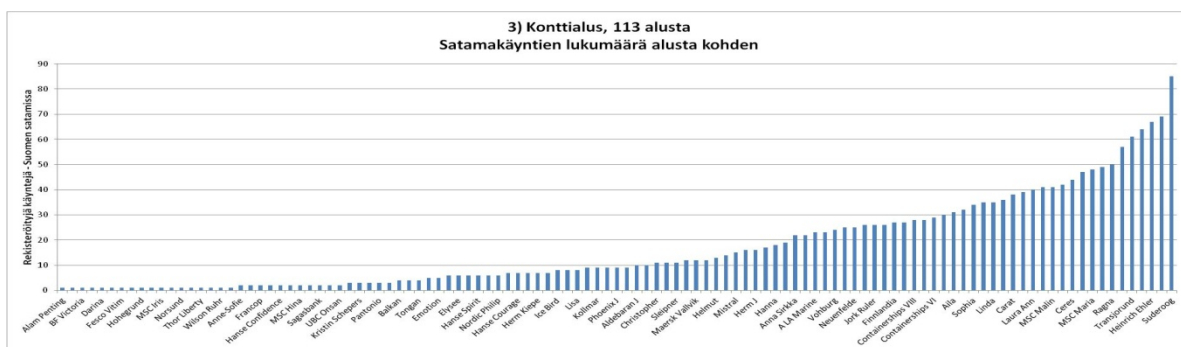
Kuvissa 11a–11 g on esitetty aluskäyntien lukumäärä aluskohtaisesti. Alusten suuresta lukumäärästä johtuen osa alusten nimistä on jätetty tulostamatta.



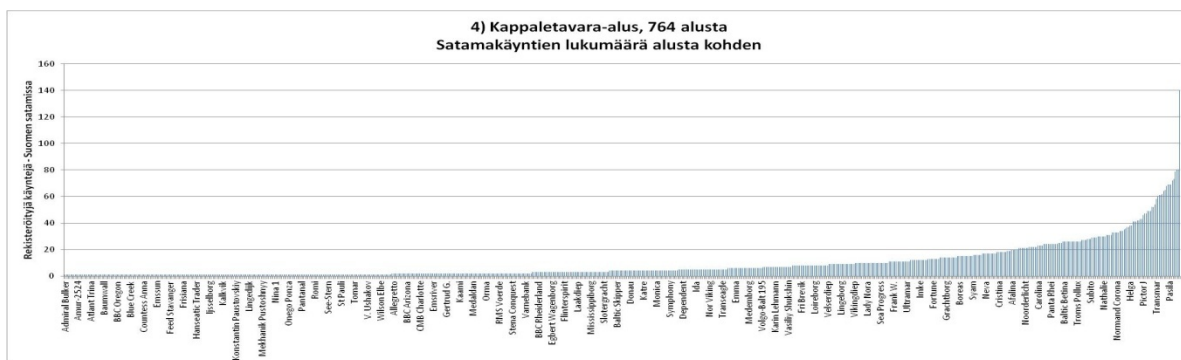
Kuva 11 a. Irtolastialukset, satamakäynnit 2011



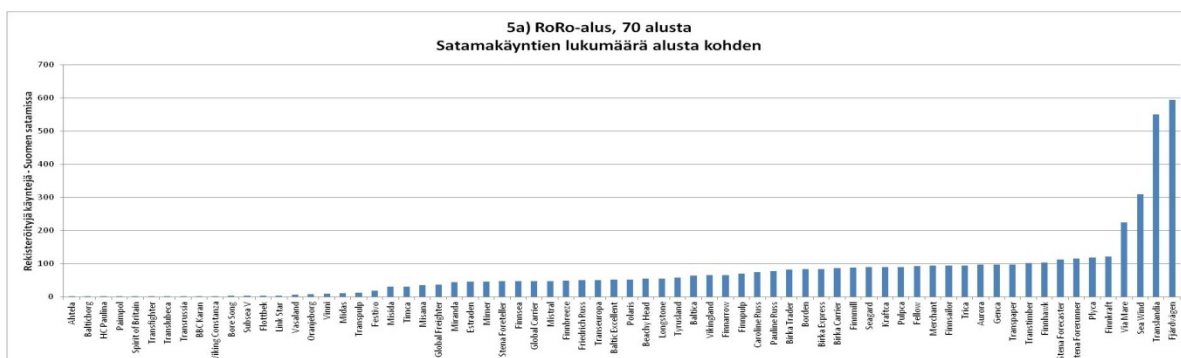
Kuva 11 b. Öljysäiliöalukset, satamakäynnit 2011



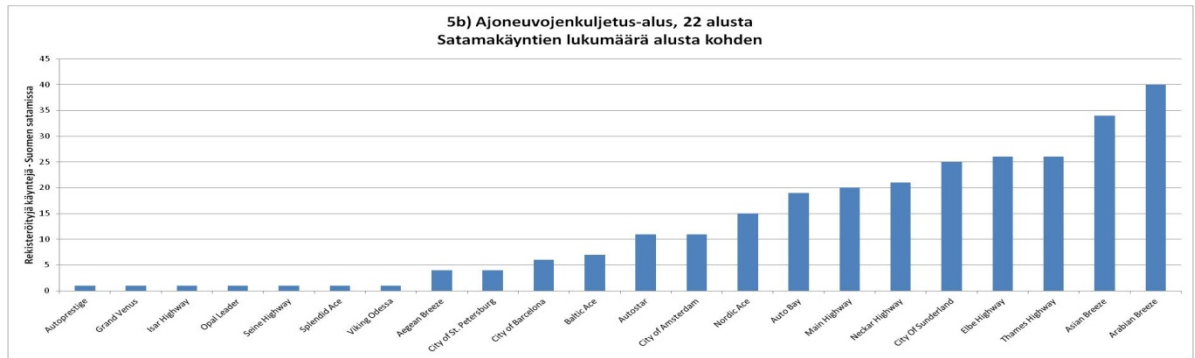
Kuva 11 c. Konttialukset, satamakäynnit 2011



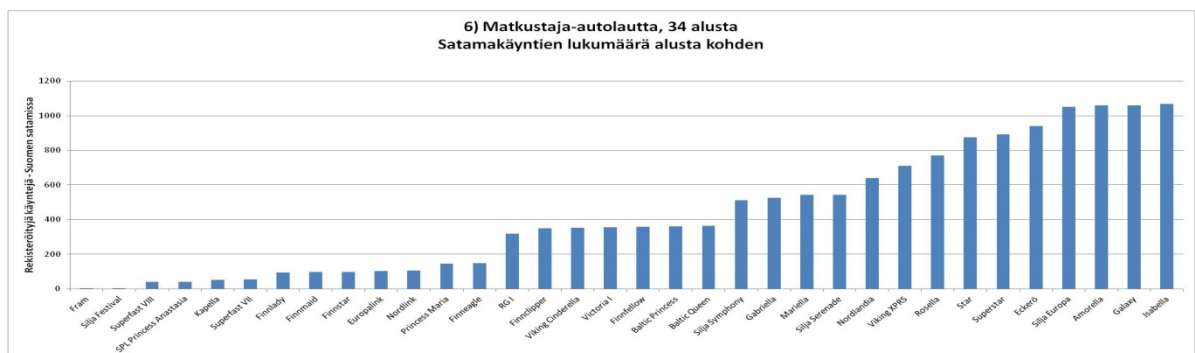
Kuva 11 d. Kappaletavara-alukset, satamakäynnit 2011



Kuva 11 e. RoRo-alukset, satamakäynnit 2011



Kuva 11 f. Autojenkuljetusalukset, satamakäynnit 2011



Kuva 11 g. Matkustaja-autolautat, satamakäynnit 2011

8.4 Kokoluokat

Alukset on jaettu kokoluokkiin laskentaa varten. Kokoa kuvaava suure on kuollut paino (DWT) paitsi matkustaja-autolautoille ja matkustaja-aluksille, joille bruttorekisteritonni (GT) on kuvaavampi. Taulukossa 2 on esitetty alustyyppit ja kokoluokat.

Taulukko 2. Laskennassa käytetyt laivatyyppit ja kokoluokat

Nr.	Tyyppi	Luokka	DWT	GT	Teho kW (keski)
1	Irtolastialus	I Pieni	0 -15 000		2898
		II Keski	15 000 - 50 000		8085
		III Suuri	50 000 - 90 000		9847
		IV Erittäin suuri	90 000 -		13491
2	Öljysäiliöalus	I Pieni	0 -10 000		3411
		II Keski	10 000 - 20 000		6077
		III Suuri	20 000 - 55 000		9555
		IV Erittäin suuri	55 000 -		16373
3	Konttialus	I Pieni	0 - 10 000		5918
		II Keski	10 000 -15 000		8962
		III Suuri	15 000 - 30 000		13299
		IV Erittäin suuri	30 000 -		11930
4	Kappaletavara-alus	I Pieni	0 - 5 000		1767
		II Keski	5 000 -10 000		3566
		III Suuri	10 000 - 25 000		7325
		IV Erittäin suuri	25 000 -		9909
5a	RoRo-alus	I Pieni	0 - 5 000		6569
		II Keski	5 000 -10 000		9718
		III Suuri	10 000 -		17283
5b	Ajoneuvojenkuljetus-alus	I Pieni	0 - 5 000		6174
		II Keski	5 000 - 10 000		11019
		III Suuri	10 000 -		10675
6	Matkustaja-autolautta	I Pieni		0 - 25 000	13487
		II Keski		25 000 - 40 000	31287
		III Suuri		40 000 - 50 000	36950
		IV Erittäin suuri		50 000 -	32192
7	Matkustaja-alus	I Pieni		0 -10 000	4300
		II Keski		10 000 - 25 000	11773
		III Suuri		25 000 - 50 000	19215
		IV Erittäin suuri		50 000 -	50784

8.5 Polttoainekulutus

Trafín kautta on selvitystä varten ollut käytettävissä IL:n meriliikenteen vuoden 2011 tilastotiedon pohjalta tekemä laskelma polttoainekulutuksesta Suomeen suuntautuvalla liikenteelle sekä koko Itämeren liikenteelle (Taulukko 3). IL:n lasketut kulutustiedot käsittävät alusten polttoainekulutuksen koko Itämeren alueelta. On selvä, että koko tätä kulutusta ei voida kohdistaa Suomeen suuntautuvaan liikenteeseen. Kuitenkin moni alus liikkuu myös Itämeren alueen ulkopuolella (Pohjanmeri, Englannin kanaali), jolloin todellinen kulutus on laskettuja arvoja suurempi. Näin ollen näillä, toisaalta liian suurilla – toisaalta liian pienillä, kulutusarvoilla on toisiaan osittain kompensoiva vaikutus.

Ilmatieteen laitoksen kulutustiedot on kerätty yhdistämällä automaattisen tunnistusjärjestelmän (AIS) lähettämät aluskohtaiset paikkaraportit yksityiskohtaiseen tekniseen tietoon jokaisesta Itämerellä liikkuvasta aluksesta.

Merima (MERIMA - Suomen kansainvälisen meriliikenteen päästöt -tietokonemalli Tulosraportti 2005–2009, Ilkka Salanne, Kari Mäkelä, Pekka Saarto, Marko Tikkanen) raportissa polttoainekulutus on laskettu kuljetussuorituksen mukaan. Tässä Suomeen kohdistuvan liikenteen polttoainekulutus on vaihdellut vuosina 2005–2009 noin 1,49 miljoonasta tonnista noin 1,94 miljoonaan tonniin, mikä on tasolla, joka suhteellisen hyvin vastaa tässä selvityksessä käytettyä lukua 2,05 miljoonaa tonnia.

Taulukko 3. Polttoainekulutus alustyypeittäin ja kokoluokittain

Nr.	Tyyppi	Luokka	Lukumäärä (Suomeen kohdistuva liikenne)	Polttoaineenkulutus (tonnia/vuosi) Suomeen kohdistuva liikenne	Polttoaineenkulutus (tonnia/vuosi) Koko Itämeri
1	Irtolastialus	Pieni	40	32 491	37 180
		Keski	36	34 527	163 355
		Suuri	41	12 108	104 148
		Erittäin suuri	11	3 354	23 356
2	Öljysäiliöalus	Pieni	156	105 469	179 483
		Keski	103	126 875	187 275
		Suuri	64	51 094	214 818
		Erittäin suuri	22	29 990	294 472
3	Konttialus	Pieni	39	64 874	141 530
		Keski	40	119 309	171 468
		Suuri	33	132 879	183 188
		Erittäin suuri	1	1 003	95 073
4	Kappaletavara-alus	Pieni	415	252 439	467 136
		Keski	241	192 435	260 893
		Suuri	99	59 336	93 979
		Erittäin suuri	14	2 980	10 901
5a	RoRo-alus	Pieni	10	26 550	23 461
		Keski	11	39 625	134 960
		Suuri	47	321 065	263 827
5b	Ajoneuvojenkuljetus-alus	Pieni	9	13 237	20 756
		Keski	7	17 701	23 298
		Suuri	7	7 108	12 154
6	Matkustaja-autolautta	Pieni	7	38 201	426 580
		Keski	14	142 180	403 833
		Suuri	8	143 228	214 912
		Erittäin suuri	5	76 186	81 201
7	Matkustaja-alus	Pieni	13	11 172	47 034
		Keski	15	16 429	15 677
		Suuri	19	21 043	23 427
		Erittäin suuri	23	73 202	99 052
8	Puskija	Kaikki	2	8 277	195 510
9	Jäänmurtaja	Kaikki	10		77 025
10	Hinaaja	Kaikki	44		
11	Muu alus	Kaikki	36		1 396 141
	YHTEENSÄ		1642	2 176 365	6 087 103
	Selvityksessä käytetty ryhmät 1-6		1480	2 046 243	4 233 237

Suomeen kohdistuvaan liikenteeseen sisältyy linjaliikenteessä (esimerkiksi Suomi–Saksa) olevien alusten koko polttoainekulutus, vaikka Saksa voisi omia tämän liikenteen vastavassa selvityksessä. Tämä lähestymistapa voi johtaa kustannusten osittaiseen yliarvioimiseen.

9 Meriliikenne Itämerellä

Koko Itämeren liikenteestä tässä selvityksessä ei ole ollut saatavilla yksityiskohtaista tietoa alueella operoivista aluksista, vaan kustannuslaskenta on tehty Ilmatieteen laitokselta saatujen polttoainekulutustietojen pohjalta vastaaville alustyypeille (Taulukko 3).

Ilmatieteen laitoksen ilmoittama polttoaineen kulutuksen kokonaismäärä kaikille alustyypeille Itämereen liikenteessä on 6 087 103 tonnia, mutta tämä luku sisältää myös muita alustyyppisiä. Laskelmissa on käytetty taulukossa esitettyjä lukuja valituille alustyypeille, joille kokonaiskulutus Itämerellä on 4 233 000 tonnia.

10 Tulokset

Tässä luvussa on esitetty kustannuslaskennan tulokset seuraavasti:

- Sääntökohtaiset kustannukset alustyypeittäin ja kokoluokittain olemassa oleville aluksille sekä uudisrakennuksille. Lisäkustannukset kustannuslajeittain on esitetty olemassa oleville aluksille.
- Suomeen suuntautuvaan liikenteeseen kohdistetut vuosittaiset kustannukset kokonaiskustannuksina sekä sääntökohtaisesti vuoden 2011 meriliikennetilaston mukaiselle aluskannalle.
- Itämeren liikenteeseen kohdistetut kustannukset kokonaiskustannuksina sekä sääntökohtaisesti vuoden 2011 meriliikennetilaston mukaisille alustyypeille.

Kaikki tulokset on esitetty kahdelle polttoainevaihtoehdolle eli MGO:lle ja HFO:lle yhdistettynä rikkipesuriin.

Todettakoon että esitetyt tulokset ovat keskiarvoja joka alustyyppille ja koolle. Varsinkin olemassa olevien alusten kohdalla voi yksilökohtaisesti esiintyä melko suuria poikkeamia esitetyistä luvuista.

Todettakoon myös tuloksissa esiintyvä epä johdonmukaisuus kontti-, autojenkuljetus- ja autotatkustaja-autolauttojen kohdalla, missä suurimmalle kokoluokalle esitetyt alusten arvot ovat pienemmät kuin edelliselle kokoluokalle. Tämä johtuu siitä että näiden ryhmien alusten keskiteho sattuu tilastojen mukaan olemaan alhaisempi ja teholla on suuri vaikutus rikkipesurin kustannuksiin.

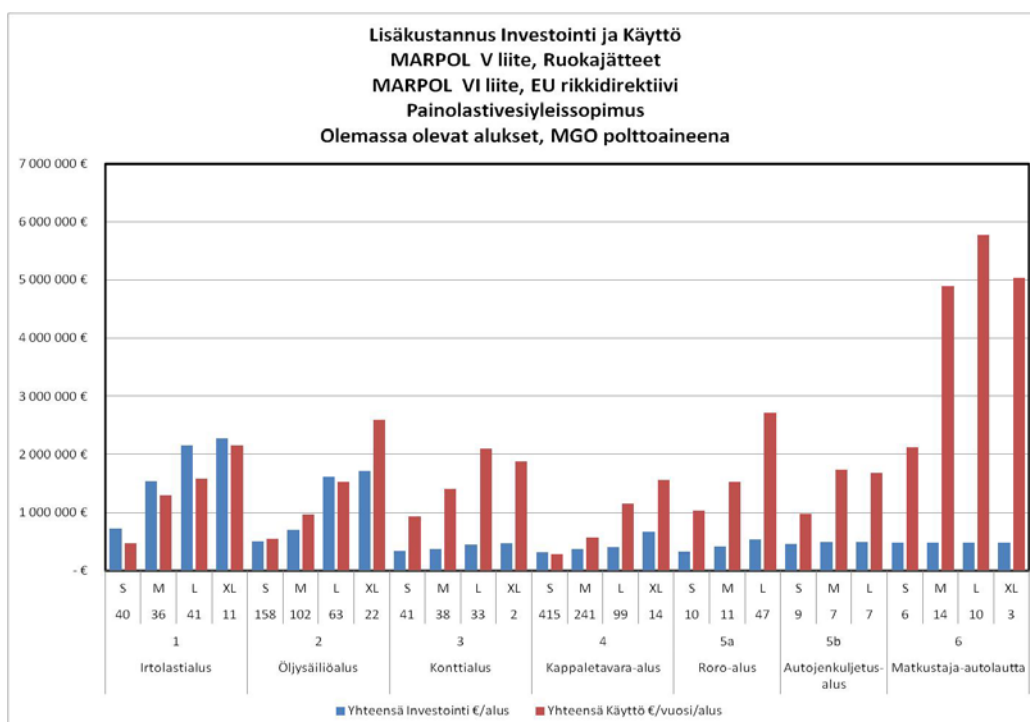
Painolastivesiyleissopimuksen osalta on oletettu että se astuu kansainvälisesti voimaan vuoden 2015 aikana. Mikäli voimaan astuminen edelleen viivästyy, siirtyy täytäntöönpano vastaavasti. Tällainen siirtymä vaikuttaisi tämän luvun kuvissa esitettyihin tuloksiin siten että painolastivesiyleissopimuksen aiheuttamat kustannukset siirtyvät aika-akselilla vastaavasti (kuvat 36, 41 42, 47 ja 48). IMO:n yleiskokouksessa marraskuussa 2013 todennäköisesti hyväksyttävää B-3 säännön joustavaa implementointia ei ole myöskään huomioitu.

10.1 Sääntökohtaiset kustannukset alustyypeittäin ja kokoluokittain

10.1.1 Olemassa olevat alukset

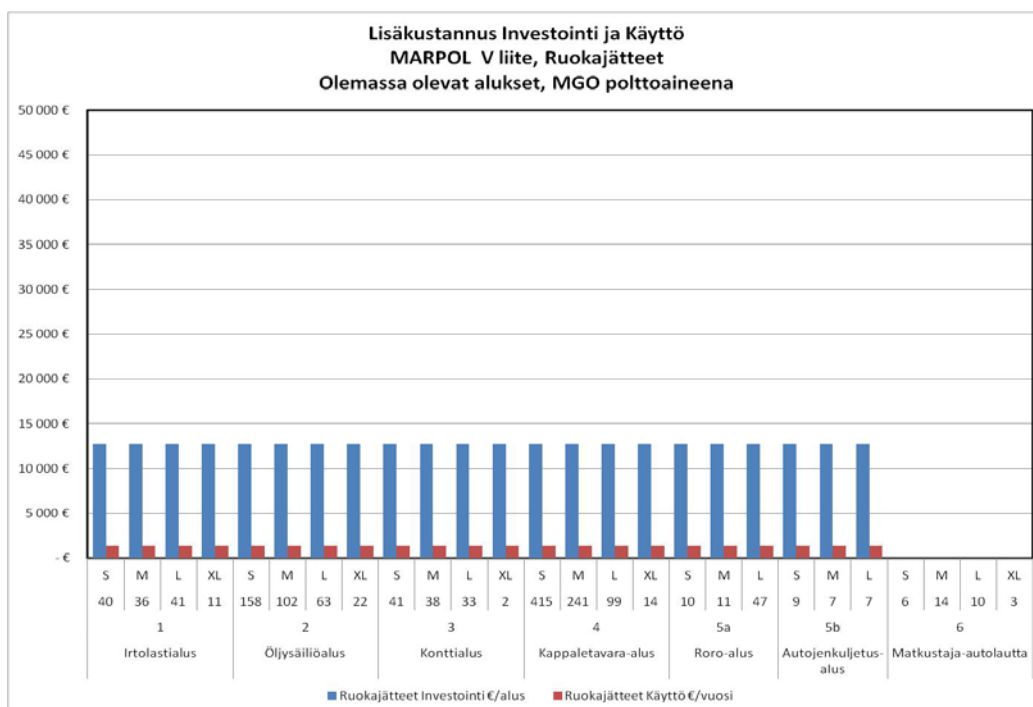
10.1.1.1 Olemassa olevat alukset, MGO polttoaineena

Kuva 12 esittää uusien ympäristömääräysten aiheuttamat lisäkustannukset investointeina ja vuosittaisina käyttökustannuksina eri alustyypeille ja kokoluokille, kun polttoaineena on MGO. Tuloksista nähdään selvästi kalliin polttoaineen merkitys suurina vuosittaisina lisäkäyttökustannuksina verrattuna investointeihin. Irtolastialuksissa ja säiliöaluksissa korostuvat kuitenkin myös painolastiveden käsittelylaitteiston aiheuttamat korkeat investointikustannukset.

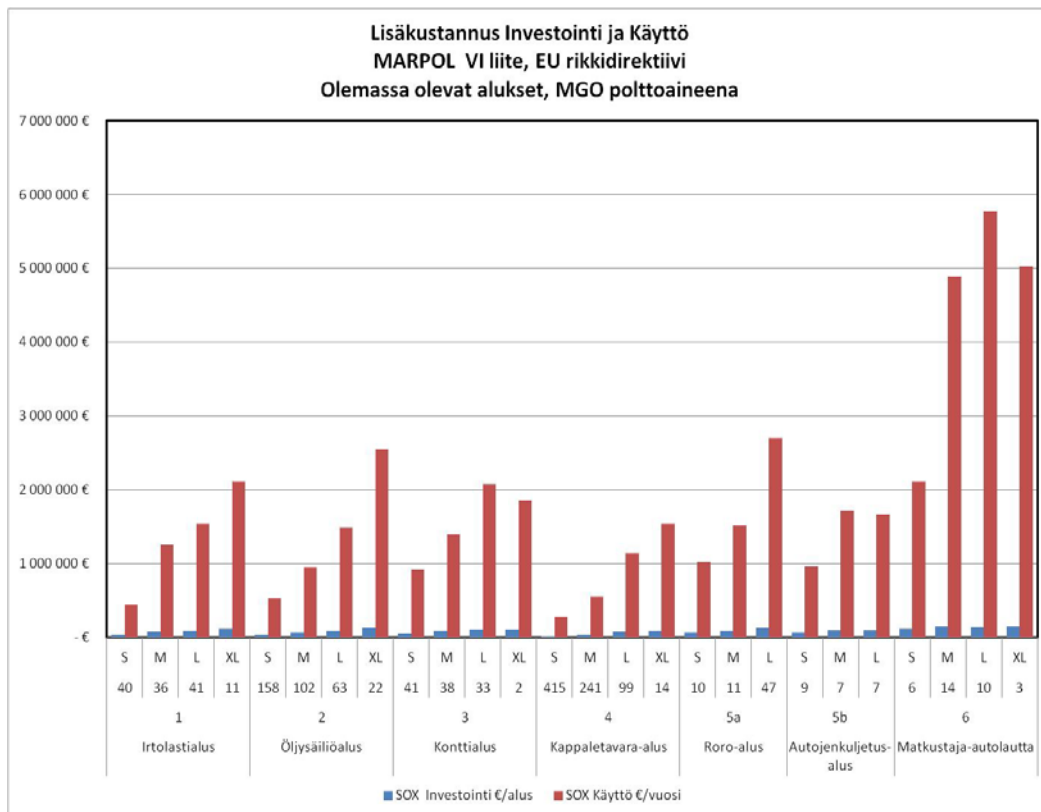


Kuva 12. Uusien ympäristösäätöjen aiheuttamat lisäkustannukset olemassa oleville aluksille polttoaineena MGO. Laskelmissa on oletettu että Marpol Liite IV (jätevedet) ei aiheuta merkittäviä muutoksia matkustaja-autolautoissa nykykäytäntöön verrattuna. Luvut alus-kokoluokkien alla esittävät meriliikennetilaston mukaisen aluslukumäärän jokaiselle alus-tyypille.

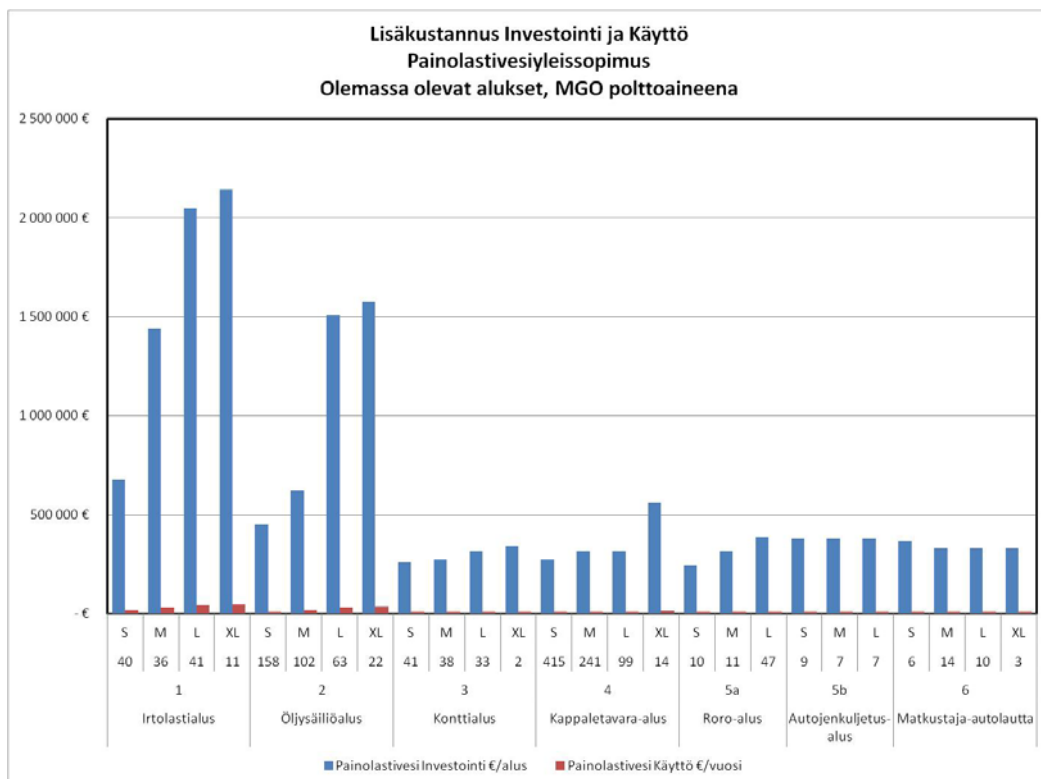
Kuvat 13–15 esittävät vastaavat kustannukset sääntökohtaisesti.



Kuva 13. MARPOL-yleissopimuksen uudistetun V liitteen (ruokajätteet) aiheuttamat lisäkustannukset, oletuksena että rahtialuksiin asennetaan rouhintalaite. Matkustaja-autolautojen oletetaan jo nyt täyttävän vaatimukset.

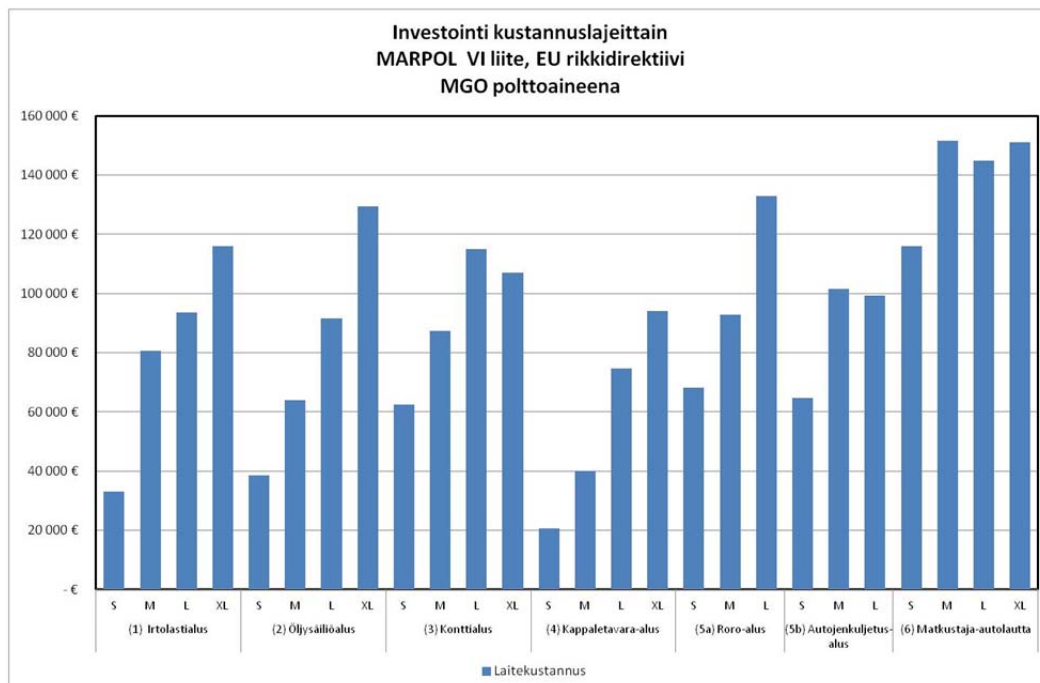


Kuva 14. MARPOL-yleissopimuksen uudistetun VI liitteen ja EU:n uuden rikkidirektiivin aiheuttamat lisäkustannukset.

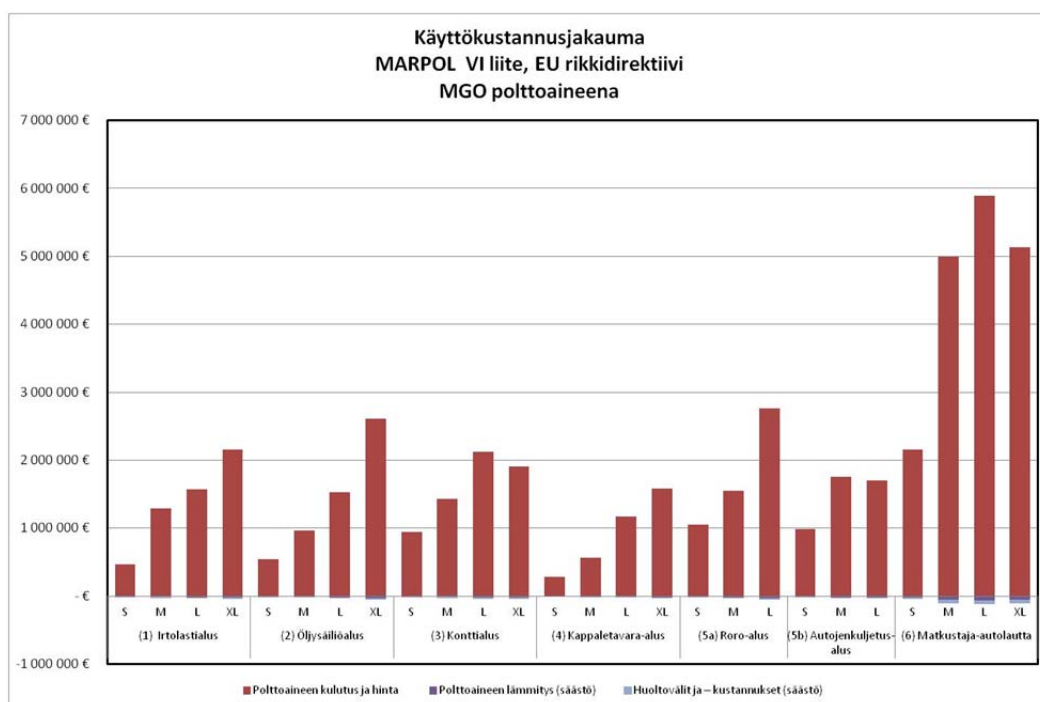


Kuva 15. Painolastivesiyleissopimuksen aiheuttamat lisäkustannukset oletuksena että jokaiseen alukseen asennetaan painolastiveden käsittelylaitos.

Kuvat 16–17 esittävät vielä erikseen MARPOL VI liitteen (EU:n rikkidirektiivin) aiheuttamat lisäkustannukset investointeina sekä vuosittaisina käyttökustannuksina. Kustannusten suuruusluokkaeron takia on kuvissa käytetty eri asteikkoja euromäärille.



Kuva 16. EU:n rikkidirektiivin aiheuttamat lisäkustannukset (laitekustannukset).

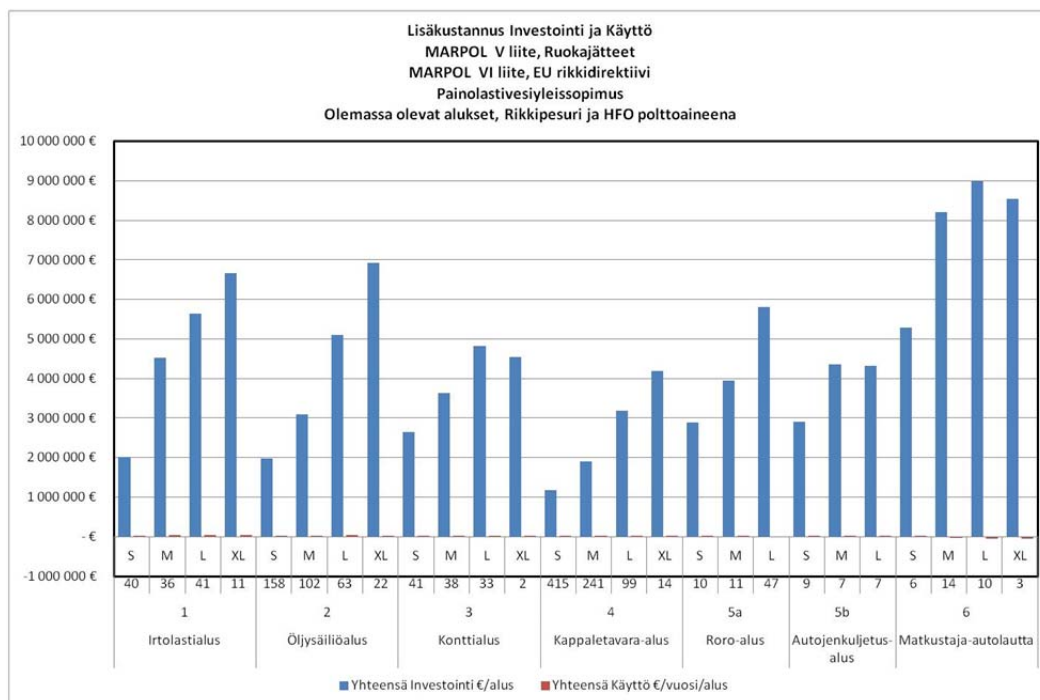


Kuva 17. EU:n rikkidirektiivin aiheuttamat lisäkustannukset (käyttökustannukset).

Yhteenvedo sääntö- ja alustyyppikohtaisista lisäkustannuksista olemassa oleville aluksille MGO polttoaineena on esitetty taulukkomuodossa liitteessä 2A.

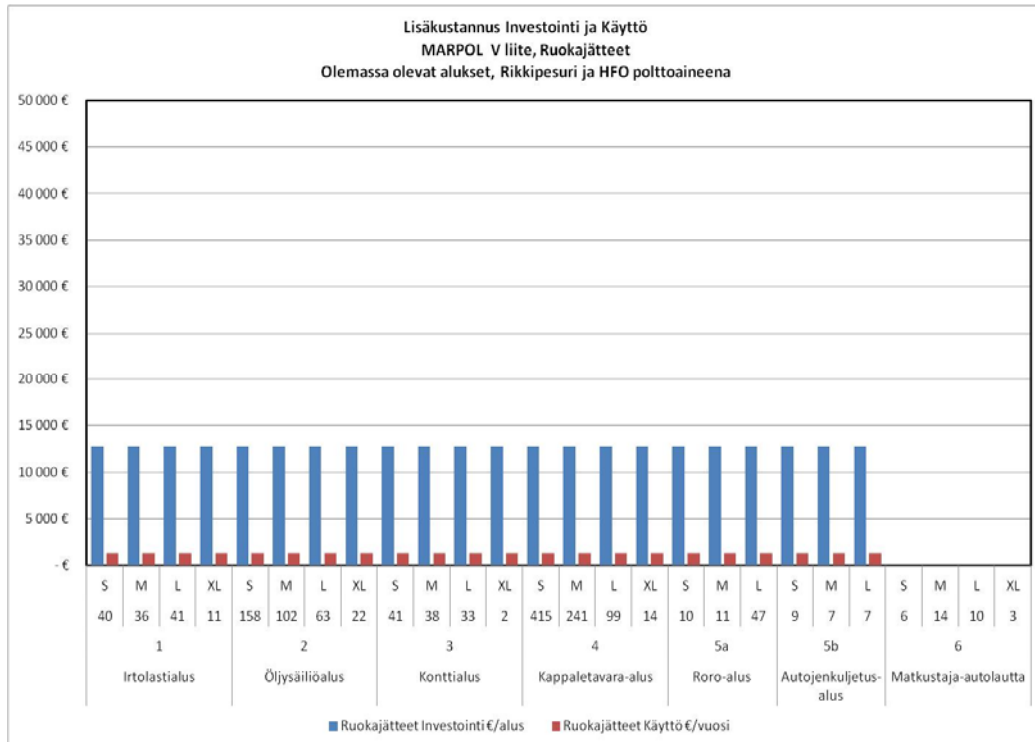
10.1.1.2 Olemassa olevat alukset, HFO polttoaineena yhdistettynä rikkipesuriin

Kuva 18 esittää uusien ympäristömääräysten aiheuttamat lisäkustannukset investointeina ja vuosittaisina käyttökustannuksina eri alustyypeille ja kokoluokille, kun polttoaineena on HFO yhdistettynä rikkipesuriin. Tuloksista nähdään selvästi pääasiassa MARPOL–yleissopimuksen VI liitteen ja EU:n rikkidirektiivin aiheuttamat suuret investointikustannukset. Irtolastialuksissa ja säiliöaluksissa korostuvat polttoaineesta riippumatta kuitenkin myös painolastiveden käsittelylaitteiston aiheuttamat korkeat investointikustannukset. Käyttökustannuksissa ilmenee myöskin matkustaja- autolauttojen ja suurten roro- sekä konttialusten kohdalla pieniä säästöjä johtuen halvemmasta polttoaineesta vertailutasoon verrattuna. Muiden alustyyppien ja -kokoluokkien kohdalla muiden sääntöjen aiheuttamat lisäkäyttökustannukset kumoavat halvemmasta polttoaineesta aiheutuvat säästöt.

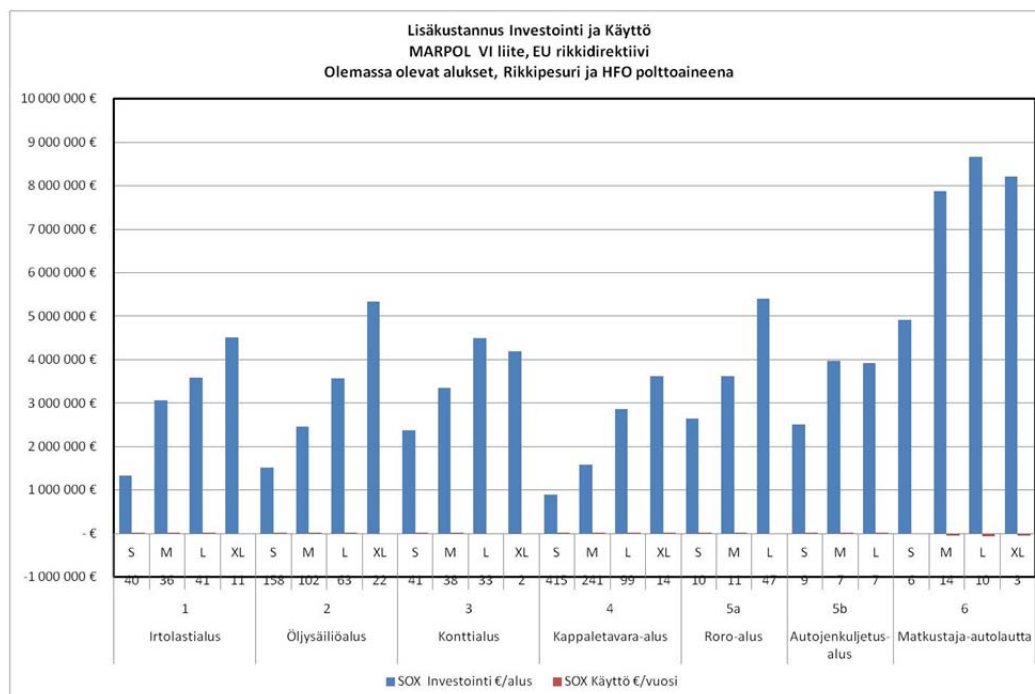


Kuva 18. Uusien ympäristömääräysten aiheuttamat lisäkustannukset olemassa oleville aluksille polttoaineena HFO yhdistettynä rikkipesuriin. Laskelmissa on oletettu että Marpol Liite IV (jätevedet) ei aiheuta merkittäviä muutoksia matkustaja-autolautoissa nykykäyttöön verrattuna. Luvut aluskokoluokkien alla esittävät meriliikennetilaston mukaisen aluslukumäärän jokaiselle alustyyppille.

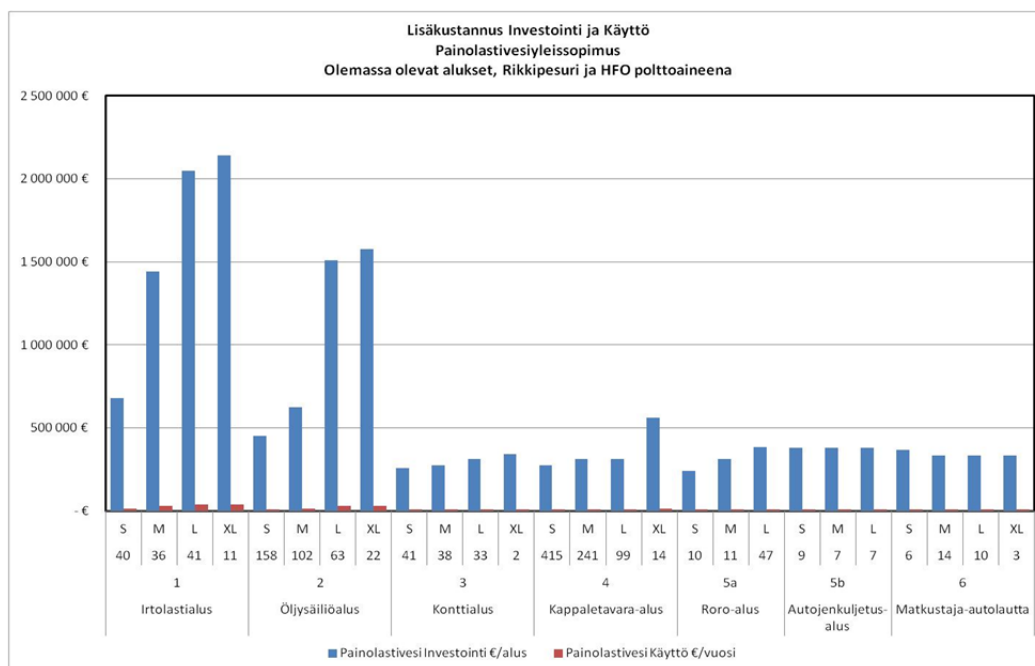
Kuvissa 19–21 esitetään vastaavat kustannukset sääntökohtaisesti



Kuva 19. MARPOL-yleissopimuksen uudistetun V liitteen (ruokajätteet) aiheuttamat lisäkustannukset oletuksena että rahtialuksiin asennetaan rouhintalaite. Matkustaja-autolauttojen oletetaan jo nyt täyttävän vaatimukset.

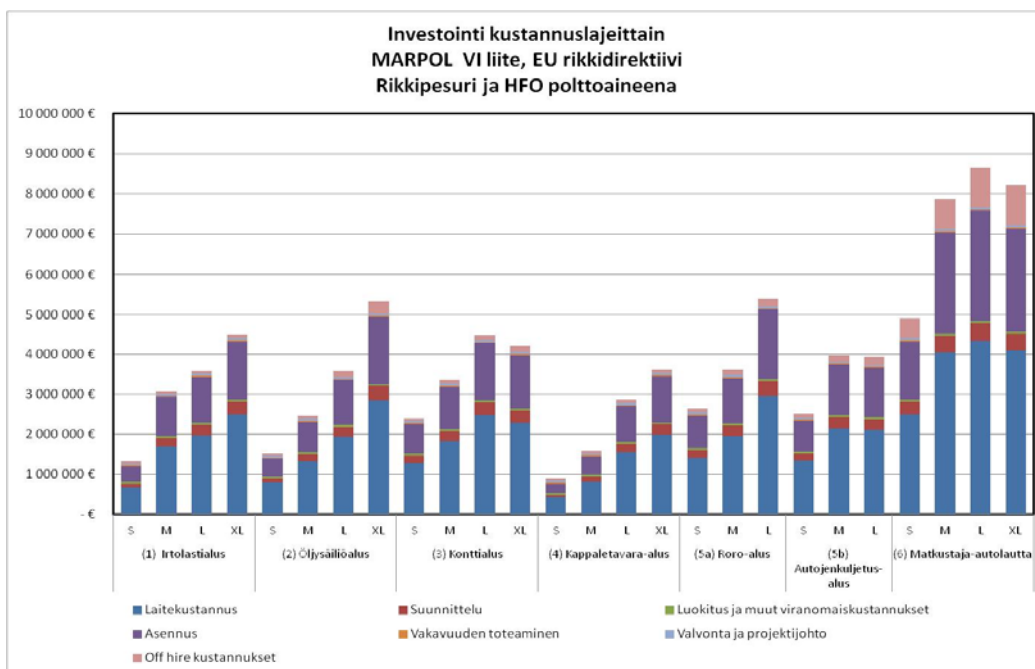


Kuva 20. MARPOL-yleissopimuksen uudistetun VI liitteen ja EU:n uuden rikkidirektiivin aiheuttamat lisäkustannukset.

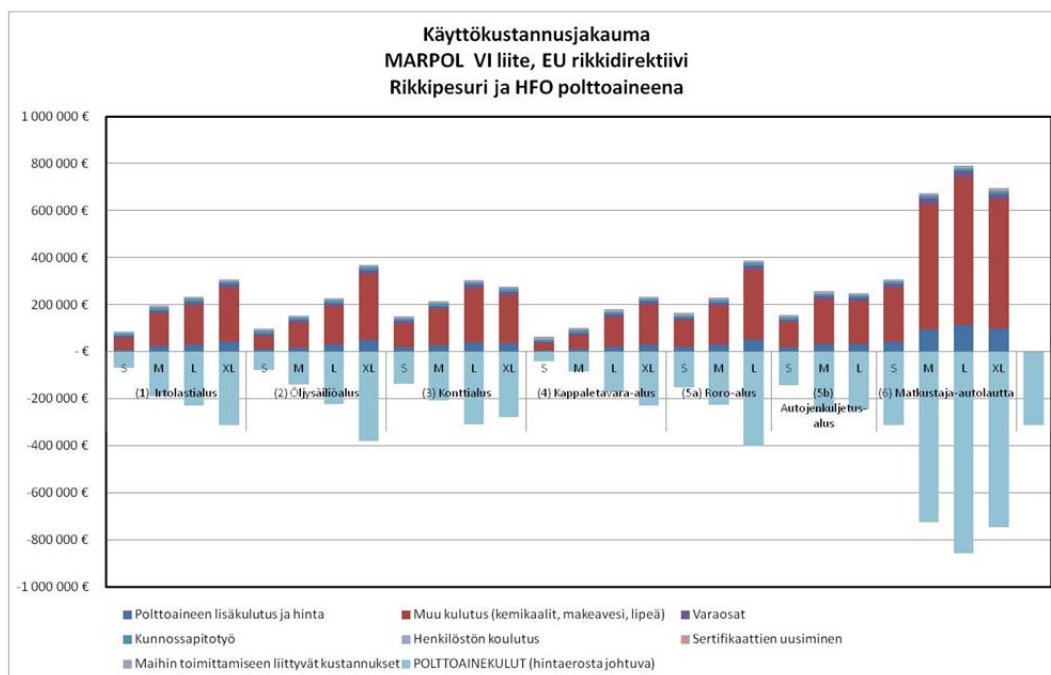


Kuva 21. Painolastivesiyleissopimuksen aiheuttamat lisäkustannukset oletuksena että jokaiseen alukseen asennetaan painolastiveden käsittelylaitos.

Kuvat 22–23 esittävät vielä erikseen MARPOL VI liitteen (EU:n rikkidirektiivin) aiheuttamat lisäkustannukset investointeina sekä vuosittaisina käyttökustannuksina. Kustannusten suuruusluokkaeron takia on kuvissa käytetty eri asteikkoja euromäärille. Kuvista ilmenee myös eri kustannuslajien merkitys. Laite- ja asennuskustannukset muodostavat merkittävimmän osan investointikustannuksista. Käyttökustannuksista lipeän kulutuksella on suurin merkitys. Polttoainekustannussäästöt verrattuna vertailutasoon ilmenevät kuvasta 23 ja ovat joidenkin alustyyppien ja –kokoluokkien osalta suuremmat kuin muut lisäkustannukset.



Kuva 22. MARPOL-yleissopimuksen uudistetun VI liitteen ja EU:n uuden rikkidirektiivin aiheuttamat läisäinvestointikustannukset kustannuslajeittain.



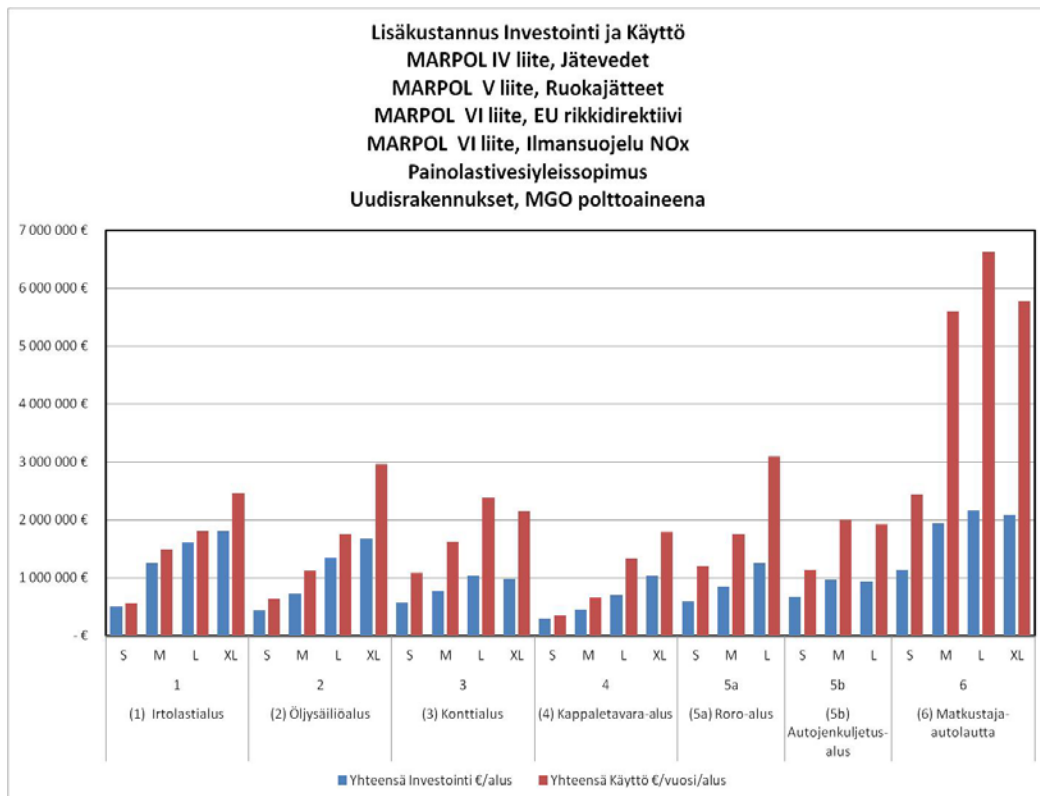
Kuva 23. MARPOL-yleissopimuksen uudistetun VI liitteen ja EU:n uuden rikkidirektiivin aiheuttamat lisäkäyttökustannukset kustannuslajeittain.

Yhteenvedo sääntö- ja alustyyppikohtaisista lisäkustannuksista olemassa oleville aluksille HFO polttoaineena on taulukkomuodossa esitetty liitteessä 2B.

10.1.2 Uudisrakennukset

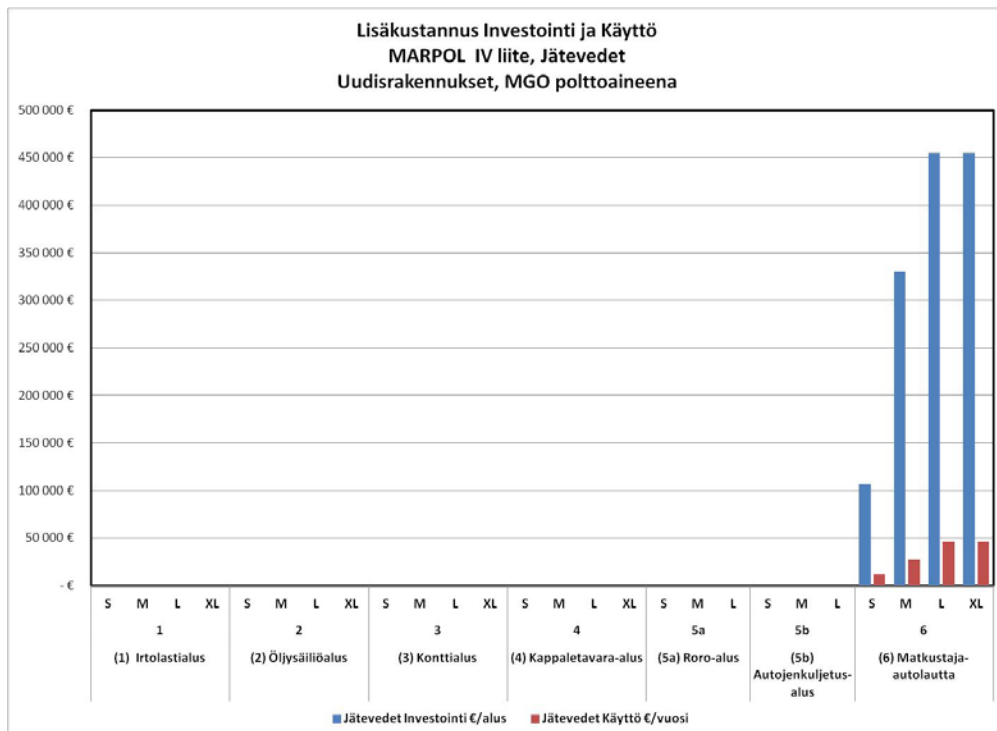
10.1.2.1 MGO polttoaineena

Kuva 24 esittää uusien ympäristömääräysten aiheuttamat lisäkustannukset uudisrakennuksille investointeina ja vuosittaisina käyttökustannuksina eri alustyypeille ja kokoluokille, kun polttoaineena on MGO. Kuten edellä olemassa oleville aluksille, tuloksista nähdään selvästi kalliin polttoaineen merkitys suurina vuosittaisina lisäkäyttökustannuksina verrattuna investointeihin. Irtolastialuksissa ja säiliöaluksissa korostuvat kuitenkin myös uudisrakennusten kohdalla painolastiveden käsittelylaitteiston aiheuttamat korkeat investointikustannukset. Myös NO_x-päästöjä vähentävän SCR-laitteiston vaikutus korostuu verrattuna olemassa oleviin aluksiin.

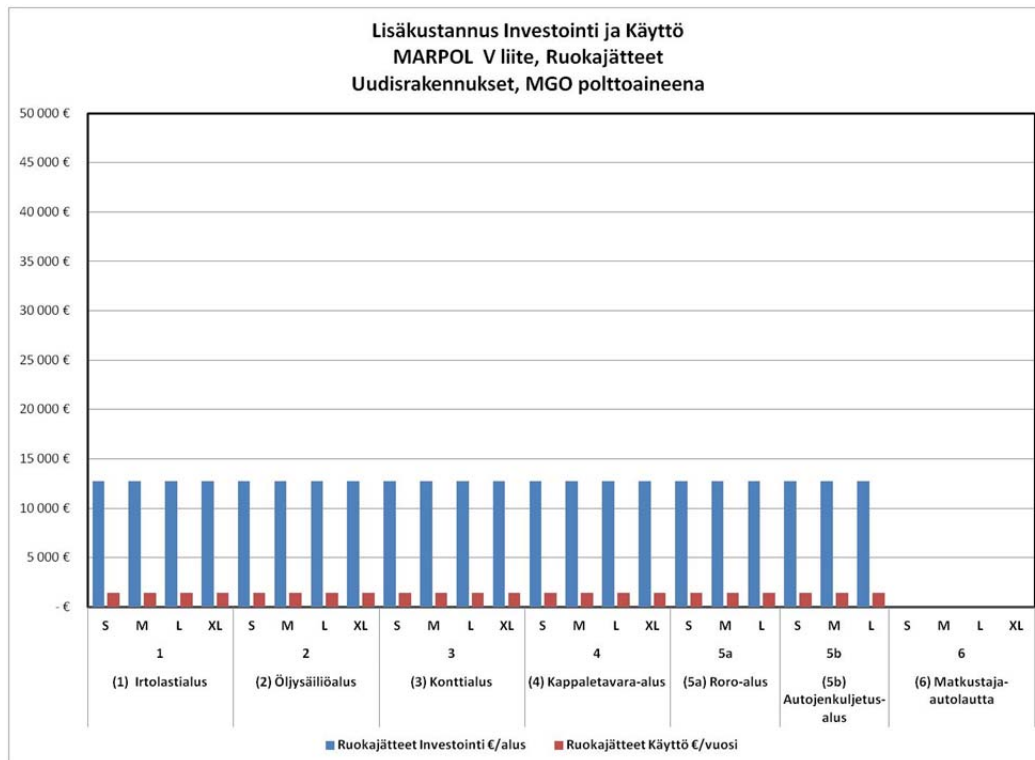


Kuva 24. Uusien ympäristömääräysten aiheuttamat lisäkustannukset uudisrakennuksille, MGO polttoaineena.

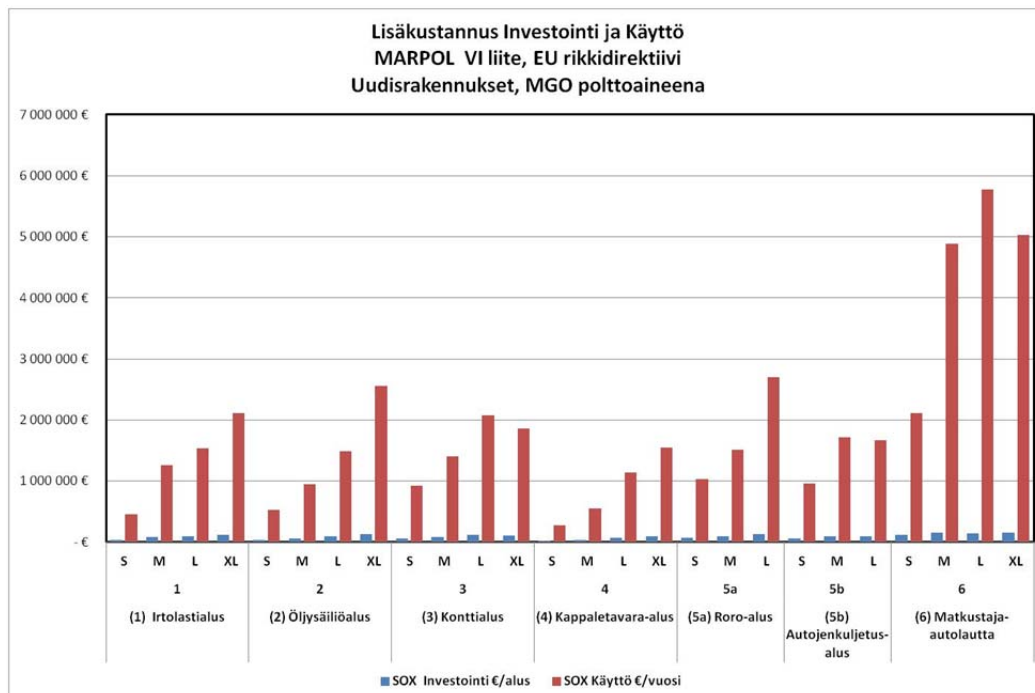
Kuvat 25–29 esittävät vastaavat kustannukset sääntökohtaisesti



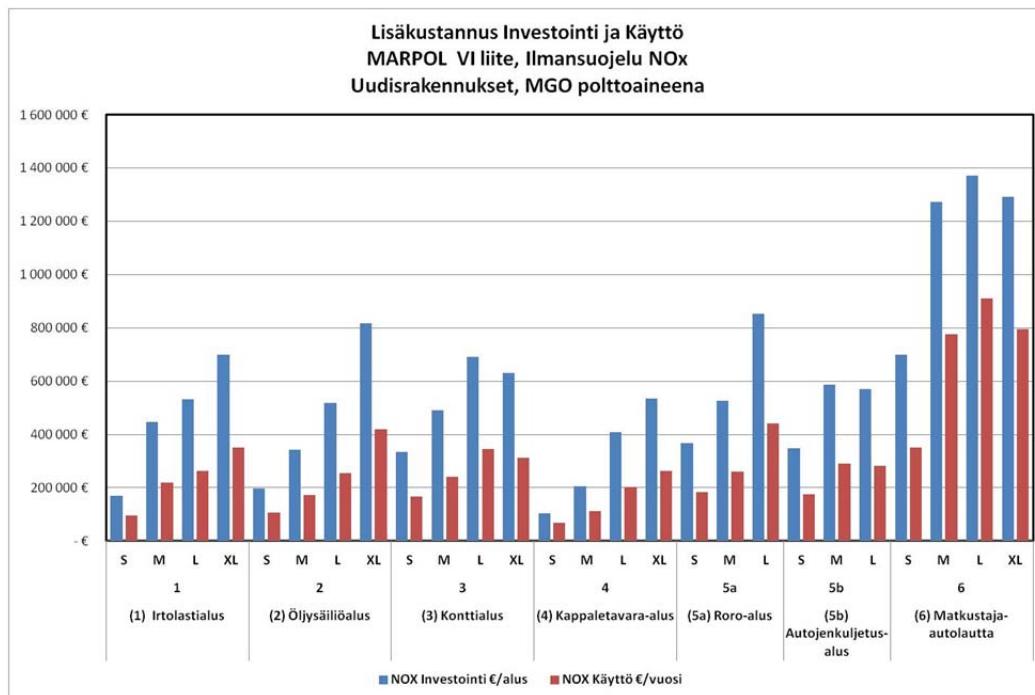
Kuva 25. MARPOL-yleissopimuksen uudistetun IV liitteen (jätevedet) aiheuttamat lisäkustannukset oletuksena että aluksiin asennetaan fosforia ja typpeä poistava jäteveden puhdistuslaitos.



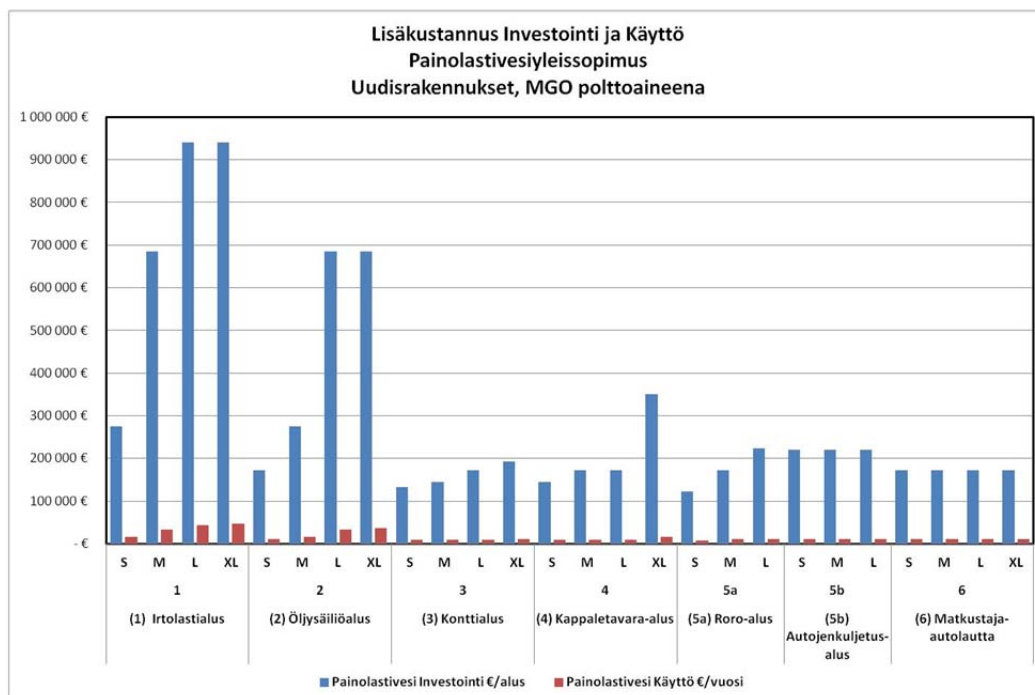
Kuva 26. MARPOL-yleissopimuksen uudistetun V liitteen (ruokajätteet) aiheuttamat lisäkustannukset oletuksena että rahtialuksiin asennetaan rouhintalaite. Matkustaja-autolauttoihin ei odoteta merkittäviä muutoksia nykykäytäntöön nähden.



Kuva 27. MARPOL-yleissopimuksen uudistetun VI liitteen ja EU:n uuden rikkidirektiivin aiheuttamat lisäkustannukset.



Kuva 28. MARPOL-yleissopimuksen uudistetun VI liitteen (typen oksidipäästöt) aiheuttamat lisäkustannukset.

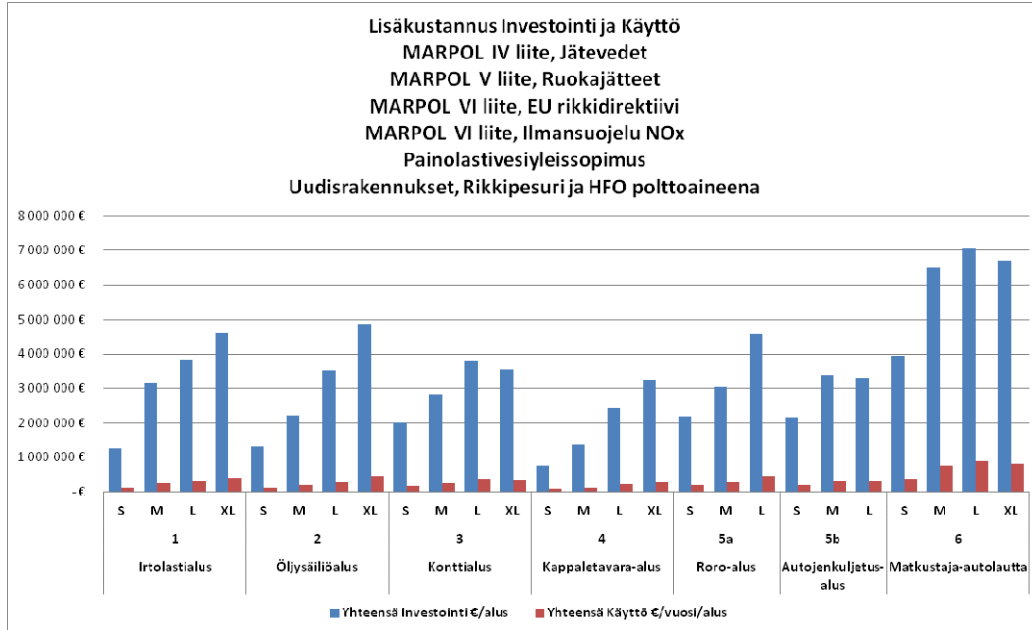


Kuva 29. Painolastivesiyleissopimuksen aiheuttamat lisäkustannukset oletuksena että jokaiseen alukseen asennetaan painolastiveden käsittelylaitos.

Yhteenveto sääntö- ja alustyyppikohtaisista lisäkustannuksista uudisrakennuksille MGO polttoaineena on taulukkomuodossa esitetty liitteessä 2C.

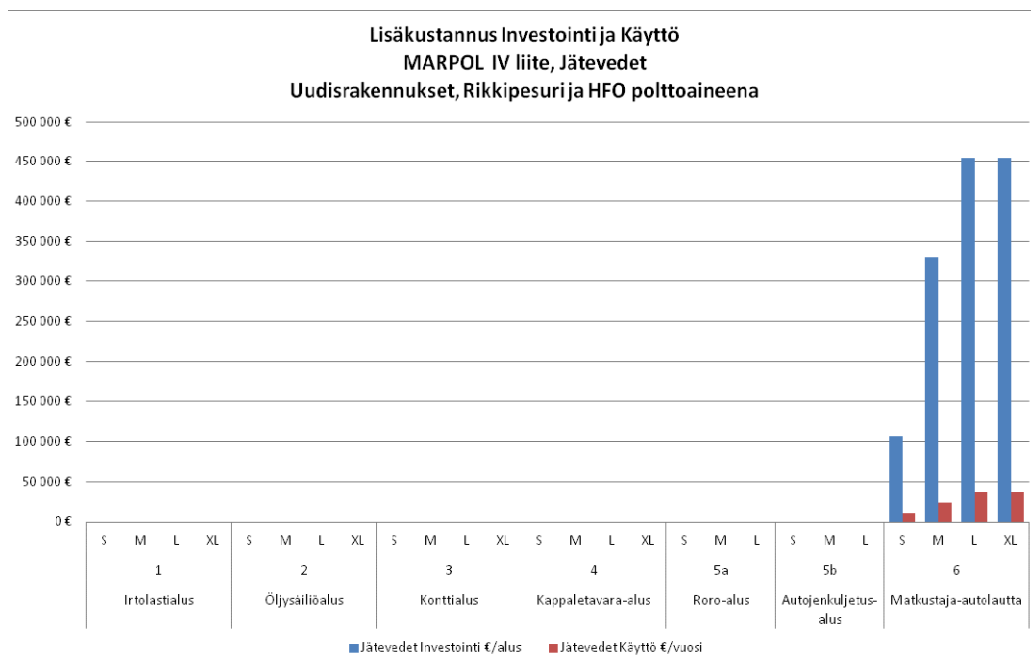
10.1.2.2 HFO polttoaineena yhdistettynä rikkipesuriin

Kuva 30 esittää uusien ympäristömääräysten aiheuttamat lisäkustannukset uudisrakennuksille investointeina ja vuosittaisina käyttökustannuksina eri alustyypeille ja kokoluokille, kun polttoaineena on HFO ja aluksella on rikkipesuri. Tuloksista nähdään selvästi pääasias-
sa MARPOL-yleissopimuksen VI liitteen ja EU:n rikkidirektiivin aiheuttamat suuret inves-
tointikustannukset. Irtolastialuksissa ja säiliöaluksissa korostuvat polttoaineesta riippumatta
kuitenkin myös painolastiveden käsittelylaitteiston aiheuttamat korkeat investointikustan-
nukset. Käyttökustannuksissa ilmenevät myöskin matkustaja-autolauttojen ja suurten roro-
sekä konttialusten kohdalla pieniä säästöjä johtuen halvemmasta polttoaineesta vertailu-
tasoon verrattuna. Muiden alustyyppien ja kokoluokkien kohdalla muiden sääntöjen aiheut-
tamat lisäkäyttökustannukset kumoavat halvemmasta polttoaineesta aiheutuvat säästöt.

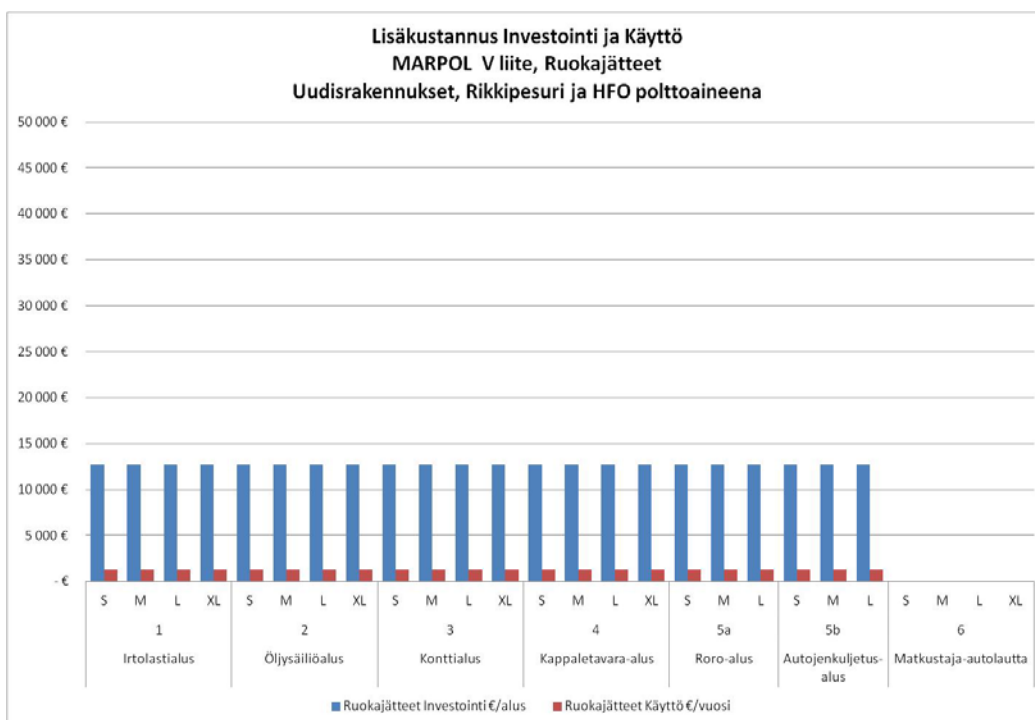


Kuva 30. Uusien ympäristömääräysten aiheuttamat lisäkustannukset olemassa oleviin aluksiin, Rikkipesuri ja HFO polttoaineena.

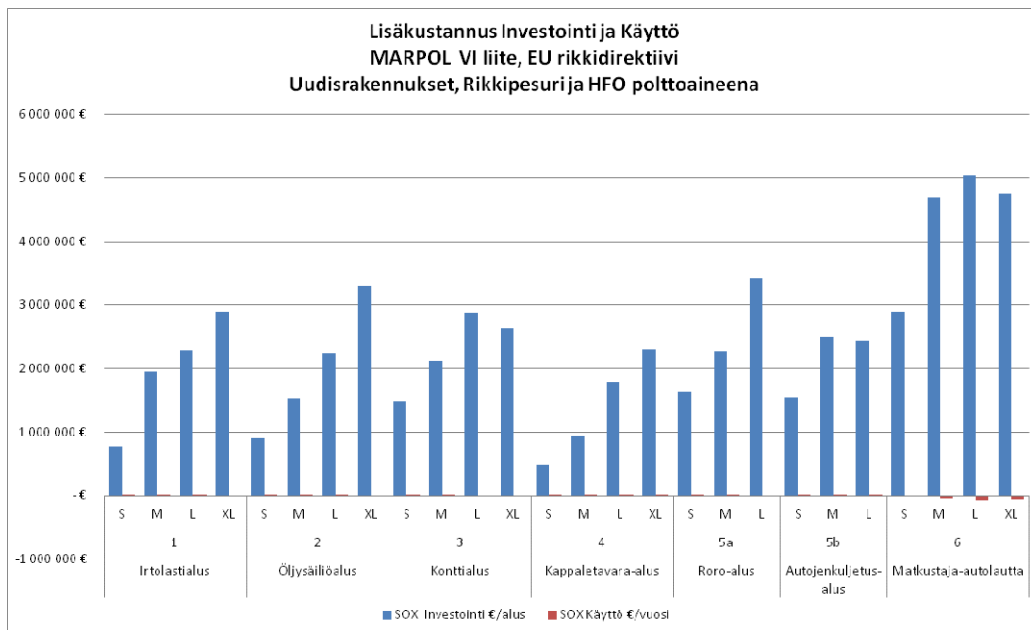
Kuvat 31–35 esittävät vastaavat kustannukset sääntökohtaisesti



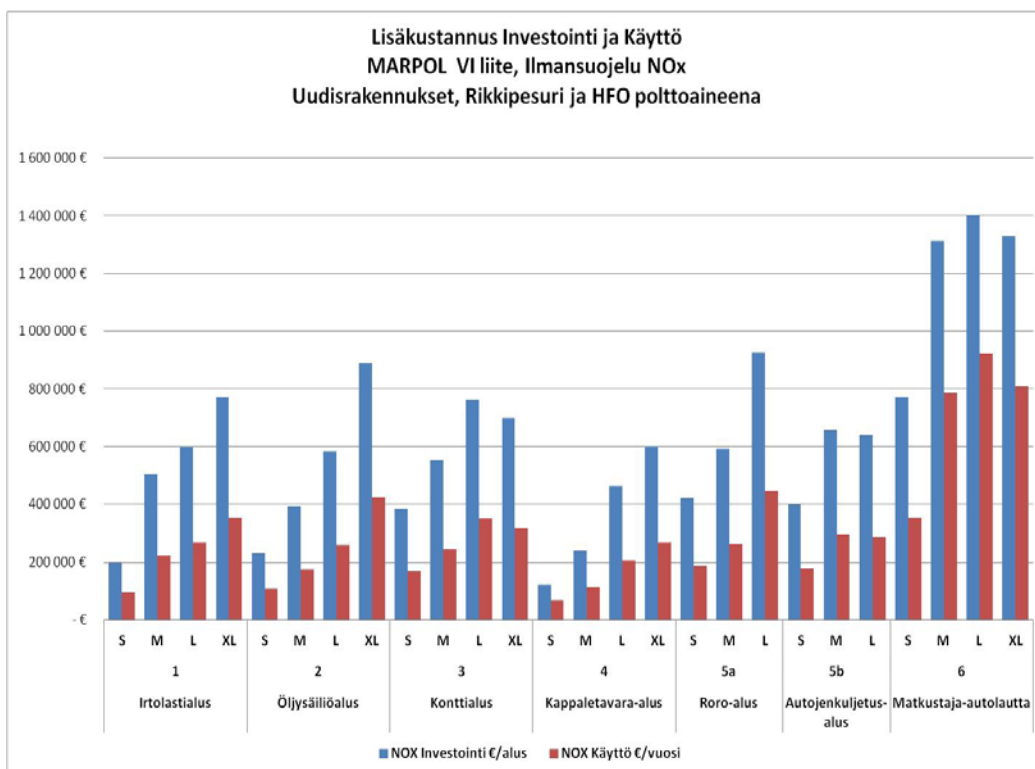
Kuva 31. MARPOL-yleissopimuksen uudistetun IV liitteen (käymäläjätevedet) aiheuttamat lisäkustannukset oletuksena että aluksiin asennetaan fosforia ja tyypeä poistava jäteveden puhdistuslaitos.



Kuva 32. MARPOL-yleissopimuksen uudistetun V liitteen (ruokajätteet) aiheuttamat lisäkustannukset oletuksena että rahtialuksiin asennetaan rouhintalaite. Matkustaja-autolauttoihin ei odoteta merkittäviä muutoksia nykykäytäntöön nähden.



Kuva 33. MARPOL-yleissopimuksen uudistetun VI liitteen ja EU:n uuden rikkidirektiivin aiheuttamat lisäkustannukset.



Kuva 34. MARPOL-yleissopimuksen uudistetun VI liitteen (typpipäästöt) aiheuttamat lisäkustannukset.



Kuva 35. Painolastivesiyleissopimuksen aiheuttamat lisäkustannukset oletuksena että jokaiseen alukseen asennetaan painolastiveden käsittelylaitos.

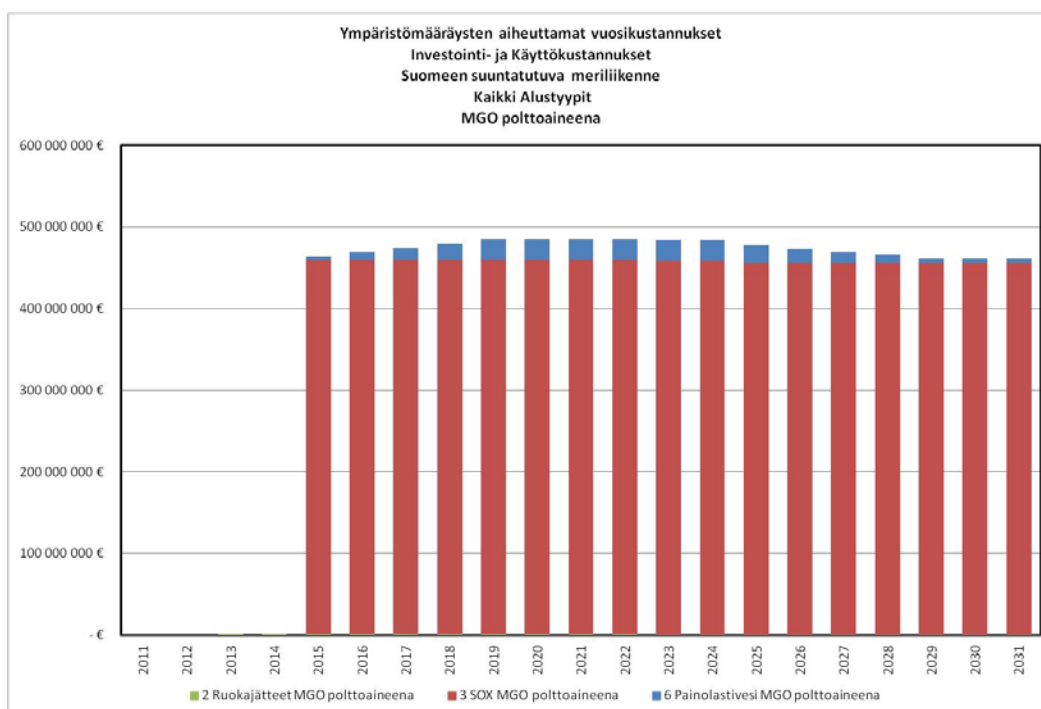
Yhteenvedo sääntö- ja alustyyppikohtaisista lisäkustannuksista uudisrakennuksille HFO polttoaineena on taulukkomuodossa esitetty liitteessä 2D.

10.2 Suomeen suuntutuvaan liikenteeseen kohdistetut kokonaiskustannukset

10.2.1 MGO polttoaineena

10.2.1.1 Kokonaislisäkustannukset vuosittain

Kuva 36 esittää uusien määräysten aiheuttamat Suomeen suuntautuvaan liikenteeseen kohdistetut kokonaisvuosikustannukset vuodesta 2015 eteenpäin, kun polttoaineena on MGO. Investoinnit on jaettu kymmenelle vuodelle nollakorolla. Tulokset perustuvat vuoden 2011 meriliikennetilastoon ilman, että mahdollisia olemassa olevia aluksia korvataan uudisrakennuksilla. NO_x-vaatimuksia ei siten ole huomioitu koska ne eivät koske tätä aluskantaa eli olemassa olevia aluksia. Tuloksista ilmenee taas kalliin polttoaineen merkitys.



Kuva 36. Kokonaislisäkustannukset vuosittain. Investointikustannukset on jaettu kymmenelle vuodelle.

10.2.1.2 Sääntökohtaiset lisäkustannukset

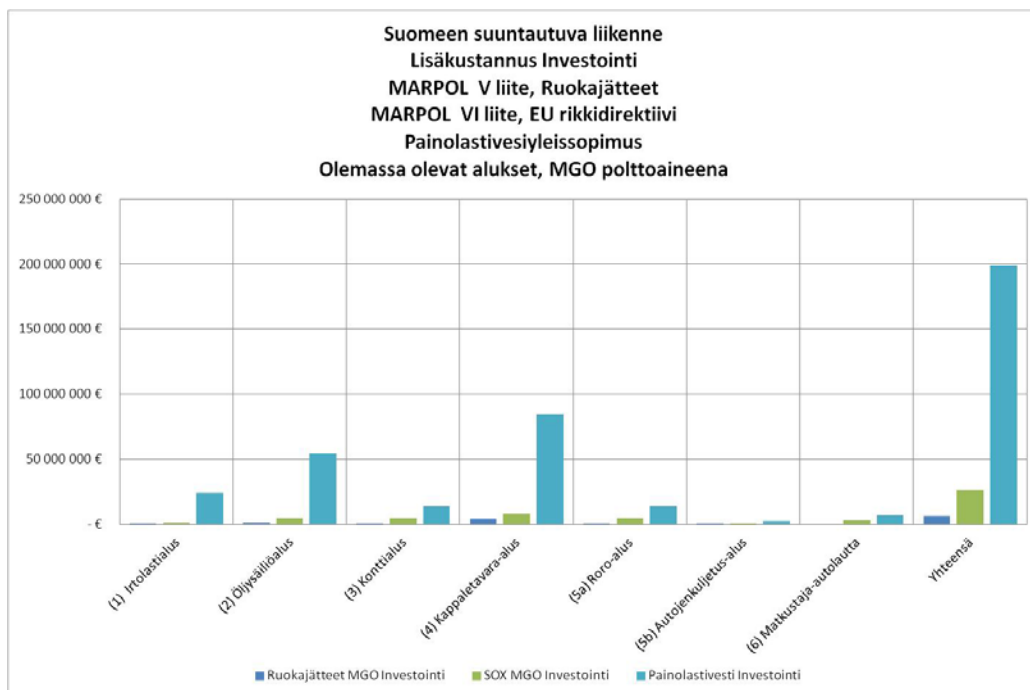
Taulukossa 4 on esitetty sääntökohtaiset lisäkustannukset alustyypeittäin. Investointikustannukset on esitetty kokonaisinvestointina, käyttökustannukset vuosittaisena kustannuksena.

Taulukko 4. Sääntökohtaiset lisäkustannukset alustyypeittäin

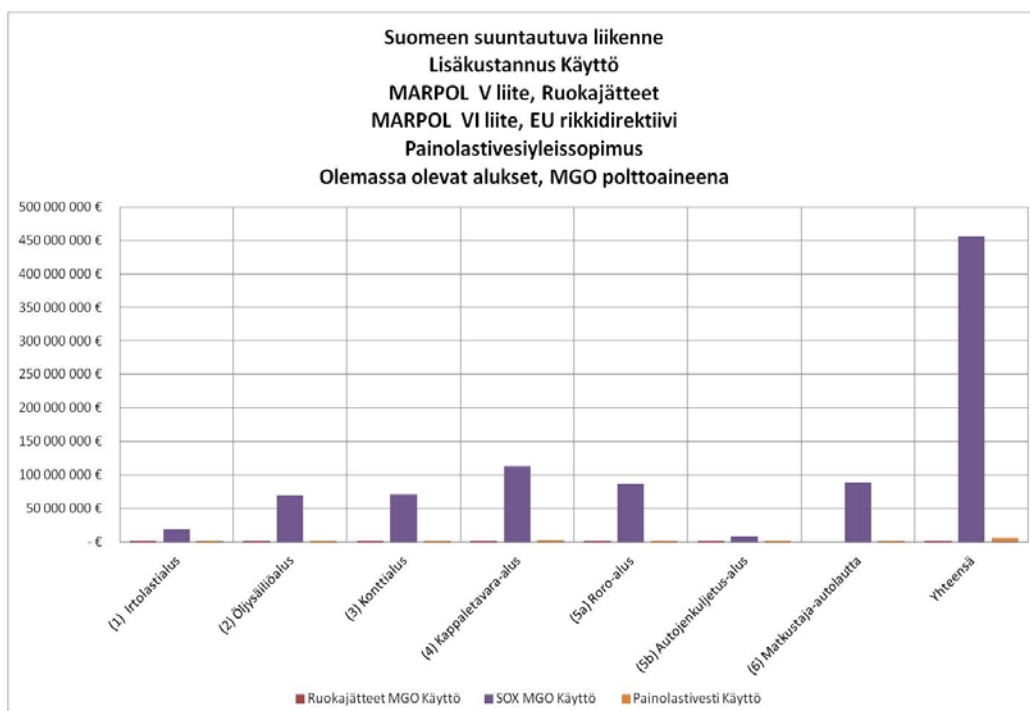
Suomeen suuntautuva liikenne, MGO polttoaineena									
		Irtolasti- alus	Öljy- säiliöalus	Konttialus	Kappaletavara- alus	RoRo-alus	Autojen- kuljetusalus	Matkustaja- autolautta	Yhteensä
Jätevedet		-	-	-	-	-	-	Käsiteltävä tapauskohtaisesti	
Ruokajätteet	Investointi	309 000 €	1 073 000 €	625 000 €	3 734 000 €	486 000 €	80 000 €	- €	6 306 000 €
	Käyttö/vuosi	35 000 €	121 000 €	70 000 €	420 000 €	55 000 €	9 000 €	- €	710 000 €
SOX MGO	Investointi	1 238 000 €	4 686 000 €	4 360 000 €	8 262 000 €	4 624 000 €	533 000 €	3 389 000 €	27 092 000 €
	Käyttö/vuosi	18 388 000 €	69 876 000 €	70 910 000 €	113 074 000 €	86 332 000 €	8 482 000 €	89 131 000 €	456 193 000 €
Painolastivesti	Investointi	23 984 000 €	54 211 000 €	13 807 000 €	84 404 000 €	13 484 000 €	2 401 000 €	6 598 000 €	198 889 000 €
	Käyttö/vuosi	556 000 €	1 323 000 €	452 000 €	2 690 000 €	411 000 €	73 000 €	197 000 €	5 702 000 €
Yhteensä	Investointi	25 531 000 €	59 970 000 €	18 792 000 €	96 400 000 €	18 594 000 €	3 014 000 €	9 987 000 €	232 287 000 €
	Käyttö/vuosi	18 979 000 €	71 320 000 €	71 432 000 €	116 184 000 €	86 798 000 €	8 564 000 €	89 328 000 €	462 605 000 €

Kuvissa 37 ja 38 on esitetty sääntökohtaisesti vuosittaiset lisäkustannukset alustyypeittäin.

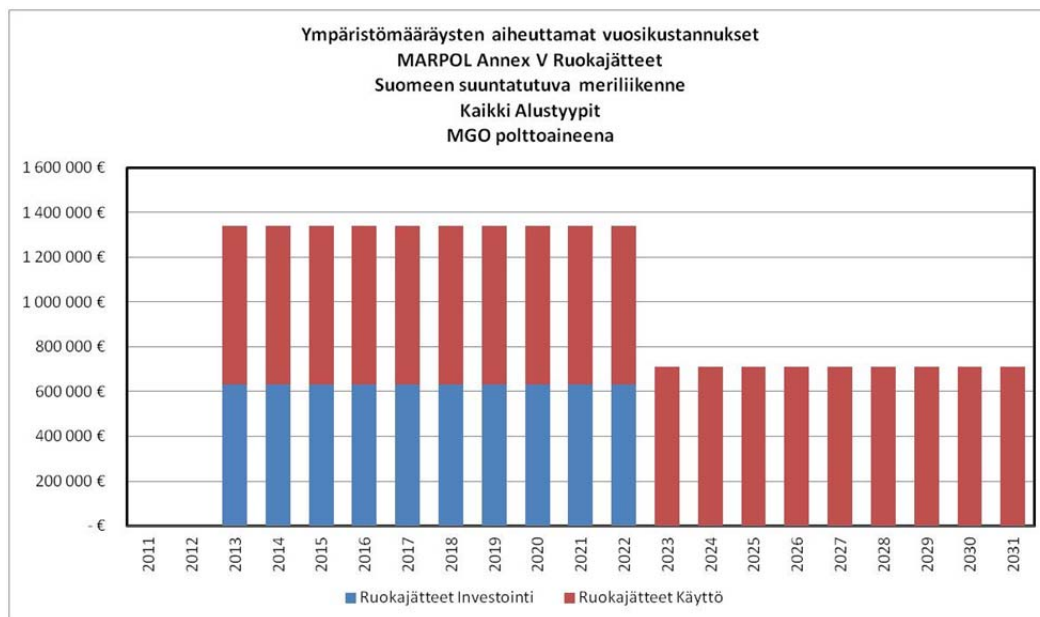
Kuvat 39–41 esittävät kohdan 10.2.1.1 vastaavat kustannukset sääntökohtaisesti



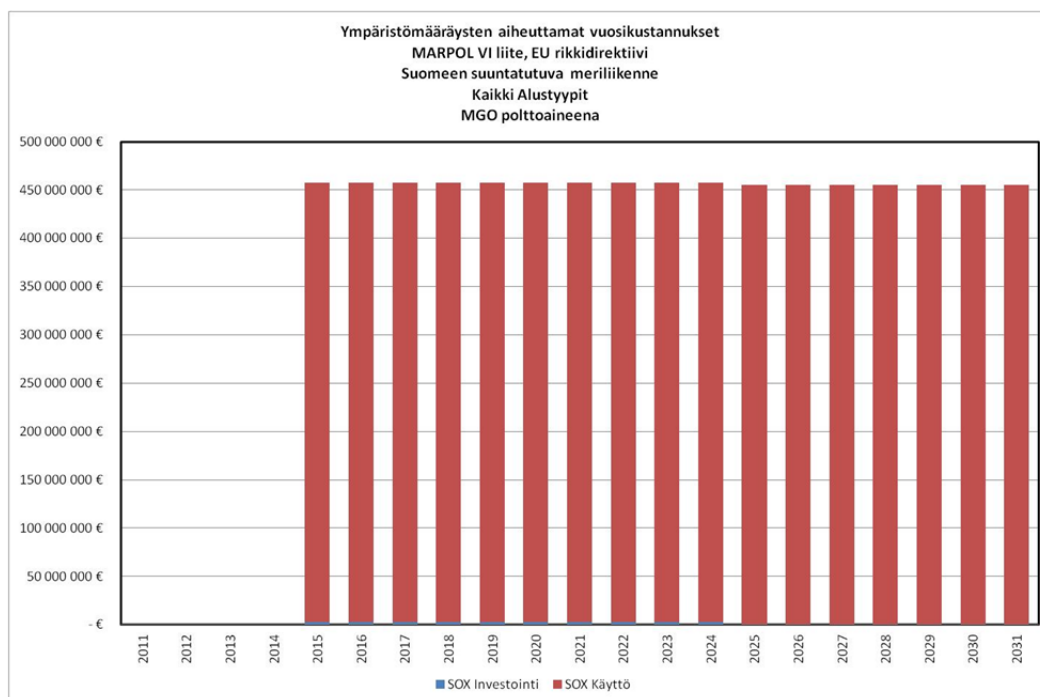
Kuva 37. Sääntökohtaiset lisäkustannukset (kokonaisinvestointi) alustyypeittäin.



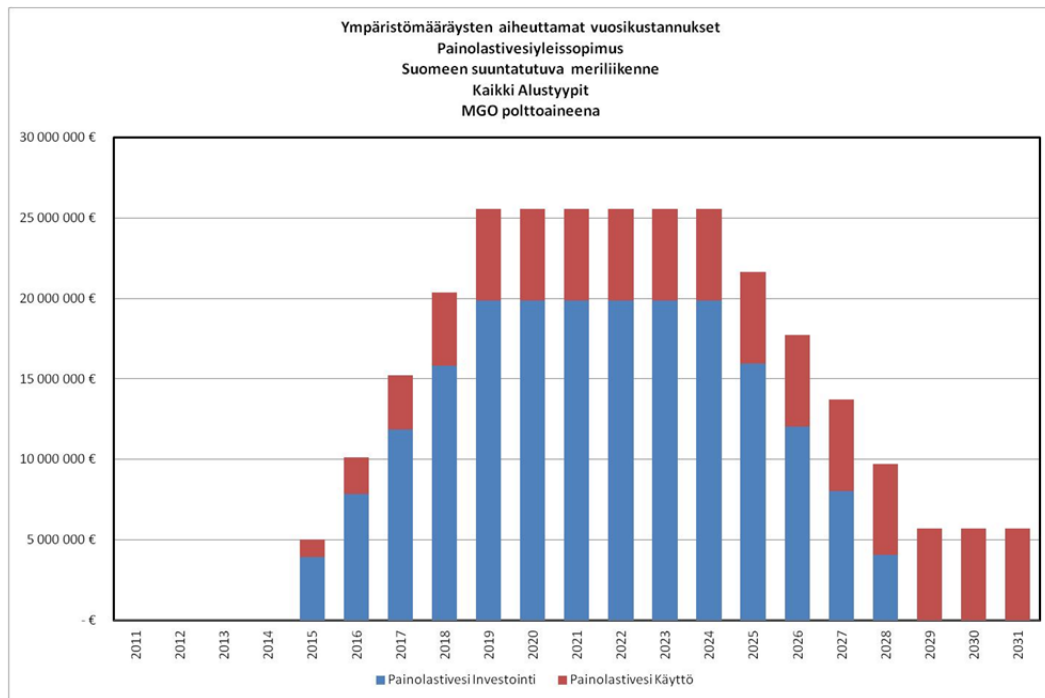
Kuva 38. Vuosittaiset sääntökohtaiset lisäkustannukset (käyttö/vuosi) alustyypeittäin.



Kuva 39. MARPOL-yleissopimuksen uudistetun V liitteen (ruokajätteet) aiheuttamat vuosittaiset lisäkustannukset oletuksena että rahtialuksiin asennetaan rouhintalaite. Matkustaja-autolauttoihin ei odoteta merkittäviä muutoksia nykykäytäntöön nähden.



Kuva 40. MARPOL-yleissopimuksen uudistetun VI liitteen ja EU:n uuden rikkidirektiivin aiheuttamat vuosittaiset lisäkustannukset.

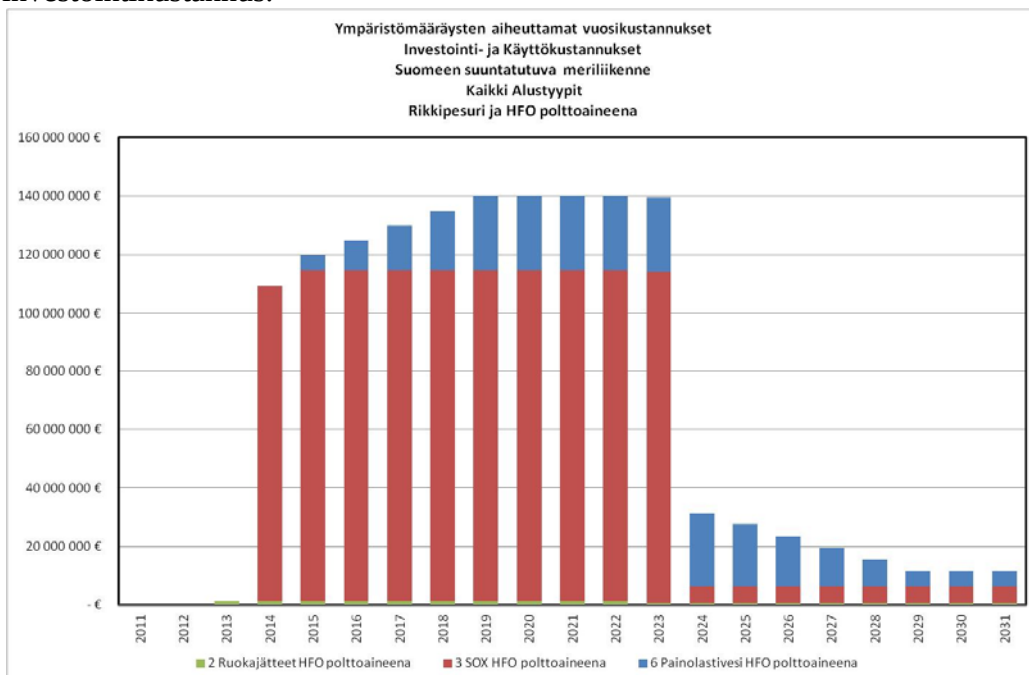


Kuva 41. Painolastivesiyleissopimuksen aiheuttamat vuosittaiset lisäkustannukset oletuksena että jokaiseen alukseen asennetaan painolastiveden käsittelylaitos.

10.2.2 HFO -käyttö yhdistettynä rikkipesuriin

10.2.2.1 Kokonaislisäkustannukset vuosittain

Kuva 42 esittää uusien määräysten aiheuttamat, Suomeen suuntautuvaan liikenteeseen kohdistetut, kokonaisvuosikustannukset vuodesta 2015 eteenpäin, kun on asennettu rikkipesuri ja käytetään HFO:ta polttoaineena. Investoinnit on jaettu kymmenelle vuodelle nollakorolla. Tulokset perustuvat vuoden 2011 meriliikennetilastoon ilman, että mahdollisia olemassa olevia aluksia korvataan uudisrakennuksilla. NO_x-vaatimuksia ei siten ole huomioitu koska ne eivät koske tätä aluskantaa eli olemassa olevia aluksia. Tuloksissa korostuu rikkipesurin investointikustannus.



Kuva 42. Kokonaislisäkustannukset vuosittain.

10.2.2.2 Sääntökohtaiset kustannukset

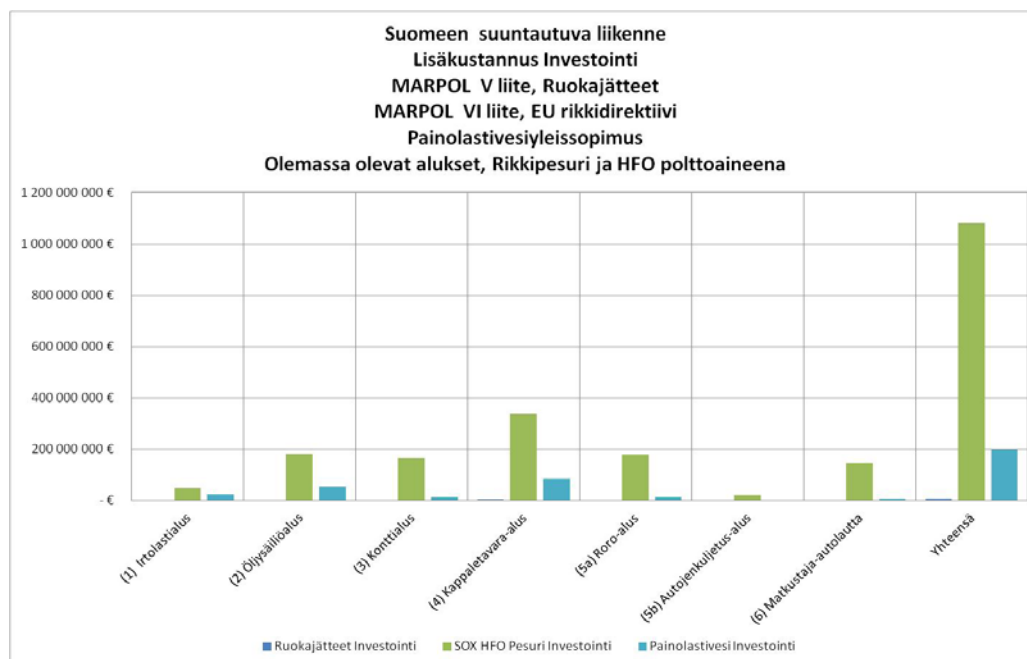
Taulukossa 5 on esitetty sääntökohtaiset lisäkustannukset alustyypeittäin. Investointikustannukset on esitetty kokonaisinvestointina, käyttökustannukset vuosittaisena kustannuksena.

Taulukko 5. Sääntökohtaiset lisäkustannukset alustyypeittäin

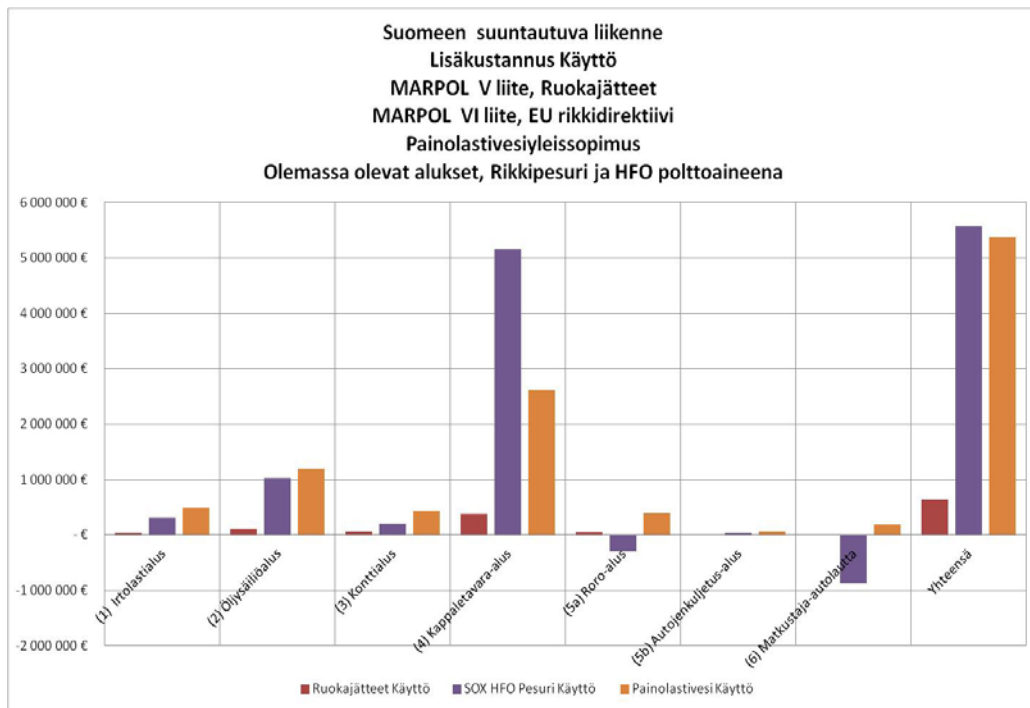
Suomeen suuntautuva liikenne, Rikkipesuri ja HFO polttoaineena									
		Irtoasti- alus	Öljy- säiliöalus	Konttialus	Kappaletavara- alus	RoRo-alus	Autojen- kuljetusalus	Matkustaja- autolautta	Yhteensä
Jätevedet		-	-	-	-	-	-	Käsitteltävä tapauskohtaisesti	
Ruokajätteet	Investointi	309 000 €	1 073 000 €	625 000 €	3 734 000 €	486 000 €	80 000 €	0 €	6 306 000 €
	Käyttö/vuosi	32 000 €	110 000 €	64 000 €	382 000 €	50 000 €	8 000 €	0 €	646 000 €
SOX HFO Pesuri	Investointi	47 787 000 €	181 455 000 €	165 453 000 €	338 475 000 €	179 616 000 €	20 517 000 €	146 630 000 €	1 079 934 000 €
	Käyttö/vuosi	315 000 €	1 022 000 €	201 000 €	5 162 000 €	-294 000 €	35 000 €	-875 000 €	5 565 000 €
Painolastivesi	Investointi	23 984 000 €	54 211 000 €	13 807 000 €	84 404 000 €	13 484 000 €	2 401 000 €	6 598 000 €	198 889 000 €
	Käyttö/vuosi	492 000 €	1 194 000 €	437 000 €	2 607 000 €	392 000 €	69 000 €	188 000 €	5 379 000 €
Yhteensä	Investointi	72 080 000 €	236 739 000 €	179 885 000 €	426 613 000 €	193 586 000 €	22 998 000 €	153 228 000 €	1 285 129 000 €
	Käyttö/vuosi	839 000 €	2 326 000 €	702 000 €	8 151 000 €	148 000 €	112 000 €	-687 000 €	11 590 000 €

Kuvissa 43 ja 44 on esitetty sääntökohtaisesti vuosittaiset lisäkustannukset alustyypeittäin.

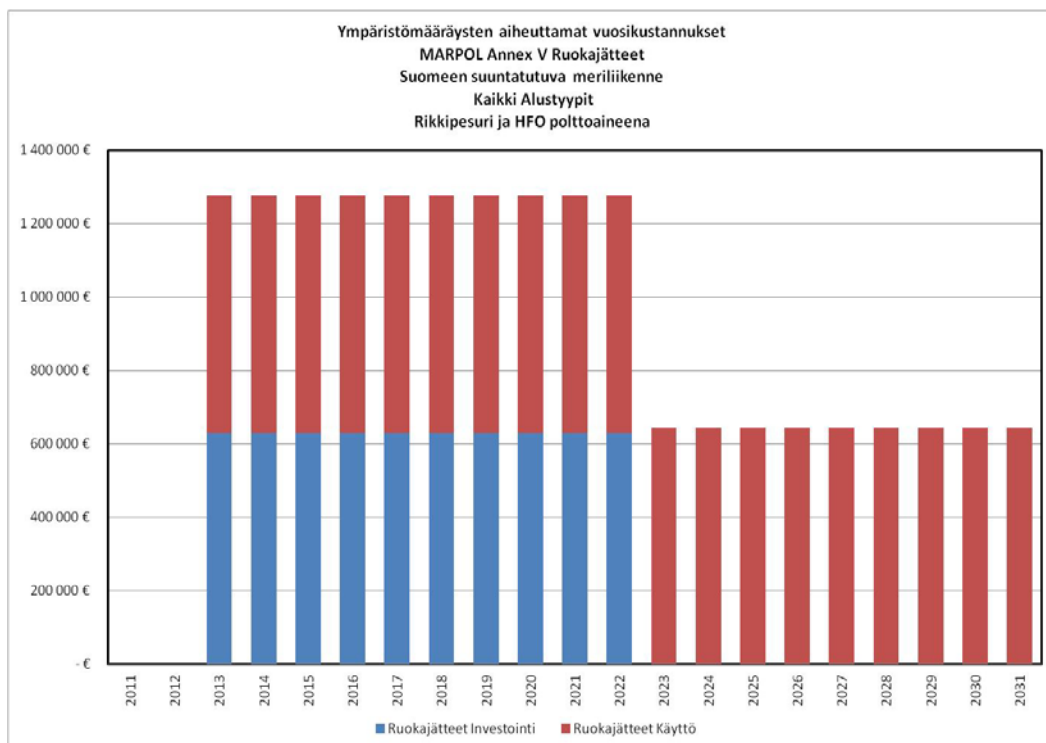
Kuvat 45–47 esittävät kohdan 10.2.2.1 vastaavat kustannukset sääntökohtaisesti.



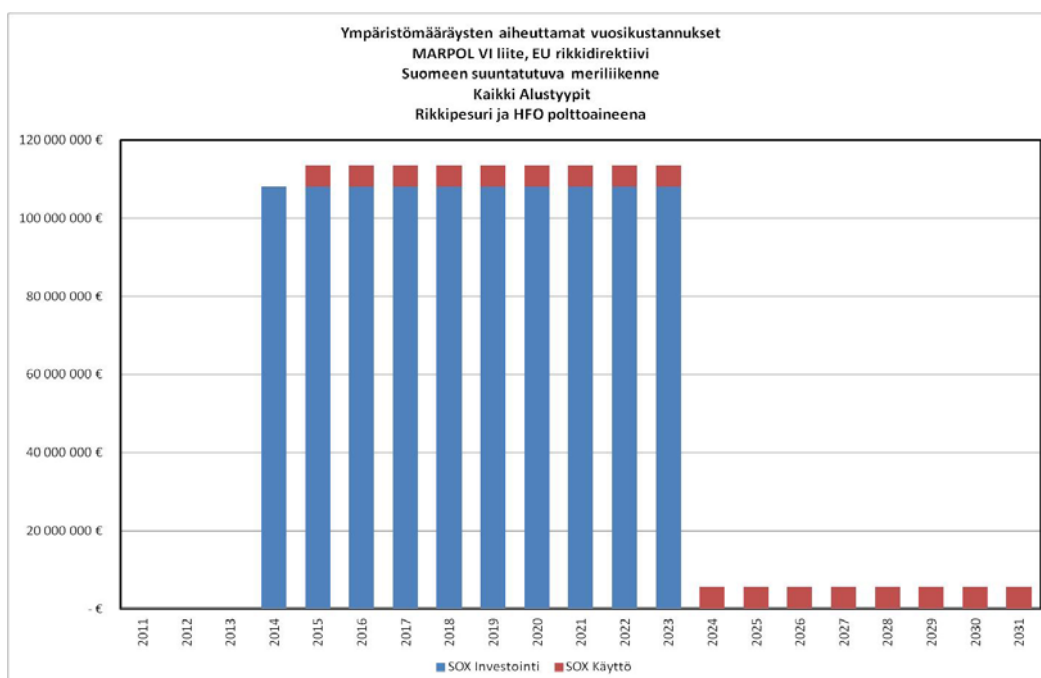
Kuva 43. Sääntökohtaiset lisäkustannukset (kokonaisinvestointi) alustyypeittäin.



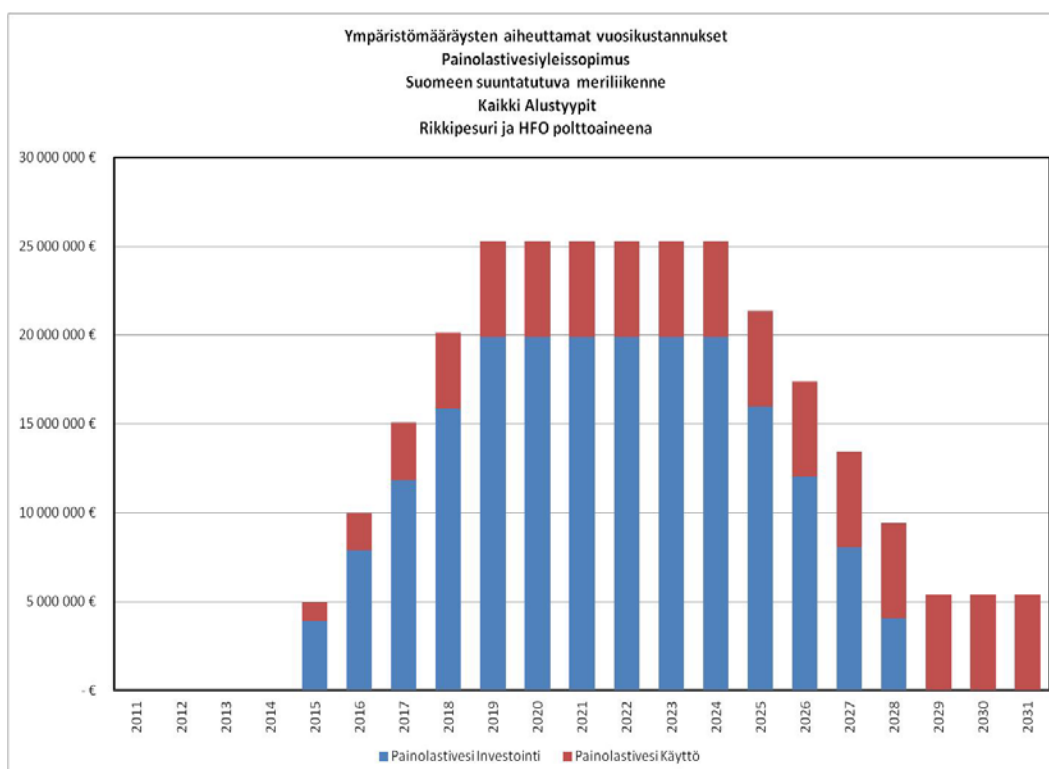
Kuva 44. Vuosittaiset sääntökohtaiset lisäkustannukset (käyttö/vuosi) alustyypeittäin.



Kuva 45. MARPOL-yleissopimuksen uudistetun V liitteen (ruokajätteet) aiheuttamat lisäkustannukset oletuksena että rahtialuksiin asennetaan rouhintalaite. Matkustaja-autolauttoihin ei odoteta merkittäviä muutoksia nykykäytäntöön nähden.



Kuva 46. MARPOL-yleissopimuksen uudistetun VI liitteen ja EU:n uuden rikkidirektiivin aiheuttamat lisäkustannukset ratkaisuna rikkipesuri.

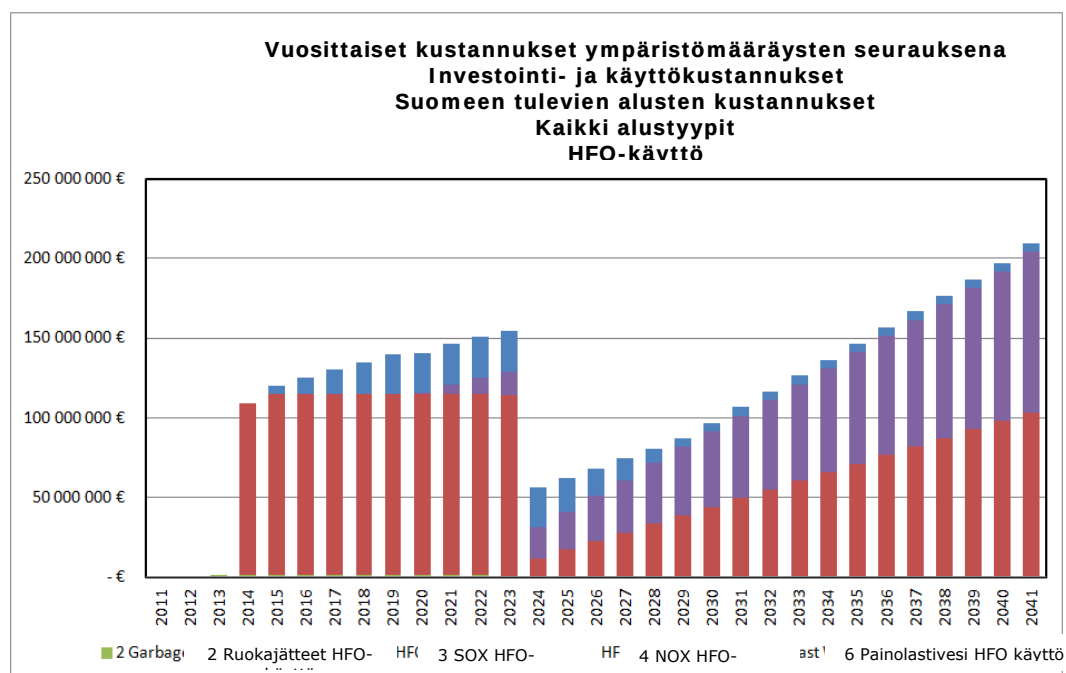


Kuva 47. Painolastivesiyleissopimuksen aiheuttamat lisäkustannukset oletuksena että jokaiseen alukseen asennetaan painolastiveden käsittelylaitos.

10.2.3 Kokonaislisäkustannukset huomioiden nykyisen aluskannan korvaaminen asteittain uudisrakennuksilla

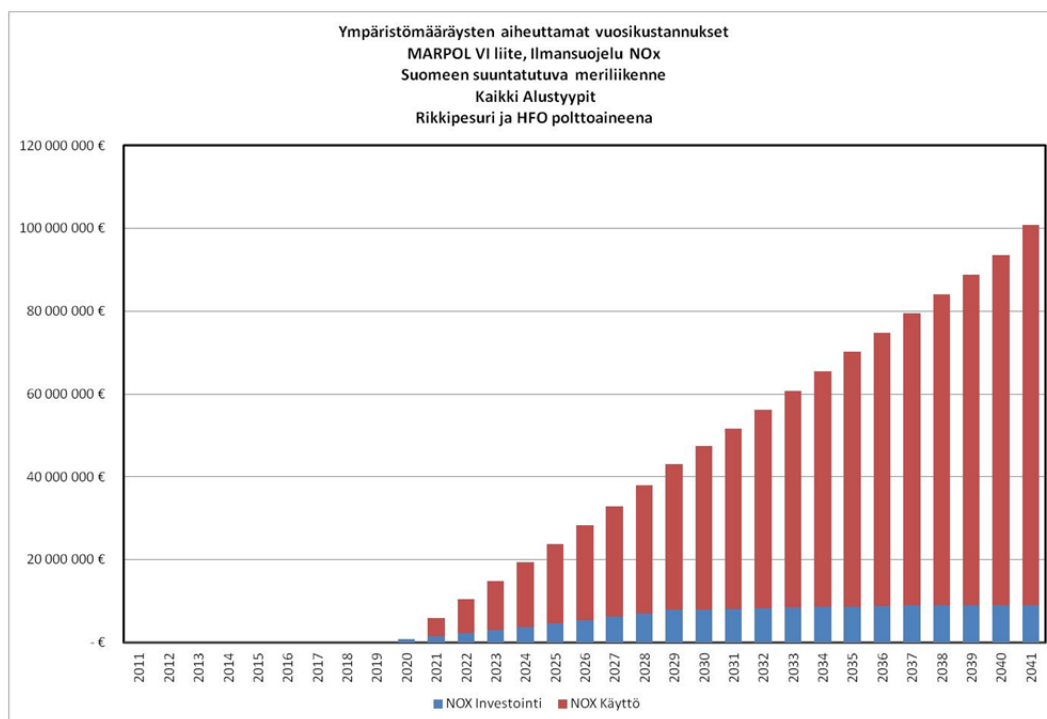
Oletus on, että nykyinen aluskanta asteittain korvataan uudisrakennuksilla siten, että kokonaisaluslukumäärä pysyy Suomeen suuntautuvassa liikenteessä vakiona. Korvaaminen tapahtuisi 20 vuoden aikana tasaisesti vuosittain vuodesta 2021 eteenpäin). Investoinnit on jaettu kymmenelle vuodelle nollakorolla. Tällöin on huomioitu uudisrakennuksissa NO_x-vaatimusten aiheuttamat lisäkustannukset. Vuodesta 2023 alkaen, kun kaikki vuonna 2014 asennetut rikkipesurit on kuoletettu, asennettaisiin uusiin aluksiin myös rikkipesuri.

Tulokset on esitetty kuvassa 48.



Kuva 48. Kaikkien määräysten aiheuttamat lisäkustannukset. Aluskannan tasainen uusiminen vuosina 2021- 2041 huomioiden MARPOL liitteen VI (typpirajoitukset) aiheuttamat vuosittaiset lisäkustannukset. Uudisrakennuksissa on huomioitu rikkipesurit vuodesta 2023 alkaen.

Kuvassa 49 on esitetty pelkästään typpirajoituksesta johtuvat kustannukset.



Kuva 49. MARPOL liitteen VI (typpirajoitukset) aiheuttamat vuosittaiset lisäkustannukset.

10.3 Itämeren liikenteeseen kohdistetut kustannukset

10.3.1 MGO polttoaineena

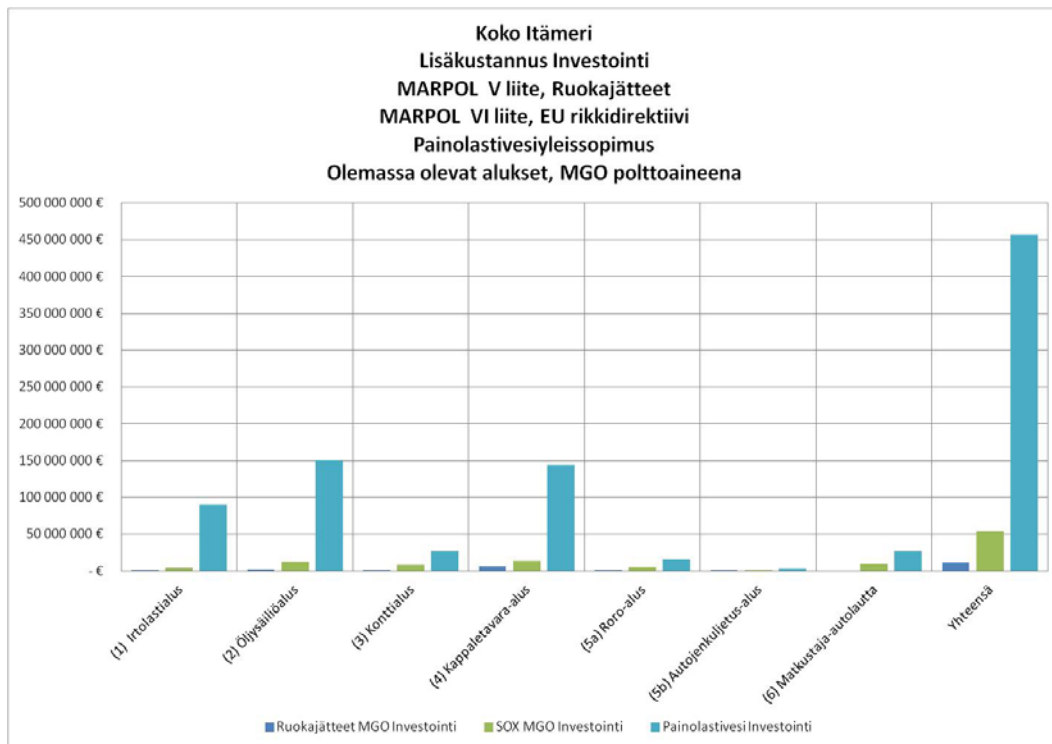
10.3.1.1 Sääntökohtaiset kustannukset

Taulukossa 6 on esitetty sääntökohtaiset lisäkustannukset alustyypeittäin. Investointikustannukset on esitetty kokonaisinvestointina, käyttökustannukset vuosittaisena kustannuksena.

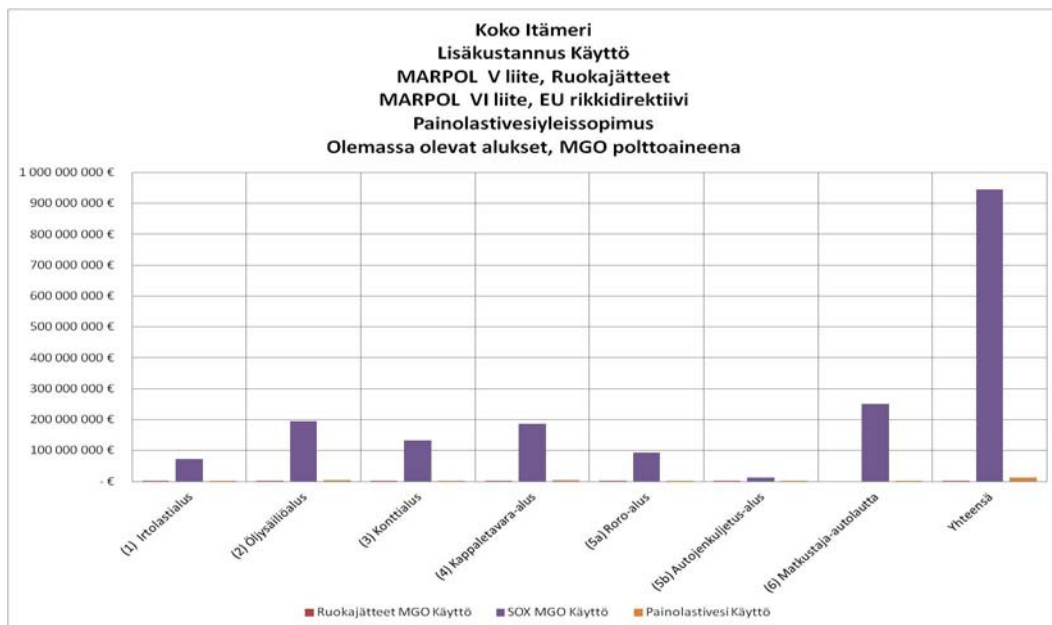
Taulukko 6. Sääntökohtaiset lisäkustannukset alustyypeittäin

Koko Itämeri, MGO polttoaineena									
		Irtolasti- alus	Öljy- säiliöalus	Konttialus	Kappaletavara- alus	RoRo-alus	Autojen- kuljetus- alus	Matkustaja- autolautta	Yhteensä
Jätevedet		-	-	-	-	-	-	Käsitteltävä tapauskohtaisesti	
Ruokajätteet MGO	Investointi	825 000 €	2 254 000 €	1 179 000 €	6 394 000 €	595 000 €	120 000 €	0 €	11 368 000 €
	Käyttö/vuosi	93 000 €	254 000 €	133 000 €	720 000 €	67 000 €	14 000 €	0 €	1 280 000 €
SOX MGO	Investointi	4 690 000 €	12 169 000 €	8 126 000 €	13 597 000 €	5 240 000 €	789 000 €	11 055 000 €	55 666 000 €
	Käyttö/vuosi	73 134 000 €	195 308 000 €	131 817 000 €	185 690 000 €	94 137 000 €	12 531 000 €	251 150 000 €	943 766 000 €
Painolastivesi	Investointi	90 151 000 €	150 370 000 €	26 430 000 €	143 653 000 €	15 904 000 €	3 596 000 €	26 632 000 €	456 737 000 €
	Käyttö/vuosi	2 052 000 €	3 569 000 €	866 000 €	4 588 000 €	493 000 €	109 000 €	765 000 €	12 441 000 €
Yhteensä	Investointi	95 666 000 €	164 793 000 €	35 735 000 €	163 644 000 €	21 739 000 €	4 505 000 €	37 687 000 €	523 771 000 €
	Käyttö/vuosi	75 279 000 €	199 131 000 €	132 816 000 €	190 998 000 €	94 697 000 €	12 654 000 €	251 915 000 €	957 487 000 €

Kuvissa 50 ja 51 on esitetty sääntökohtaisesti vuosittaiset lisäkustannukset alustyypeittäin.



Kuva 50. Sääntökohtaiset lisäkustannukset (kokonaisinvestointi) alustyypeittäin.

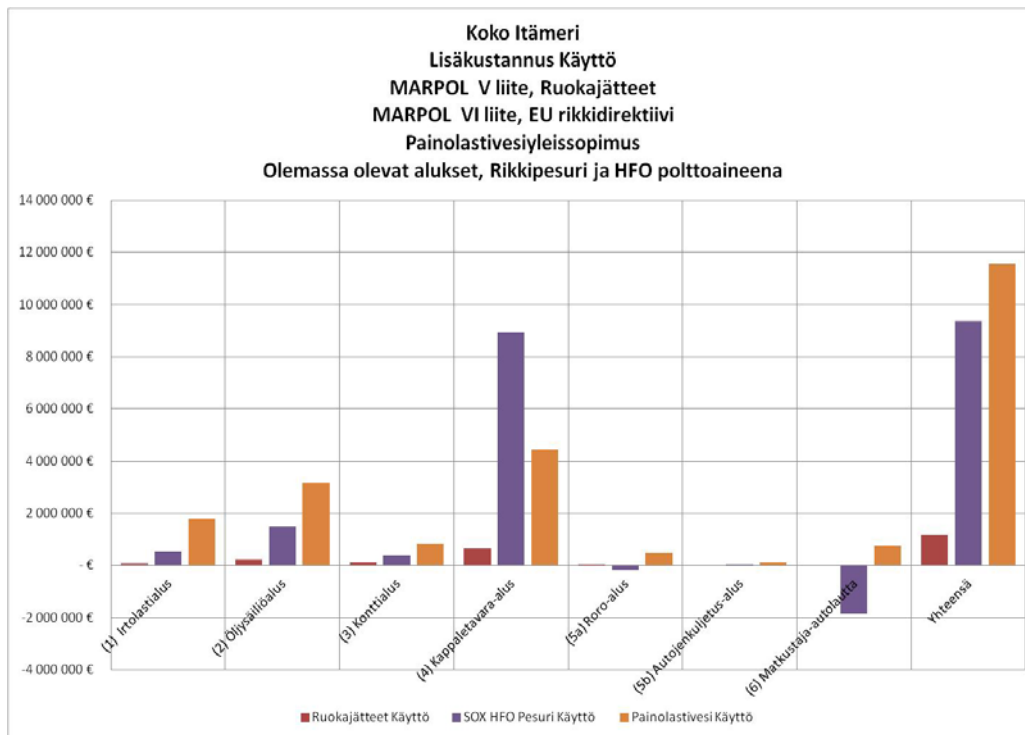


Kuva 51. Vuosittaiset sääntökohtaiset lisäkustannukset (käyttö/vuosi) alustyypeittäin.

10.3.2 HFO -käyttö yhdistettynä rikkipesuriin

10.3.2.1 Sääntökohtaiset kustannukset

Taulukossa 7 on esitetty sääntökohtaiset lisäkustannukset alustyypeittäin. Investointikustannukset on esitetty kokonaisinvestointina, käyttökustannukset vuosittaisena kustannuksena.



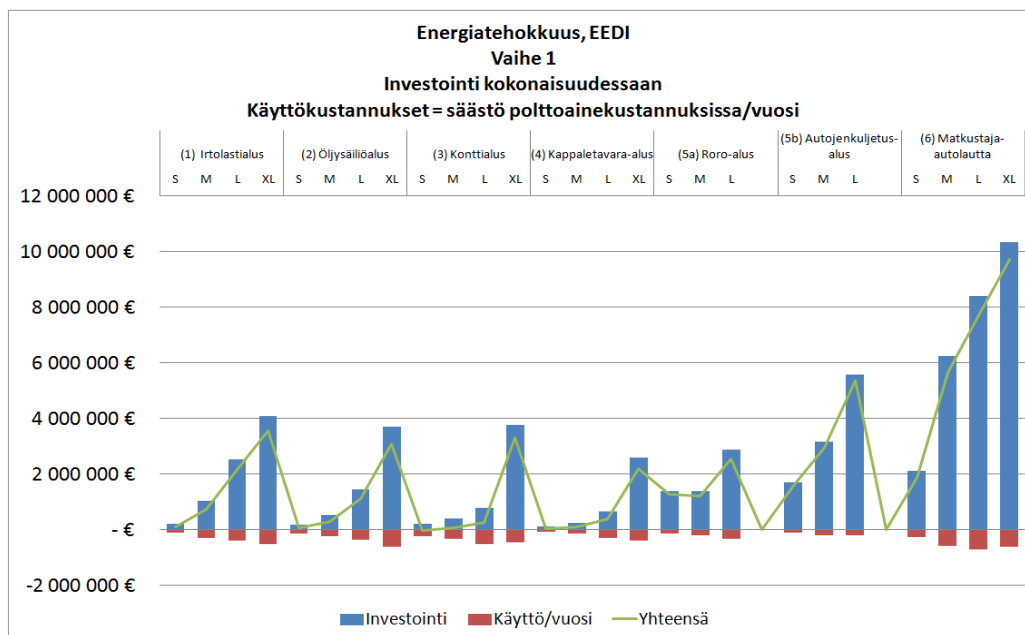
Kuva 53. Vuosittaiset sääntökohtaiset lisäkustannukset (käyttö/vuosi) alustyypeittäin.

10.4 Energiatehokkuus EEDI

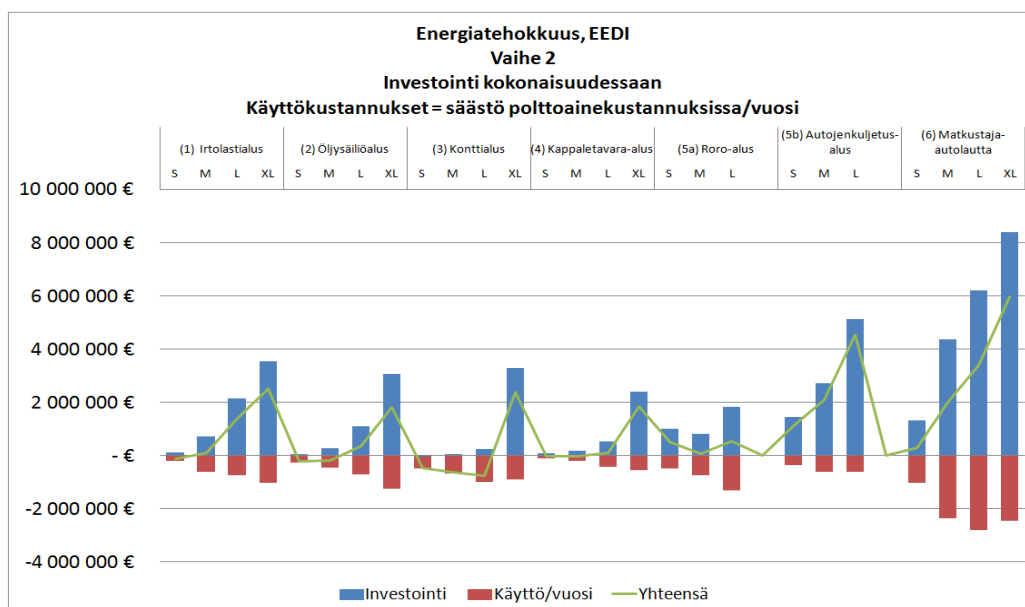
Kuvissa 54–56 on esitetty EEDI-vaiheiden 1, 2 ja 3 vaikutus verrattuna nykytilanteeseen.

Laskelmissa on oletettu, että sarjan ensimmäinen laiva, joka on myös esitetty kuvassa, kantaa kaikki prototyyppin lisäkustannukset. Pitkässä laivasarjassa lisäinvestointikustannukset tulevat käytännössä olemaan pienemmät alusta kohden.

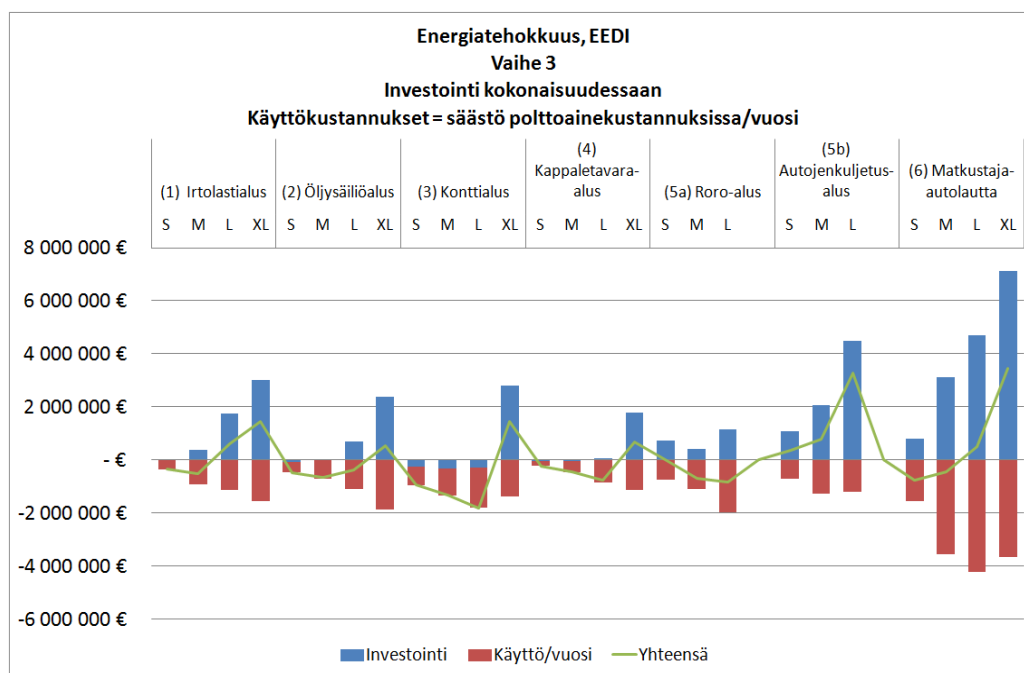
Erikoisratkaisuja kuten LNG:n käyttöä EEDI tason saavuttamiseksi ei ole huomioitu.



Kuva 54. EEDI vaihe 1. Kokonaisinvestointi ja käyttökustannukset (säästö) per vuosi verrattuna nykytilanteeseen.



Kuva 55. EEDI vaihe 2. Kokonaisinvestointi ja käyttökustannukset (säästö) per vuosi verrattuna nykytilanteeseen.



Kuva 56. EEDI vaihe 3. Kokonaisinvestointi ja käyttökustannukset (säästö) per vuosi verrattuna nykytilanteeseen.

10.5 IMO:ssa valmisteilla olevien merenkulun uusien ympäristömääräysten aiheuttamat kustannukset

Kansainvälisessä merenkulkujärjestössä on tällä hetkellä valmisteilla useita ehdotuksia merenkulun aiheuttamien haitallisten ympäristövaikutusten vähentämiseksi.

Aluksista aiheutuvan vedenalaisen melun vähentäminen

IMO:n meriympäristönsuojelukomitea on saanut valmiiksi ohjeet aluksista aiheutuvan vedenalaisen melun vähentämiseksi. Kyseiset ohjeet (Guidelines for the reduction of underwater noise from commercial fishing) on tarkoitus hyväksyä IMO:ssa lähiaikoina. Kyseisissä ohjeissa ei ole sitovia määräyksiä aluksista aiheutuvan melun vähentämiseksi, joten niistä ei aiheudu lisäkustannuksia merenkululle.

Musta hiili -päästöjen vähentäminen

Musta hiili -päästöt (Black Carbon) kiihdyttävät jäätiköiden sulamista Polaarialueilla, koska ne absorboivat auringonvaloa. Musta hiili -päästöjen rajoittamisesta keskustellaan IMO:ssa tekeillä olevan Polaarikoodin ympäristömääräysten kehitystyön yhteydessä. Mahdolliset vähentämistoimet koskisivat vain arktisia alueita. Tällä hetkellä IMO:ssa kehitellään musta hiili -päästöjen määritelmää kansainvälistä merenkulkua varten ja tutkitaan, mitä mittausmenetelmiä on käytettävissä musta hiili -päästöjen mittaamiseksi, ja mikä niistä olisi sopivin menetelmä, sekä selvitetään mahdollisuuksia vähentää näitä päästöjä. Näin ollen tällä hetkellä ei ole mahdollista arvioida tulevien mahdollisten musta hiili -päästörajoitusten merenkululle aiheuttamia kustannuksia. Suomeen suuntautuvalla merenkululle ei kyseisistä määräyksistä aiheutune kustannuksia, jos määräykset koskevat vain Polaarialueilla purjehtivia aluksia.

Kasvihuonekaasupäästöjen vähentäminen

Kuten edellä on todettu, IMO:ssa on hyväksytty määräykset uusien alusten energiatehokkuuden parantamiseksi. IMO:ssa on valmisteilla lisämääräyksiä, joiden avulla merenkulun CO₂-päästöjä voitaisiin edelleen vähentää erityisesti olemassa olevien alusten osalta. Taloudellisten ohjauskeinojen käyttöönotto aluksista aiheutuvien kasvihuonekaasupäästöjen vähentämiseksi on yksi ehdotus, jonka käyttöönotosta ei IMO:ssa kuitenkaan vielä ole päästy yhteisymmärrykseen. Mahdollisen hiilitonnin hinnoittelun aiheuttamat kustannukset Suomeen suuntautuvan meriliikenteen osalta on suhteellisen helppo laskea, kun tiedetään Suomeen suuntautuvan meriliikenteen kuluttaman polttoaineen kokonaismäärä. Polttoaineen kokonaismäärä kerrotaan CO₂ -muuntokertoimella, joka on noin 3,2 t CO₂/t polttoainetta. Polttoaineen nykykulutuksen perusteella (noin 2 milj. tonnia) saatu kokonaishiilidioksidimäärä 6,4 milj. tonnia kerrottuna hiilidioksiditonnille määrätyllä hinnalla (tällä hetkellä noin 5 €/t), saadaan kokonaiskustannuksiksi 32 miljoonaa euroa Suomeen suuntautuvan kansainvälisen meriliikenteen osalle. Laskelma perustuu polttoöljyn käyttöön alusten polttoaineena, eikä ota huomioon LNG:n käytön vaikutuksia.

Toinen mahdollisuus on, että taloudellisten ohjauskeinojen sijasta päädytään ottamaan käyttöön teknisiä lisämääräyksiä. Tällä hetkellä esillä on useita vaihtoehtoja: seurataan alusten polttoaineen kulutusta ja asetetaan sille jokin rajoitus, jaetaan kulutetun polttoaineen määrä kuljetulla matkalla ja näin saadulle indeksille määritetään raja-arvo, tai jaetaan kulutetun polttoaineen määrä kuljetussuoritteella (tonnimailleilla) ja näin saadulle indeksille asetetaan jokin rajoitus. Edellä mainitut rajoitukset voivat olla alus- tai alustyyppikohtaisia. Näiden mahdollisten tulevien uusien alusten energiatehokkuutta parantavien rajoitusten kustannusvaikutukset merenkululle lienevät vähäisiä.

11 Yhteenveto ja keskustelu

Uusien ympäristömääräysten aiheuttamat lisäkustannukset investointeina ja vuosittaisina lisäkäyttökustannuksina vaihtelevat eri alustyyppien ja kokoluokkien välillä sekä olemassa olevan tonniston että uudisrakennusten osalta. Tuloksista nähdään selvästi pääasiassa MARPOL-yleissopimuksen VI liitteen ja EU:n rikkidirektiivin aiheuttamat suuret investointikustannukset mikäli käytetään raskasta polttoöljyä yhdistettynä rikkipesuriin, ja toisaalta suuret käyttökustannukset mikäli käytetään kaasuöljyä. Irtolastialuksissa ja säiliöaluksissa korostuvat polttoaineesta riippumatta kuitenkin myös painolastiveden käsittelylaitteiston aiheuttamat korkeat investointikustannukset.

Näin on esimerkiksi keskisuurelle, olemassa olevalle irtolastialukselle laskettu kaikkien sääntöjen aiheuttamien lisäkustannusten olevan HFO-polttoaineella 4,5 M€ investointeina ja 38.000 € vuosittaisena lisäkäyttökustannuksena ja vastaavasti MGO-polttoaineella 1,5 M€ investointeina ja 1,3 M€ vuosittaisena lisäkäyttökustannuksena. Samantyyppisen ja – kokoisen uuden aluksen vastaavat investointikustannukset ovat 3,2 M€ (HFO) ja 1,3 M€ (MGO) sekä lisäkäyttökustannukset 237.000 € (HFO) ja 1,5 M€/vuosi (MGO).

Suurelle, olemassa olevalle, matkustaja-autolautalle vastaavat luvut ovat 9,0 M€ investointeina ja 55.000 € vuosittaisina säästöinä HFO polttoaineella, sekä 0,5 M€ investointeina ja 5,8 M€ vuosittaisena lisäkäyttökustannuksena MGO polttoaineena. Uudisrakennusalukselle vastaavat luvut ovat 7,0 M€ investointeina ja 0,7 M€ lisäkäyttökustannuksina HFO -ratkaisulla, sekä 2,2 M€ investointeina ja 6,6 M€ lisäkäyttökustannuksina vuodessa.

Kustannuslaskennan tulokset eri alustyypeille ja kokoluokille saattavat poiketa siitä, mitä esimerkiksi varustamot ovat laskeneet yksittäisille aluksille. Tässä tulee kuitenkin muistaa, että jokainen alus on jälkiasennuksen osalta uniikki, joten esimerkiksi asennuskustannukset saattavat hyvinkin poiketa aluksesta toiseen mahdollisista suurista muutostöistä johtuen. Tämän selvityksen tulokset edustavat kuitenkin hyvää keskiarvoa etenkin suurempia kokonaisuuksia tarkasteltaessa.

Näin on saatu vuosittainen kokonaislisäkustannus Suomeen suuntautuvalla liikenteelle, joka vaihtelee 460–490 M€/vuosi vuosina 2015–2031, mikäli käytetään MARPOL-yleissopimuksen uudistetun VI liitteen ja EU:n uuden rikkidirektiivin täyttämiseksi kaasuöljyä eli MGO:ta. Mikäli käytetään raskasta ja runsasrikkipitoista polttoöljyä (HFO) yhdistettynä rikkipesuriin, on lisäkustannus 120–140 M€/vuosi vuosina 2014–2023, jonka jälkeen lisäkustannus on keskimäärin n. 15 M€/vuosi. Käytännössä yleinen oletus on, että osa aluksista siirtyy käyttämään kaasuöljyä, kun taas osaan asennetaan rikkipesureita, jolloin loppu-tulos sijoittuu näiden kahden ääritapauksen väliin.

Nykyinen, Suomeen suuntautuvassa liikenteessä oleva aluskanta, tullaan asteittain korvaamaan uudisrakennuksilla. Tässä selvityksessä on tehty oletus että kokonaisaluslukumäärä pysyy Suomeen suuntautuvassa liikenteessä vakiona. Korvaaminen tapahtuisi 20 vuoden aikana tasaisesti vuosittain vuodesta 2021 eteenpäin. Tällöin on huomioitu uudisrakennuksissa Tier III NO_x-päästömääräysten aiheuttamat lisäkustannukset, jotka olisivat Itämerellä voimassa, jos Itämerestä tulee NECA -alue.

Kustannusten kehittymiseen pitkällä aikavälillä täytyy suhtautua varauksella. Lähivuosien osalta kustannusarvioita voidaan pitää kohtuullisen paikkansapitävinä, mutta aikaa myöten muutoksia voi tapahtua. Tähän vaikuttaa mm. polttoaineen hinnan kehitys, teknologiakehitys sekä vaihtoehtoisten polttoaineiden käyttöönotto. Myös olemassa olevan tonniston korvaaminen uudisrakennuksilla on vaikeasti arvioitava tekijä kuten myös miten nopeasti ja miten laajasti tämä korvaaminen tulevaisuudessa tapahtuu.

On myös otettava huomioon, että vain kerran vuodessa Suomen satamissa käyvät alukset, jotka liikkuvat muualla suurimman osan ajasta, eivät välttämättä täytä kaikkia Itämeren koskevia vaatimuksia ja jatkavat liikennöintiä muualla tulematta enää Itämerelle. Tällä saattaa olla vaikutusta logistiikkaketjuihin, eikä korvaava tonnisto siten ole välttämättä identtinen.

Laskennan tuloksia voidaan pitää enimmäiskustannuksina. Esimerkiksi painolastivesiyleissopimuksen kohdalla ei ole selvityksessä huomioitu sitä vaihtoehtoa, että tietyt linjaliikenteessä olevat alukset, jotka käyttävät erittäin pieniä painolastimääriä kuten matkustaja-autolautat, voisivat sinetöidä painolastitankkinsa ja siten olla asentamatta käsittelylaitosta. Myöskään sitä mahdollisuutta, että yksittäinen alus tietyllä reitillä riskiarvioinnin perusteella saisi vapautuksen, ei ole huomioitu, jolloin kokonaislisäkustannukset pienenevät. Vastavasti voidaan MARPOL-yleissopimuksen uudistetun V liitteen täyttämiseksi soveltaa Itämeren alueella käytössä olevaa ns. ”no special fee” -järjestelmää, jonka puitteissa alukset voivat jättää kaiken jätteensä ruokajätteet mukaan lukien maihin ilman erillismaksua, jolloin lisäkustannuksia nykykäytäntöön verrattuna ei synny.

12 Lyhenteet

DWT	Dead Weight Tonnage	Kuollutpaino, laivan kantavuus
GT	Gross Ton	Bruttorekisteritonni
HFO	Heavy Fuel Oil	Raskas polttoöljy
MGO	Marine Gas Oil	Kaasuöljy (puhdaslaatuinen tisle)
IMO	International Maritime Organisation	YK:n alaisuudessa toimiva kansainvälinen merenkulkujärjestö
LNG	Liquified Natural Gas	Nesteytetty maakaasu
MEPC	Marine Environment Protection Committee	IMO:n Meriympäristönsuojelukomitea
MARPOL	International Convention for the Prevention of Pollution from Ships	Kansainvälinen yleissopimus, joka sääntelee merenkulun päästöjä ilmaan ja veteen
BWT	Ballast Water Treatment	Painolastiveden käsittely
SO _x	Sulphur Oxide	Rikin oksidi
NO _x	Nitrogen Oxide	Typen oksidi
SCR	Selective Catalytic Reduction	Laivakatalysaattori typen oksidien vähentämiseksi

Liite 1

Yhteenveto aikaisempien selvitysten johtopäätöksistä ja näiden hyödyntämisestä

Tämän selvityksen puitteissa on tutkittu alla luetellut (1–12) selvitykset ja raportit, jotka koskevat uusien määräysten seuraamuksia sekä merenkululle ja merikuljetuksille aiheuttamia kustannuksia, ja jotka sisältävät eritasoisia kustannuslaskelmia. Aiheesta löytyy todennäköisesti enemmänkin selvityksiä. Tässä työssä tutkitut selvitykset on valittu Trafin toimesta.

- (1) Hänninen, Saara; Sassi, Jukka, 2009. *Estimated nutrient load from waste waters originating from ships in the Baltic Sea area – Updated 2009*, NO VTT-R-07396-08, 20.3.2009.
- (2) MEPC 60/INF.4, *Information on the proposal to designate the Baltic Sea as a Special Area under MARPOL Annex IV submitted by Denmark, Estonia, Finland, Germany, Lithuania, Latvia, Poland, the Russian Federation and Sweden*
- (3) Laine, Valtteri ja Vuola, Mette. *Teema-analyysi: MARPOL yleissopimuksen V liitteen kokonaisuudistus – vaikutusten arviointi lastijäämien osalta*, Trafi 2012.
- (4) AEA, 2009. *Cost Benefit Analysis to Support the Impact Assessment accompanying the revision of Directive 1999/32/EC on the Sulphur Content of certain Liquid Fuels, Final Report. Report to European Commission, ED45756, Issue 3, 23rd December 2009.*
- (5) Juha Kalli, Tapio Karvonen ja Teemu Makkonen, 2009. *Laivapolttoaineen rikkipitoisuus vuonna 2015. Selvitys IMO:n uusien määräysten vaikutuksesta kuljetuskustannuksiin. Liikenne- ja viestintäministeriön julkaisuja 20/2009.*
- (6) Juha Kalli, 2012. *Päivitys: Laivapolttoaineiden rikkipitoisuus vuonna 2015. Selvitys IMO:n uusien määräysten vaikutuksesta kuljetuskustannuksiin. Turun yliopisto, Merenkulkualan koulutus- ja tutkimuskeskus.*
- (7) HELCOM Maritime 11/2012, Document 7/3, *Emissions from Baltic Sea Shipping in 2011 (sisältää Itämeren meriliikenteen polttoaineenkulutustiedot vuodelta 2011).*
- (8) US Department of Transport, 2011. *Exhaust Gas Cleaning Systems Selection Guide. File No. 10047.01, 22 February 2011, Rev. A*
- (9) *Proposal of the Baltic Sea States to designate the Baltic Sea as an Emission Control Area, draft, 7 February 2012*
- (10) BLG 17/INF.7. *Investigation of appropriate control measures (abatement technologies) to reduce Black Carbon emissions from international shipping*
- (11) Kaj Riska & Harri Eronen, ILS Oy, 2011. *Impact of the proposed Energy Efficiency regulations on Baltic Tankers and Bulk carriers*
- (12) *Preview of global ballast water treatment markets by DM King, PT Hagan, M. Riggio and DA Wright. Journal of Marine Engineering and Technology, Vol 11, No 1, January 2012.*

1. MARPOL-yleissopimuksen IV liitettä koskevat selvitykset (matkustaja-alusten jätevedet)

Tutkitut aikaisemmat selvitykset

- (1) *Hänninen, Saara; Sassi, Jukka, 2009. Estimated nutrient load from waste waters originating from ships in the Baltic Sea area – Updated 2009, NO VTT-R-07396-08, 20.3.2009.*
- (2) *MEPC 60/INF.4, Information on the proposal to designate the Baltic Sea as a Special Area under MARPOL Annex IV submitted by Denmark, Estonia, Finland, Germany, Lithuania, Latvia, Poland, the Russian Federation and Sweden.*

1.1 Tavoite ja perusteet

Vuonna 2009 tehdyn selvityksen (1) varsinainen tarkoitus on ollut Itämereen kohdistuvan ja merenkulun aiheuttaman ravinnekuormituksen eli laivaliikenteen aiheuttamien typpi- ja fosforipäästöjen selvittäminen. Selvitys on päivitys vuonna 2007 tehdystä alkuperäisselvityksestä. Päivitety version toisena tarkoituksena on ollut uusia vaatimuksia täyttävän puhdistusteknologian ja siihen liittyvien kustannusten arviointi sekä satamien jätevesien vastaanottokapasiteettien selvittäminen. Selvityksen tarkoitus on myös ollut informaation kerääminen ad hoc HELCOM Correspondance Groupin työskentelyä varten. Selvityksessä on erityisesti kiinnitetty huomiota seuraaviin asioihin

- markkinoilla olevien typpeä ja fosforia vähentävien puhdistuslaitosten saatavuus
- matkustaja-alukisen vapaaehtoinen jätevesien maihin toimittaminen satamissa
- maihin toimittamiseen liittyvät tekniset ongelmat
- mereen pumpattavien jätevesien ympäristöseuraamukset

Raportin (2) tarkoitus oli tarjota tausta-aineistoa MEPC 60:lle jossa käsiteltiin Annex VI:n muutokset ja erikoisalueen (Special Areas) määrittely. Selvityksestä ilmenevät tiedot pohjautuvat pääasiallisesti selvitykseen (1).

Keskeiset tulokset ja havainnot

Kustannusten selvittämiseksi on pyydetty tarjouksia puhdistuslaitteistoista sekä suorituskykyarvoja laitevalmistajilta. Tarjouksia pyydettiin yhteensä 11 kpl. Kolme laitetoimittajaa vastasi mutta ainoastaan yksi toimittaja antoi kattavan tarjouksen. Tarjouspyyntö koski 3300 hengen risteilyalusta. Tuloksena on saatu ns. turnkeyhinta joka on 3–3,5 M€/alus. Tämän lisäksi on ilmoitettu laitteiston operointikustannuksia 153.000 €/vuosi sekä yksittäiskulu 686.000 € joka 10. vuosi (Evac 2008).

Selvityksestä (2) ilmenevät luvut ja kustannukset pohjautuvat selvityksessä (1) käytettyihin investointi- ja käyttökustannuksiin. Tuloksena on laskettu vuosikustannus Evac tyyppiselle laitteistolle jossa lisänä fosforin ja typen vähentämistoiminto käyttämällä NEFCO:n laskentamallia. Lisäksi on laskelmissa huomioitu lisäinvestointi 0,7 M€ (lähde tuntematon mutta lienee Evac) fosforin ja typen vähentämistä varten eli n. 100.000 €/vuosi.

Tämän lisäksi on laskettu myös yksikkökustannus fosforin ja typen poistamiseksi jolloin tuloksena on saatu 16,6–30,3 €/kg P sekä 5,5–10,1 €/kg N. Korkokantana on käytetty 5 % ja kuoletusaikana 10 vuotta (todettu myös että oikeampi aika lienee 20–30 v.). Muita lähtöarvoja ei ole ilmoitettu.

Selvityksessä todetaan että fosforin ja typen poistaminen laivojen jätevesistä laivojen omis-
sa puhdistuslaitteistoissa on hyvin kustannustehokasta verrattuna kaupunkien jätevesipuh-
distukseen sekä maanviljelyyn. Lisäksi todetaan kuitenkin että ravinneaineita kuten fosforia
ja typpeä vähentäviä laivoja varten kehitettyjä puhdistusjärjestelmiä on markkinoilla ollut
hyvin rajoitetusti silloin, kun selvitys valmistui.

Selvityksessä ilmenee myös rajoitettua tietoa Itämeren satamien vastaanottokapasiteeteista
sekä maihin pumpatuista määristä. Alueella liikennöivien laivojen lukumäärä sekä matkus-
tajamäärät on selvitystä varten saatu mm. satamilta.

Selvityksien (1) ja (2) hyödynnettävyys

Selvityksestä ilmenevät tiedot eivät sellaisinaan luo riittävää pohjaa tämän uuden säännön
aiheuttamien kokonaiskustannusten laskemiselle. Uusien sääntöjen vaatimustasoa täyttävän
jäteveden käsittelylaitteiston asentamiseen liittyvä kustannusarvio löytyy ainoastaan yhdelle
esimerkkialukselle ja tieto on ilmeisesti tänä päivänä vanhentunut. Selvityksistä ei myös-
kään ilmene aluskohtaisesti mitkä linjaliikenteessä olevat alukset toimittavat jo nyt jäteve-
tensä maihin ja moneenko alukseen uuden laitteiston asentaminen kohdistuisi. Varastointi-
kapasiteetin laajentamiseen liittyviä mahdollisia kustannuksia ei myöskään ole käsitelty.

Myös laitetoimittajien uusia hintatietoja sekä laitteistojen kehitys viime vuosien aikana tuli-
si ottaa huomioon.

Kesäsesonkina Itämerellä liikkuvat suuret risteilyalukset muodostavat oman alusryhmän
tämän selvitystyön puitteissa. Niiden mahdollinen mukaan ottaminen kustannusarvioinnis-
sa päätetään toisessa vaiheessa.

2. MARPOL-yleissopimuksen V liitettä koskevat selvitykset (lastijäämät ja ruokajätteet)

Tutkitut aikaisemmat selvitykset

(3) *Laine, Valtteri ja Vuola, Mette. Teema-analyysi: MARPOL-yleissopimuksen V liitteen kokonaisuudistus – vaikutusten arviointi lastijäämien osalta, Trafi 2012.*

2.1 Tavoite ja perusteet

Vuonna 2012 tehdyn selvitystyön (3) varsinainen tarkoitus on ollut kiinteitä jätteitä koskevan uudistuksen ja sen aluksen lastijäämiä koskevan sääntelyn vaikutusten arviointi suomalaiselle yhteiskunnalle.

2.2 Keskeiset tulokset ja havainnot

Selvitys sisältää toimittajakohtaisten vaikutusten arviointi mutta ei sisällä varsinaisia kustannustietoja. Välittömiä kustannusvaikutuksia ovat satamien ja varustamoiden laitteistoihin liittyvät investoinnit sekä niiden seurauksena rahdattavan raaka-aineen kuljetuskustannusten nousut. Välilliset kustannukset syntyvät teknologia- ja pesupalveluyrityksille sekä valvontaviranomaisille.

Investoinnit muodostuvat pesuvesien käsittely- ja keräilylaitteista (laittekokonaisuus sekä asennus) sekä mahdollisista varastotankeista. Käyttökustannukset muodostuvat välivarastoinnista, lajittelusta, puhdistuksesta ja suodatuksesta. Muut mahdolliset kustannukset tai kustannusvaikutukset ovat mm. pidentyvät satama-ajat.

Meriympäristölle haitallisten irtolastiaineiden sitova haitallisuusluokitusten puuttuminen vaikeuttaa kustannustietojen arviointia. Investoinnit lisäävät myös kilpailua jolloin kustannukset muuttuvat myöhemmin tuottaviksi. Puhdistusten kulujen vastuukysymykset ja maksumelvoitteet on tarkkaan määrättävä kustannusten kohdentamiseksi.

Selvityksen (3) hyödynnettävyys

Selvitystä (3) voidaan hyödyntää osittain tämän selvityksen 2. vaiheessa, käyttämällä todennäköisiä vaikutusketjuja ja selvittämällä niiden kustannusvaikutuksia. Tämä koskee pääosin satamia.

Ruokajätteiden käsittelyyn liittyvien kustannusten arvioiminen ei kuulunut selvityksen (3) piiriin joten näitä tulee selvittää erikseen.

3. MARPOL-yleissopimuksen VI liitettä (ilmansuojelu) ja EU:n rikkidirektiiviä koskevat selvitykset

Alla käsitellään selkeyden vuoksi typpipäästö- ja rikkipäästörajoituksia erikseen. Selvityksissä on esitetty tänään teknisesti ja taloudellisesti tiedossa olevat keinot, joiden avulla sääntöjen asettamat päästörajoitukset voidaan täyttää.

3.1 Typpipäästöt

Tutkitut aikaisemmat selvitykset

(4) AEA, 2009. *Cost Benefit Analysis to Support the Impact Assessment accompanying the revision of Directive 1999/32/EC on the Sulphur Content of certain Liquid Fuels, Final Report. Report to European Commission, ED45756, Issue 3, 23rd December 2009.*

Tavoite ja perusteet

Selvityksessä (4) on tarkasteltu päästörajoitusvaatimusten vaikutuksia (vuosille 2015 ja 2020):

- analysoimalla niitä hyötyjä joita saavutetaan uusilla IMO:n polttoaine- ja koneistostandardeilla sekä päästöjen kontrollialueiden (SECA, NECA) laajennuksella.
- laskemalla määräysten aiheuttamat lisäkustannukset

Käsiteltäviä alueita ovat: Itämeri, Mustameri, Välimeri, Koillis-Atlanti ja Pohjanmeri

Skenaariona on oletettu että kaikki alukset, jotka on rakennettu 1.1.2016 ja sen jälkeen ja purjehtivat Itämerellä, Pohjanmerellä ja Englannin kanaalilla sekä Välimerellä täyttävät Tier III vaatimuksia.

Selvityksessä on laskettu ns. ”unit abatement cost” eli kustannus per tonni päästövähennystä ”Cost per tonne emission reduced”. Tätä arvoa on käytetty, kun on laskettu kokonaiskustannuksia eri merialueille.

Suurimmat operointikustannukset ovat käytetty urea sekä katalyytin vaihto muutaman vuoden välein. Oletettu Urean hinta 0,2 €/l.

Oletuksena on että alus operoi 4000 tuntia merellä (NECA alueella).

Investointikustannus 32–64 EUR/kW (medium speed) ja 36–59 EUR/kW (slow speed)

Laitteiston käyttöikä 25 vuotta.

Tarkastelu on tehty vuodelle 2020.

Keskeiset tulokset ja havainnot

Selvityksessä todetaan että katalysaattori (SCR) on tänä päivänä tehokkain ja ainoa toimiva ratkaisu typpioksidipäästöjen vähentämiseksi (jos käytetään öljyä polttoaineena).

Pakokaasujen kierrätys (Exhaust Gas Recirculation) on kehitteillä oleva keino ja tämä yhdistettynä vesiruiskutukseen (Water Injection) näyttää olevan edullisempi vaihtoehto tulevaisuudessa.

Table 7.8: Tier cost estimates used in this study

Tier Costs			Inv [k€/vessel]	Lifetime [year]	O&M [k€/vsl]	Fuel cost [k€/vsl]	Annual cost [k€]	Costs / tonne NO _x [€]
vintage	Tech	Tech spec						
Retrofit	Tier I	Basic IEM	9	2.5	0	0	4	8
New	Tier II	Adv. IEM	129	25	0	0	8	17
New (0.1% S)	Tier III	EGR+WIF	743	25	15	103	166	340
New (0.5% S)	Tier III	EGR+WIF	743	25	22	103	173	350
New (1.45% S)	Tier III	EGR+WIF	743	25	39	103	190	390
New (2.7% S)	Tier III	EGR+WIF	743	25	65	103	215	440
New	Tier III	SCR	949	25	169	0	297	600

Taulukosta nähdään että katalysaattorin asennuksesta ja käytöstä aiheutuvat keskimääräiset kustannukset ovat 297 000 €/alus/vuosi (käyttökustannukset 169 000 €/vuosi ja investointikustannukset 128 000 €/vuosi).

Vuosittaiset lisäkustannukset Itämerellä ovat tämän arvion mukaan 41–70 M€ (2020).

Selvityksen (4) hyödynnettävyys

Kustannukset muodostuvat 1.1.2016 jälkeen rakennetuista uusista laivoista joihin on asennettu katalysaattori tai muu typpioksideja vähentävä tekniikka. Oletuksena on että maailman kauppalaivaston ikärakenne on sama vuonna 2020 kuin se oli vuonna 2005.

Päivittämällä laite- ja operointikustannuksia sekä laivojen liikennemääriä voidaan kustannuslaskentaa päivittää. Vastaavasti voidaan kustannukset laskea myös Suomeen kohdistuvalle liikenteelle.

(7) HELCOM Maritime 11/2012, Document 7/3, Emissions from Baltic Sea Shipping in 2011 (sisältää Itämeren meriliikenteen polttoaineenkulutustiedot vuodelta 2011).

Tavoite ja perusteet

Raportti sisältää Itämeren meriliikenteen polttoaineenkulutustiedot vuodelta 2011 sekä NO_x- ja SO_x-päästömäärät.

Keskeiset tulokset ja havainnot

Table 1. Summary of key results from Baltic Sea shipping in 2011

Pollutant	2011	2010	Change, %
NO _x , kt	373	344.5	+8 %
SO _x , kt	78.7	90.2	-13 %
CO, kt	71.5	62.9	+14 %
PM*, kt	22.7	23.4	-3 %
<i>of which</i>			
<i>Elementary Carbon, kt</i>	2.6	2.4	+9 %
<i>Organic Carbon, kt</i>	6.7	6.1	+10 %
<i>Ash, kt</i>	1.9	1.7	+9 %
<i>Hydrated SO₄, kt</i>	11.5	13.2	-13 %
CO ₂ , Mt	18.9	17.3	+10 %
Fuel, kt	6220	5676	+10 %
Energy use, petajoules (10 ¹⁵ J)	266	242	+10 %
Vessels with IMO number	7527**	7109**	+6 %
Small vessels, no IMO number	5478 [†]	3953 [†]	+39 %
Cargo throughput (DWT*km), in 10 ⁹ t km	634 [‡]	591 [‡]	+7 %

Selvityksen (7) hyödynnettävyys

Selvityksessä annettuja kulutus- ja päästömääriä voidaan käyttää jatkoselvityksissä (vaihe 2).

(8) US Department of Transport, 2011. Exhaust Gas Cleaning Systems Selection Guide. File No. 10047.01, 22 February 2011, Rev. A

Tavoite ja perusteet

Tämä selvitys ei käsittele typpipäästöjä erikseen, mutta korostaa että varustamon on huomioitava typpipäästövaatimuksia, kun valitsee menetelmän rikki- ja typpipäästövähenemistä varten. Esimerkiksi katalyysaattori toimii tehokkaimmin kuumassa, kuivassa ja alhaisen rikki- ja typpipitoisuuden omaavassa pakokaasuvirrassa.

Selvityksen (8) hyödynnettävyys

Selvitys (8) ei anna lisäarvoa tähän selvitykseen.

(9) *Proposal of the Baltic Sea States to designate the Baltic Sea as an Emission Control Area, draft, 7 February 2012*

Tavoite ja perusteet

Tässä selvityksessä esitetään että Itämeri tehtäisiin typpipäästöjen rajoitusalueeksi (NECA). On tarkasteltu laivojen typpioksidipäästöjä, niiden vaikutusta ilmanlaatuun, ekosysteemeihin ja ihmisten terveyteen.

Säännöstä koituvat lisäkustannukset on laskettu perustuen nykyiseen Itämeren laivaliikenteeseen ja polttoainekulutukseen. Polttoaineen kulutus- ja NO_x-päästöarvot on saatu SNOOP mallista perustuen 2008 tilastoon (Jalkanen et al., 2009).

Laivojen romutusikä on oletettu olevan 30 vuotta. Kaikki yli 30 vuotta vanhat alukset korvataan uusilla Tier vaatimuksia täyttävillä aluksilla.

Lisäksi liikenne on oletettu kasvavan 2 % vuosittain.

Laitte- ja operointikustannukset perustuvat MEPC 59/6/5 ja ENTEC 2005 lähteisiin. Lisäksi yksi laitetoimittaja on päivittänyt hintoja tuoreemmalla tiedolla. SCR laitteiston kustannuksena on käytetty 50 €/kW.

Laitteiston ikä 25 vuotta.

Korkokanta 5 % ja 10 %.

Urean hinta on suurin yksittäinen käyttökustannus 80 %. (7,5–10 % polttoainekustannuksista).

Kaksi skenaariota on tutkittu:

1. Kaikki uudet alukset varustetaan SCR laitteistolla 2016
2. SCR laitteisto asennetaan aluksiin, jotka edustavat 95 % NO_x-päästöistä (laivatyypeittäin). Tällä olettamuksella jätetään pois alukset, jotka liikkuvat vain satunnaisesti NECA alueella.

Keskeiset tulokset ja havainnot

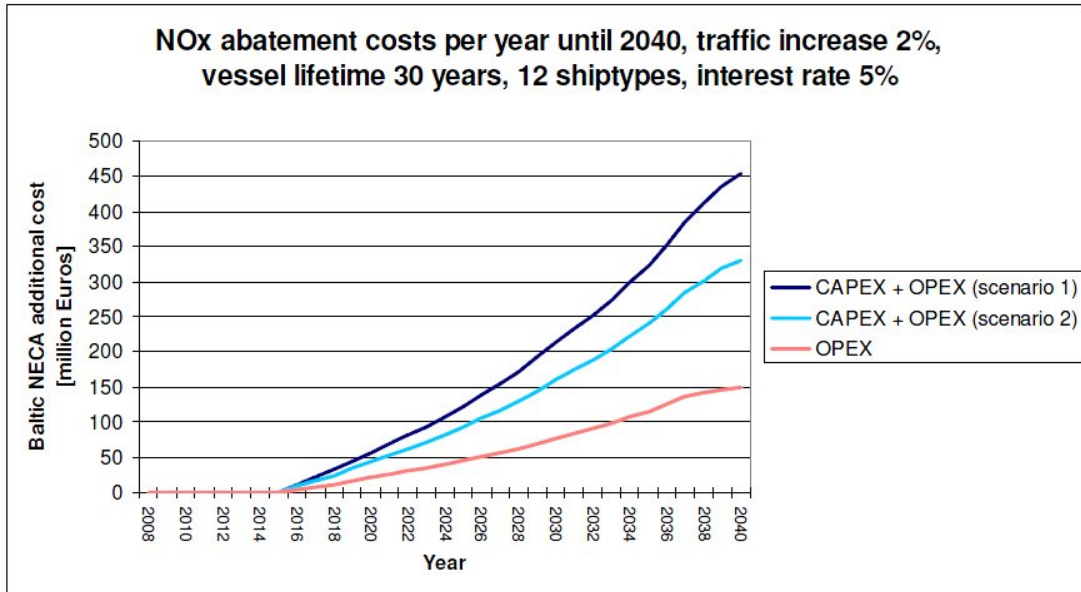
Keskimääräiset kustannukset vähentää typpipäästöjä ovat tämän selvityksen mukaan 1316–1844 €/ton NO_x.

Tyypin vähentäminen RoRo, RoPax ja konttialuksille on erityisen kustannustehokasta (kustannus alle 3000 €/ton N = 912 €/ton NO_x).

Rahtikustannukset tulevat Tier III vaatimuksista johtuen kasvamaan 2–4,6 % riippuen laivatyypeistä ja koosta.

Lisäkustannus tulee kasvamaan asteittain 1.1.2016 jälkeen koska Tier III vaatimukset koskevat vain usia aluksia. Kustannukset ovat 76,6 MEUR/v vuonna 2020 ja 289 MEUR/v vuonna 2030 (skenaario 1) ja 55,6 MEUR/v vuonna 2020 ja 206 MEUR/v vuonna 2030 (skenaario 2).

Tämä on linjassa AEA selvityksen kanssa (4) missä luvut vuodelle 2020 ovat välissä 41-70 MEUR/v.



Selvityksen (9) hyödynnettävyys

Tuloksista nähdään ne laivatyytit, jotka edustavat suurimpia NOx-päästömääriä. Näille voidaan tehdä tarkempia analyyseja koska ne edustavat suhteessa aika pientä lukumäärää.

Liikennemäärät koskevat koko Itämeren ja ovat vuodelta 2008. Tulokset voidaan käyttää sellaisenaan tai korjata uudemman liikennöintitiedon mukaan, jos sellainen saadaan. Näistä saadaan kuitenkin hyvä vertailuluku.

Tulos ei kerro mitään Suomeen kohdistuvasta liikenteestä, mutta vastaava laskenta voidaan tehdä, kun tiedetään Suomeen kohdistuvan liikenteen määrä ja alusjakauma tyypeittäin.

3.2 Rikkipäästöt

Yhteenveto rikkipäästöjä vähentävistä tekniikoista on esitetty liitteessä 3 (Liite 3, keinot rikkioksidipäästöjen vähentämiseksi).

Selvitysten investointi- ja käyttökustannukset sekä muut tulokset on koottu kaikkien selvitysten osalta myös omiin taulukkoihin, liite 1.

Tutkitut aikaisemmat selvitykset

(4) AEA, 2009. *Cost Benefit Analysis to Support the Impact Assessment accompanying the revision of Directive 1999/32/EC on the Sulphur Content of certain Liquid Fuels, Final Report. Report to European Commission, ED45756, Issue 3, 23rd December 2009.*

Tavoite ja perusteet

Tässä raportissa on tarkasteltu päästörajoitusvaatimusten vaikutuksia (vuosille 2015 ja 2020):

- analysoimalla niitä hyötyjä joita saavutetaan uusilla IMO:n polttoaine- ja koneistostandardeilla sekä päästöjen kontrollialueiden (SECA, NECA) laajennuksella.
- laskemalla määräysten aiheuttamat lisäkustannukset
- arvioimalla ne vaikutukset, kustannukset, uhat ja tekniset vaatimukset, jotka liittyvät rikkipesureiden käyttöön ja vähärikkisen tisleen käyttöön laivan höyrykattiloissa. (Säännöt vähärikkisen polttoaineen käytöstä satamissa astui voimaan 1.1.2010 ja pitäisi olla toteutettu jo eikä näiden sääntöjen vaikutusta käsitellä tässä yhteenvedossa).

Käsiteltyjä alueita ovat: Itämeri, Mustameri, Välimeri, Koillis-Atlanti ja Pohjanmeri

Selvityksessä on laskettu ns. "unit abatement cost" eli kustannus per tonni päästövähennystä "Cost per tonne emission reduced". Tätä arvoa on käytetty, kun on laskettu kokonaiskustannuksia eri merialueille.

Todetaan että investoinnin suhteen tärkeimmät tekijät ovat, onko kyseessä uusi vai vanha laiva sekä minkälainen pesuri tullaan asentamaan. Selvityksessä on esitetty kustannusarvioita investoinneille sekä uudisrakennuksille että jälkiasennuksille.

Käyttökustannuksia on pyritty huomioimaan kattavasti kuten:

- polttoainekustannukset
- pesurien lisätehon tarve
- ylläpitokustannukset
- lipeän kustannukset
- makean veden tuottokustannukset
- jätteen poistokustannus (sludge disposal cost)

Polttoaineen perustana (baseline) on käytetty vuoden 2006 vaatimusta (max 1,5 % S). Korkearikkinen polttoaine 2,94 % S on käytetty pesurin kanssa.

Polttoaine-kustannukset Purvin& Gertz (2009) ennusteen mukaan. 2,94 % S = 420 \$/ton, 1,5 % = 400 \$/ton, 0,1 %S = 700\$/ton.

Kaikki kustannukset ovat €2005 tasoa. 4 % korkokantaa on käytetty laskelmissa.

Tarkastelu on tehty vuosille 2015 ja 2020

Keskeiset tulokset ja havainnot

Laskettu rikin vähentämiskustannus (abatement cost €/ton SO_x)

Merivesipesuri	500– 885 €/ton (uudisrak. – jälkiasennus)
Makeavesipesuri	1730–2505 €/ton (uudisrak. – jälkiasennus)
Siirto MGO käyttöön	3053–3700 €/ton

Käyttämällä rikkipesuria rikin vähentämisen kustannukset koko Itämeren alueella:

168 – 561 MEUR₂₀₀₅ vuodessa (2015).

120 – 540 MEUR₂₀₀₅ vuodessa (2020).

Käyttämällä matalarikkistä polttoainetta (0,1 % S MGO) vastaavat kustannukset ovat:

901 – 1080 MEUR₂₀₀₅ vuodessa (2015).

977 – 1180 MEUR₂₀₀₅ vuodessa (2020).

Selvityksen (4) hyödynnettävyys

Tässä selvityksessä on käytetty vuoden 2006 rikkipäästövaatimusta (1,5 % S -> 0,1 % S) perustana ja kustannussäästöt on verrattu tähän tasoon, joten tulokset eivät täysin vastaa tämän päivän tasoa (1 %S -> 0,1 % S).

Selvityksessä käytetyt kustannustiedot ovat suhteellisen vanhoja.

Käytetyt polttoainekustannukset eivät vastaa tämän päivän tasoa.

Annettu hintahaarukka rikkipesureille riippuu pesurin tyypistä. Makeavesipesuri on huomattavasti merivesipesuria kalliimpi. Koska merivesipesuri ei toimi Itämeren matalan suolapitoisuuden vesissä, on käytettävä makeavesipesuria, ja kustannukset ovat lähempänä annetun haarukan yläarvoa.

Tämä selvitys on ainoa, joka käsittelee koko Itämerta rikkipäästöjen osalta, joten tästä raportista saadaan ainakin yksi vertailupiste.

- (5) *Juha Kalli, Tapio Karvonen ja Teemu Makkonen, 2009. Laivapolttoaineen rikkipitoisuus vuonna 2015. Selvitys IMO:n uusien määräysten vaikutuksesta kuljetuskustannuksiin. Liikenne- ja viestintäministeriön julkaisuja 20/2009*
- (6) *Juha Kalli, 2012. Päivitys: Laivapolttoaineiden rikkipitoisuus vuonna 2015. Selvitys IMO:n uusien määräysten vaikutuksesta kuljetuskustannuksiin. Turun yliopisto, Merenkulkualan koulutus- ja tutkimuskeskus.*

Tavoite ja perusteet

Tässä selvityksessä on tarkasteltu rikkipäästörajoitusvaatimusten vaikutuksia kuljetuskustannuksiin vuonna 2015. Vuonna 2012 tehty selvitys on päivitys vuonna 2009 tehdystä jotta tässä käsitellään molempia yhdessä. Vain vuoden 2012 päivitysraportin lukuja esitetään alla.

Laskelmat on tehty kahdelle ryhmälle vuonna 2011 Suomeen kohdistuvasta liikennemäärästä: kaikki suomessa käyneet laivat ja suomalaiset laivat (allokoituna Suomessa käyneille).

Lisäkustannukset on laskettu polttoaineenkulutuksen perusteella, jos kaikki alukset siirtyvät käyttämään matalarikkistä polttoainetta. Laskelmissa ei ole huomioitu Itämeren olosuhteisiin soveltuvan rikkipesurin mahdollisesta käytöstä saavutettavaa säästöä polttoainekuluissa.

STEAM-mallin tuloksia ja Liikenneviraston tilastoa vuonna 2011 Suomessa käyneiden alusten osalta soveltaen on tehty arvio Suomen ulkomaanliikenteen polttoainekulutuksesta SECA-alueella. Lisäksi on arvioitu suomen lipun alla olevien suomeen suuntautuvan liikenteen polttoainekulutusta.

On laskettu kuinka paljon laivojen polttoainekustannukset tulevat nousemaan vuonna 2015 voimaantuvan laivapolttoaineiden 0,1 % rikkipitoisuusrajan vuoksi, eli lisäkustannus, jos siirrytään 1% rikkiä sisältävästä polttoaineesta 0,1 % sisältävään polttoaineeseen. On myös arvioitu että tänään käytetyn vähärikkisen keskitisleen osuus on noin 15 %.

Korkearikkinen polttoaine 1,0 % S, Vähärikkinen MGO 0,1 % S hintaero 199 €/ton. (Rotterdam 7.8.2012)

Selvityksessä esitetään myös arviot rikkipesurin soveltuvuudesta suomalaisille laivoille.

Keskeiset tulokset ja havainnot

Lisäkustannus, jos kaikki alukset siirtyvät käyttämään 0,1% rikkiä sisältävää polttoainetta Suomessa käyneet laivat:

$2,2 \text{ Mtonnia/vuosi} \cdot 0,85 \cdot 199 \text{ €/tonni} = 371 \text{ miljoonaa € vuodessa.}$

Suomalaiset laivat:

$0,38 \text{ Mtonnia/vuosi} \cdot 0,85 \cdot 199 \text{ €/tonni} = 64 \text{ miljoonaa € vuodessa.}$

Rikkipesurien soveltuvuus suomalaisille laivoille

Tekniseen soveltuvuuteen vaikuttavat esimerkiksi aluksesta löytyvä tila ja vakavuus. Tekniset haasteet tekevät pesuriasennuksesta ja kustannuksista laivakohtaisen ja siten osaltaan vaikuttavat taloudelliseen soveltuvuuteen.

Rikkipesurit mahdollistavat laivojen operoinnin halvemmalla polttoaineella tiukentuvien polttoaineen rikkipitoisuutta rajoittavien rajoitusten astuessa voimaan SECA-alueilla ja myöhemmin maailmanlaajuisesti.

Mitä suurempi hintaero matala- ja korkearikkisen polttoaineen välillä on sitä suuremman taloudellisen hyödyn rikkipesuriin investoinut laivavarustamo saa.

Raskaan polttoöljyn (rikkiä alle 3,5 %) ja alle 0,1 % rikkiä sisältävän keskitisleen hintaero ja kulutus SECA -alueella ovat merkittävimmät tekijät, jotka määräävät laitehankinnan kannattavuuden, eli taloudellisen soveltuvuuden. Myös laivan odotettavissa oleva elinikä ja mahdollisesti menetetty kapasiteetti pitää huomioida.

Jotta rikkipesurin asentaminen olisi taloudellisesti kannattava investointi, on laivan polttoaineenkulutuksen SECA -alueella oltava riittävän suuri. Reynoldsin mukaan, selvitys (8), polttoainekulutuksen SECA alueella tulisi olla yli 4000 tonnia.

Suomalaisia laivoja tarkastellussa laivueessa (Suomessa käyneet laivat) on 124, joista 44 aluksella polttoainekulutus SECA-alueella on yli 4 000 tonnia vuodessa. Näistä valtaosa on ro-ro -lastialuksia ja ro-ro -matkustaja-aluksia. 33 suomalaisen laivan nettonykyarvo on positiivinen vuoden 2013 investoinnille (eli rikkipesurin asentaminen on Kallin mukaan taloudellisesti kannattavaa).

Kalli on käyttänyt Reynoldsin mukaisia laitekustannuksia (makeavesipesuri). Laitekustannuksiin on lisätty 50 % ja tätä arvoa on käytetty kokonaisinvestointikustannuksena.

Selvityksen liitteessä on Wärtsilän laskelma kahden aluksen pesuriasennuksen takaisinmaksujasta.

Selvityksen (6) hyödynnettävyys

Selvityksenä on ollut Suomeen kohdistuva liikenne ja lisäksi myös suomalaisten laivojen Suomeen kohdistuva liikenne joten tästä saadaan vertailupiste. Data on suhteellisen tuoretta, vuodelta 2011.

Selvityksestä saadaan myös luku vastaavalle polttoaineen kulutukselle.

Laskettu lisäkustannus, jos kaikki laivat siirtyisivät käyttämään matalarikkistä polttoainetta antaa toisen (ylemmän) ääripään. Lukuja voidaan helposti päivittää uusilla polttoaineen hinnoilla.

Toista ääripäätä (rikkipesurin käyttöä) ei ole laskettu, mutta selvityksessä on pohdittu kuinka moneen suomalaiseen alukseen olisi taloudellista asentaa rikkipesuri. Näillä luvuilla ei kuitenkaan ole niin suurta merkitystä, koska suuri osa Suomeen kohdistuvasta liikenteestä tapahtuu muiden lippuvaltioiden aluksilla.

(7) HELCOM Maritime 11/2012, Document 7/3, Emissions from Baltic Sea Shipping in 2011 (sisältää Itämeren meriliikenteen polttoaineenkulutustiedot vuodelta 2011).

Tavoite ja perusteet

Raportti sisältää Itämeren meriliikenteen polttoaineenkulutustiedot vuodelta 2011 sekä NO_x- ja SO_x-päästömäärät.

Keskeiset tulokset ja havainnot

Table 1. Summary of key results from Baltic Sea shipping in 2011

Pollutant	2011	2010	Change, %
NO _x , kt	373	344.5	+8 %
SO _x , kt	78.7	90.2	-13 %
CO, kt	71.5	62.9	+14 %
PM*, kt	22.7	23.4	-3 %
<i>of which</i>			
<i>Elementary Carbon, kt</i>	2.6	2.4	+9 %
<i>Organic Carbon, kt</i>	6.7	6.1	+10 %
<i>Ash, kt</i>	1.9	1.7	+9 %
<i>Hydrated SO₄, kt</i>	11.5	13.2	-13 %
CO ₂ , Mt	18.9	17.3	+10 %
Fuel, kt	6220	5676	+10 %
Energy use, petajoules (10 ¹⁵ J)	266	242	+10 %
Vessels with IMO number	7527**	7109**	+6 %
Small vessels, no IMO number	5478 [†]	3953 [†]	+39 %
Cargo throughput (DWT*km), in 10 ⁹ t km	634 [#]	591 [#]	+7 %

Selvityksen (7) hyödynnettävyys

Selvityksessä annettuja kulutus- ja päästömääriä voidaan käyttää jatkoselvityksissä.

(8) US Department of Transport, 2011. Exhaust Gas Cleaning Systems Selection Guide. File No. 10047.01, 22 February 2011, Rev. A

Tämä opas on tehty tukemaan USA:ssa toimivia Ship Operations Cooperative Program (SOCP) jäseniä määrittämään vaaditut päästötoimenpiteet, laskemaan säästöpotentiaaleja sekä ymmärtämään eri pakokaasupesuteknologioiden haasteita sekä asennus- että operointimielessä. Kahdeksan laitevalmistajan pesureita on esitetty.

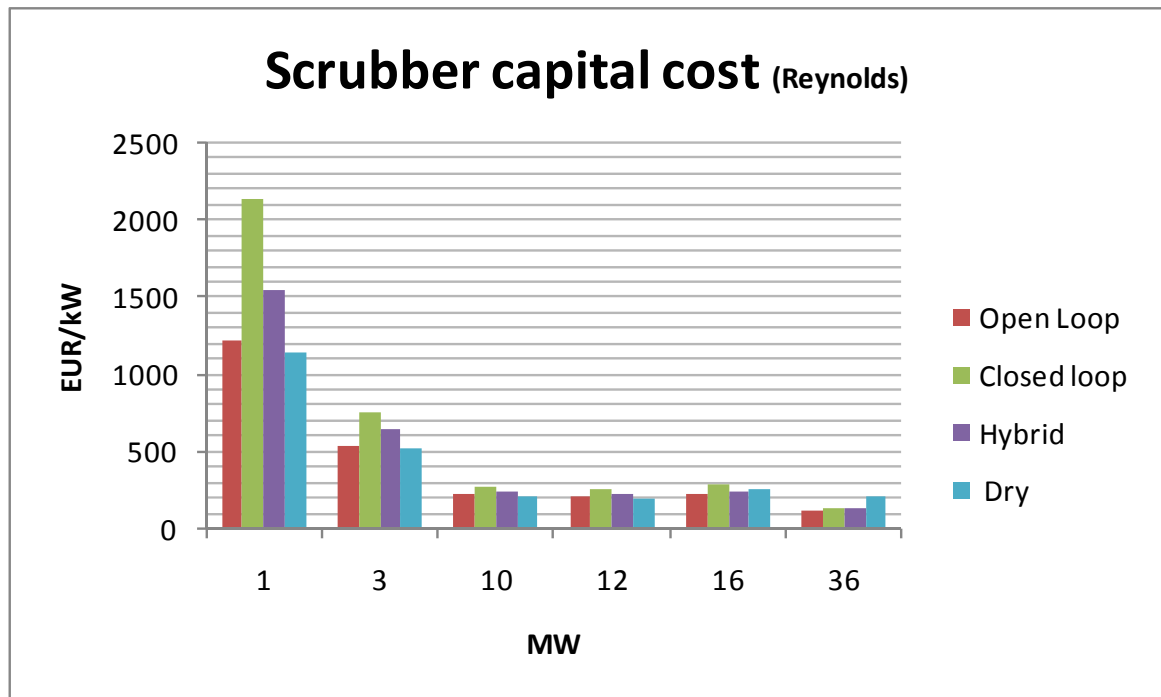
Opas antaa laskentaesimerkkejä erityyppisille laivoille. Oppaassa kuitenkin huomautetaan että jokaisen laivaoperaattorin pitäisi tehdä laivakohtaisia analyyskejä ja harkita prototyypiasennusta lähitulevaisuudessa.

Laskelmissa verrataan laitteiston investointi- ja käyttökustannuksia MGO:n käytön lisäkustannuksiin. Laskelmia on suoritettu neljälle eri pesurityypille (Merivesi, makeavesi, hybridi ja kuiva pesuri).

Lisäksi on tehty herkkyyssanalyysi varioimalla inflaatiota ja polttoaineen hintaa tulevaisuudessa.

Selvityksessä on esitetty erikokoisten rikkipesurien hintoja konetehon ja pesurityypin mukaan. Laitekustannusten päälle on lisätty: asennus ja käyttöönotto 50 %, suunnittelu 7 % ja koulutus ja dokumentointi 2 %.

Alla hinnat muunnettuina Euroiksi kurssilla 1,3 USD/EUR.



Käyttökustannukset on huomioitu suhteellisen kattavasti:

- pesurien lisätehon tarve 2 %
- ylläpitokustannukset 4 % laitekustannuksista
- 0,8 % raskaasta polttoaineesta kuluu polttoaineen käsittelyyn kuten lämmitykseen, separointiin jne.
- Lipeän hinta \$270–\$340 / ton (50 % NaOH)

- Tislatun polttoaineen lämpöarvo on alhaisempi kuin raskaan polttoöljyn. Korjauskerroin 5 %.

Polttoaineen hintana on käytetty:

Korkearikkinen polttoaine IFO 380 \$540,5 / ton, Vähärikkinen MGO \$796,0 /ton (Bunker-world .com / Los Angeles 11.01.2011). Laskelmissa käytetty oletusta että MGO on 50 % HFO:ta korkeampi. Lisäksi huomioidaan herkkyysanalyysissä 8 % vuosittainen hinnannousu polttoaineelle.

Korkokanta 3,3 % PPI ja 3,0 % CPI.

Tarkastelu on tehty 2011, pesurin asennus oletettu tapahtuvan 2014 ja elinkaarikustannukset on laskettu jaksolle 2015–2025 (10 vuoden käyttöikä).

Keskeiset tulokset ja havainnot

Laskelmien tarkoituksena on esittää paljonko voidaan säästää asentamalla rikkipesuri laivaan, verrattuna siihen että käytettäisiin matalarikkistä polttoainetta.

Laskelmia on tehty kolmelle erikokoiselle laivalle. Yhdelle tyyppille on tarkasteltu kaikki neljä pesurivaihtoehtoa. Näistä edullisin on merivesipesuri ja tälle vaihtoehdolle on tehty herkkyysanalyysi. Hybridi-, makeavesi- ja kuivapesurit asettuvat aika lähelle toisiaan.

Herkkyysanalyysi osoittaa, että mitä enemmän polttoainetta alus kuluttaa SECA-alueella, sitä kannattavampi investointi on. Jos alus (2000 TEU konttialus) kuluttaa alle 4000 t (21 % vuosikulutuksesta) polttoainetta SECA-alueella, rikkipesuria ei kannattaisi asentaa.

Selvityksen (8) hyödynnettävyys

Tämä selvitys (8) on hyvä opas pesurikustannusten arvioimiseksi. Selvityksessä on myös hyviä esimerkkejä herkkyysanalyysin suorittamisesta. Laite- ja käyttökustannukset ovat vain suuntaa antavia ja pitää päivittää tuoreimmilla tiedoilla.

Selvitys ei katso tilannetta Suomen tai Itämeren kannalta eikä siitä ole lisäarvoa.

Tämä on ainoa selvitys, jossa kuivapesuri on huomioitu. Kuivapesurin hinta ei selvityksen mukaan poikkea märkäpesureista ja on varteenotettava vaihtoehto, jos sen asennus on teknisesti mahdollinen.

(10) BLG 17/INF.7. Investigation of appropriate control measures (abatement technologies) to reduce Black Carbon emissions from international shipping

Tavoite ja perusteet

Selvityksessä käydään läpi keinoja, joiden avulla voidaan vähentää mustan hiilen syntymistä laivojen pakokaasupäästöistä. Useita mahdollisuuksia ja teknologioita on tarkasteltu. Jotkut näistä vähentävät myös rikkipäästöjä, mutta selvityksen päätarkoitus ei ole tutkia rikkipäästöjen vähentämistä.

Selvityksessä mainitaan, että rikkipesurin kustannus uudisrakennuksessa on \$330/kW ja jälkiasennuksessa \$368/kW mukaan lukien off-hire ja telakointikustannukset.

Myös LNG jälkiasennuskustannuksille esitetään arvio, laitteisto 126 USD/kW ja koko asennus 455 USD kW.

Käyttökustannuksia on mainittu kuten ”fuel penalty” märkäpesurille 1,6 %, kuivapesurille 3,4 % ja LNG käytölle 3,2 %.

Keskeiset tulokset ja havainnot

Ei mainittavaa.

Selvityksen (10) hyödynnettävyys

Selvitys on ainoa, joka antaa arvioita LNG investointikustannuksista / operoinnista.

4. MARPOL-yleissopimuksen VI liitettä (energiatehokkuus) koskevat selvitykset

Tutkitut aikaisemmat selvitykset

(11)Kaj Riska & Harri Eronen, ILS Oy, 2011. *Impact of the proposed Energy Efficiency regulations on Baltic Tankers and Bulkers*

Tavoite ja perusteet

Selvityksen ensisijaiset tavoitteet ovat olleet selvittää seuraavat neljä kohtaa:

- Energiatehokkuutta tavoittelevan säännösten vaikutus suomalaiseen tonnistoon
- Jäälaivojen energiatehokkuus
- Jäälaivojen energiatehokkuuden parantaminen
- Mahdollinen ristiriita jäälaivojen vähimmäistehontarpeen ja energiatehokkuussäännösten asettaman maksimikonetehon välillä

Selvityksessä on tutkittu tyypillisten suomalaisten jääluokitettujen laivojen EEDI- indeksiä (energiatehokkuusindeksiä). Se perustuu suomalaisen tonniston analysointiin. Tarkemmat esimerkkilaskelmat on tehty kahdelle erityyppiselle laivalle.

Selvityksen aineistona on suomalainen tonnisto. Laivoja (yli 400 brt) on 189 kpl, joista uudisrakenteina 29 olisi energiatehokkuussäännösten alaisia. Säännösten piiriin ei mm. kuulu RoRo-, RoPax- alukset eivätkä hinaajat.

Selvityksessä esitetään EEDI:n perusteet ja myös jäälaivoja koskevien korjauskertoimien käyttö.

Aluksi tutkimuksessa selvitetään energiatehokkuusindeksiä yleensä ja sitten jäälaivojen laskentaperusteita. Erikseen tarkastellaan vielä sitä, mitkä laivat ovat ko. säännösten alaisia, jos olisivat uudisrakenteita. EEDI koskee siis vain uudisrakenteita. (kohdat 1-3).

Kohdassa 4 EEDI-indeksi lasketaan esimerkinomaisesti kahdelle erityyppiselle laivalle, joista molemmilla on 1A Super -jääluokka:

- MS Eira, irtolastialus 19625 dwt, jääkeula
- MS Jurmo, säiliölaiva 25049 dwt, bulbikeula

Edelleen esitetään mahdollisuuksia pienentää EEDI-lukua ko. laivoille muuttamalla niitä seuraavasti:

- jääkeula vs. avoveteen optimoitu keula
- päämittaoptimointi
- potkurioptimointi
- erikoispropulsio esim. vastakkain pyörivät potkurit
- diesel-sähköinen koneisto
- akseligeneraattoreiden käyttö
- kahden tehomoodin sovellus
- kahden kulkusuunnan alus (jääajo ja avovesi)
- polttoaineen vaihto LNG:hen

Kohdissa 5–6 tarkastellaan vielä talvimerenkulun vaikutusta huomioiden jäänmurtajien avustuksen sekä jäälaivan konetehon tarvetta.

Keskeiset tulokset ja havainnot

Jääluokkasääntöjen vaatima koneteho ja EEDI:n asettama raja ovat ristiriitaisia vaatimuksia.

Kyseessä oleville laivoille saatiin laskennallisesti pienempi EEDI-luku melkein kaikissa lasketuissa tapauksissa. MS Eiran EEDI-lukua ei saatu kuitenkaan millään tavalla edes tämänhetkiseen energiatehokkuusluvun vaatimustasolle. MS Jurmon EEDI-luku on nykyisellään uuden laivan vaatimusten tasolla. Lasketuilla muutoksilla saavutettiin pääasiassa vain pieniä eroja alkuperäiseen, ja joissain tapauksissa EEDI-luku jopa hieman kohosi, joskaan ei ylittänyt vaadittua raja-arvoa. Kuitenkin LNG:n käyttö polttoaineena laski EEDI-luvun jopa phase 2 -tason alle eli alle sen, mitä vaadittaisiin uudelta laivalta alkaen 1.1.2020. Eri menetelmien yhdistelmällä voitiin saavuttaa vaadittu EEDI-luku MS Eiran tapauksessa Phase 2:een asti ja MS Jurmon tapauksessa myös vaiheeseen Phase 3 asti. Voidaan siis todeta, että vaadittu EEDI on teknisesti saavutettavissa nykyisen kaltaisillakin jäälaivoilla olemassa olevin teknisin muutoksin, mutta se lisää laivan hintaa ja toisaalta yleensä laskee laivan käyttökustannuksia pienemmän pääkoneen ansiosta.

Talvimerenkulkua pitää tarkastella kokonaisuutena huomioiden jäänmurron vaatiman energian. Yksittäisten laivojen EEDI-luvun optimointi voi aiheuttaa kasvavan tarpeen jäänmurtopalveluihin.

Selvityksen (11) hyödynnettävyys

Vertailulaskelmassa on esitetty kustannusvaikutuksia, mutta niiden perusteet ovat epäselvät, joskin loogiset. Laskelmien perusteena käytettyjä polttoainehintoja tai rakennuskustannuksiin vaikuttavia hintoja ei ole esitetty eikä perusteltu. LNG-koneistoratkaisun käyttökustannuksia ei ole analysoitu.

Yleisluontoisesti voidaan todeta että energiatehokkuussääntöön liittyvät välittömät kustannusvaikutukset uusille aluksille on hyvin vaikeaa arvioida yksiselitteisesti.

5. Painolastivesiyleissopimusta koskevat selvitykset

Tutkitut aikaisemmat selvitykset

- (12) *Preview of global ballast water treatment markets by DM King, PT Hagan, MRiggio and DA Wright. Journal of Marine Engineering and Technology, Vol 11, No1, January 2012.*

5.1 Tavoite ja perusteet

Tammikuussa 2012 tehdyn selvityksen (12) tarkoitus on ollut kartoittaa miten monta alusta tämä sääntö koskee maailmanlaajuisesti ja erityisesti Yhdysvalloissa, kuinka paljon keskimäärin sääntö aiheuttaa aluskohtaisesti kustannuksia laivanomistajalle ja siten koko maailman laivastolle. Selvityksessä on arvioitu järjestelmän keskimääräinen hankinta- ja asennushinta sekä operointikustannukset. Nämä on tuotettu aikaisemmassa tutkimuksessa *MERC Preliminary cost analyses of Ballast Water Treatment Systems December 2009*. Selvityksen päämäärä on ollut arvioida yleissopimuksen aiheuttamien kustannusten suuruusluokka erityyppisissä, ikäisissä ja kokoisissa aluksissa.

Selvityksen puitteissa pyydettiin laitevalmistajilta tarjouksia järjestelmistä. Vastauksia saatiin aluksi 10 kpl ja myöhemmin 6 kpl. Selvityksessä näitä on sovellettu tarkemmin yhteensä 8 erityyppiseen ja -kokoiseen alukseen. Selvitys (12) perustuu kahteen muuhun raporttiin ja on näistä yhteenvedo.

5.1.1 Keskeiset tulokset ja havainnot

Selvityksessä on arvioitu että tarvittava järjestelmien määrä on noin 70.000 kpl maailmanlaajuisesti aikavälillä 2011–2016. Tarvittavien järjestelmien kokonaismäärä on suurempi kuin aluslukumäärä. Painolastivesiyleissopimuksen aiheuttama kustannus elinkeinolle on tämän perusteella arvioitu olevan 50–74 miljardia USD. Tässä painotetaan että järjestelmien hintakehityksen osalta on markkinoiden käyttäytyminen huomioitava ja sen erikoispiirteet ymmärrettävä. Vuoden 2016 jälkeen tarve on enää noin 2000 järjestelmää vuodessa, joten normaalia hintakehitystä ei ole odotettavissa. Järjestelmien hintakehitys on hyvin vaikea arvioida. Lisäksi säännön noudattamisessa syntyy muita kustannuksia järjestelmän hankinnan ja asentamiseen lisäksi joissa vastaavasti voi esiintyä suuria hintavaihteluja yksittäisistä tekijöistä riippuen.

Selvityksessä on kaikille kahdeksalle laivatyyppille ja -koolle haettu keskimääräinen kustannus järjestelmän hankintaa, asennusta ja operointia varten. Yhteenlasketut kustannukset edustavat kunkin laivatyyppin keskimääräistä kustannusta säännön täyttämiseksi. Tutkimuksessa on myös arvioitu kustannusero ns. retrofitin eli laitteen asennus olemassa olevaan alukseen ja uudisrakennuksen välillä. Laskelmista todetaan että kustannukset yksittäiselle laivalle vaihtelevat hyvin paljon, joten arvio ei kerro kustannuksia yksittäistapaukselle. Samassa laivatyyppissä hinnat vaihtelevat erittäin paljon, kun operointitavat ja -alueet ovat erilaiset. Selvitystyön aluskanta on haettu Lloydsin Fairplay global shipping fleet -tietokannasta. Tutkimuksessa on otettu mukaan laivoja, joiden GT on vähintään 300 tai enemmän vaikka IMO:n raja on 400GT. Selvitystyössä on kiinnitetty huomiota aikaisemmissa tutkimuksissa vähemmän huomiota saaneisiin olettamuksiin. Isoihin aluksiin tullaan tarvitsemaan enemmän kuin yksi järjestelmä. Yhteen laivaan tarvittavien järjestelmien lukumäärää ohjaa pumppujen määrä laivassa ja painolastiveden kokonaismäärä sekä tankkijako. Tarvittavien järjestelmien kokonaismäärä kasvaa huomattavasti verrattuna aikaisempiin arvioihin ja kokonaiskustannukset ovat aiempaa arvioitua huomattavasti isommat. Pulonkaulan on siksi katsottu olevan järjestelmien tuotannossa sekä suunnittelun työn suorit-

tamisessa. Näitä kustannuksia ei ole tutkimuksessa arvioitu. Kuitenkin selvityksessä on päätelty, että tuotannosta ja suunnittelusta saattaa seurata ylimääräisiä kustannuksia koko alalle.

Selvityksen (12) hyödynnettävyys

Selvitys (12) ei katso tämän hetkistä tilannetta Suomen ja Itämeren kannalta. Tehty selvitys vertaa maailman laivaston Yhdysvaltojen laivastoon. Selvityksessä käytetyt lähtötiedot ovat muuttuneet varteenotettavasti viimeisten parin vuoden aikana ja se puoltaa mahdollisimman uuden materiaalin käytön. Tietyt lähtötiedot kuten esim. polttoaineen hinta ei myöskään ilmene selvityksestä.

Selvityksen hyödyntäminen suomalaisten ja Itämeren laivojen kustannusten laskennassa on vaikeaa, koska raportista ei ilmene tarkemmin hankintaan, asentamiseen tai operointiin liittyvien kustannusten yksityiskohtaisia lukuja tai laskentaa. Selvitys (12) luo kuitenkin hyvän vertailupohjan tämän selvityksen 2. vaihetta varten ja osa tiedoista on hyödynnettävissä.

Tärkeää on selvittää tarkemmin miten sääntö vaikuttaa yksittäisiin aluksiin mm riippuen operointialueesta; Itämeren erikoispiirteet kuten murtovesi, miten Itämeren lyhyet matkat yhdessä painolastivesimäärän ja käsittelykapasiteetin kanssa sekä alustyyppin ja koon vaikutus näissä olosuhteissa. Huomioimalla näitä tärkeitä yksittäisiä tekijöitä saadaan täsmennetyt kustannukset kartoitettua.

Liite 2 A–D Sääntökohtaiset kustannukset alustyyppien ja kokoluokkien mukaan

Liite 2A

A	Kustannusyhteenveto, olemassa olevat alukset MGO polttoaineena			Irtolastialus				Öljysäiliöalus				Konttialus			
				1				2				3			
	ei sovellettavissa			40	36	41	11	158	102	63	22	41	38	33	2
1)	käsiteltävä aluskohtaisesti			S	M	L	XL	S	M	L	XL	S	M	L	XL
	Sääntö	Soveltamisvuosi	Kustannuslaji												
1	MARPOL liite IV (jätevedet)	01.01.2018	Jätevedet Investointi €/alus Jätevedet Käyttö €/vuosi												
2	MARPOL liite V (lastijäämät)		Lastijäämät Investointi €/alus Lastijäämät Käyttö €/vuosi	Ei käsitelty											
3	MARPOL liite V (ruokajätteet)	01.01.2013	Ruokajätteet Investointi €/alus Ruokajätteet Käyttö €/vuosi	12 750 €	12 750 €	12 750 €	12 750 €	12 750 €	12 750 €	12 750 €	12 750 €	12 750 €	12 750 €	12 750 €	12 750 €
4	MARPOL VI liite (ilmansuojelu S) ja EU rikkidirektiivi	01.01.2015	SOX Investointi €/alus SOX Käyttö €/vuosi	33 102 €	80 690 €	93 692 €	115 911 €	38 459 €	63 965 €	91 643 €	129 334 €	62 551 €	87 353 €	114 890 €	107 139 €
5	MARPOL VI liite (ilmansuojelu NOx)	Uudet alukset 44197	NOX Investointi €/alus NOX Käyttö €/vuosi												
6	MARPOL liite VI (energiatohokkuus, EEDI)	Uudet alukset 1.1.2015 alkaen	EEDI Investointi €/alus EEDI Käyttö €/vuosi												
7	Painolastivesilyissopimus	01.01.2015 alkaen (oletus)	Painolastivesi Investointi €/alus Painolastivesi Käyttö €/vuosi	678 246 €	1 441 224 €	2 047 000 €	2 141 000 €	453 296 €	623 224 €	1 509 635 €	1 578 046 €	257 747 €	276 000 €	315 007 €	343 637 €
				15 926 €	34 021 €	43 867 €	47 562 €	10 872 €	16 453 €	33 494 €	37 188 €	8 915 €	8 913 €	9 974 €	10 741 €
	Aluskohtainen kokonaiskustannus		Yhteensä Investointi €/alus Yhteensä Käyttö €/vuosi/alus	724 099 € 470 138 €	1 534 664 € 1 298 639 €	2 153 442 € 1 583 776 €	2 269 661 € 2 156 800 €	504 505 € 545 235 €	699 939 € 967 345 €	1 614 028 € 1 527 780 €	1 720 131 € 2 596 704 €	333 048 € 934 965 €	376 103 € 1 410 551 €	442 647 € 2 089 215 €	463 526 € 1 876 093 €

A	Kustannusyhteenveto, olemassa olevat alukset MGO polttoaineena			Kappaletavara-alus				Roro-alus			Autojenkuljetus-alus			Matkustaja-autolautta			
				4				5a			5b			6			
	ei sovellettavissa			415	241	99	14	10	11	47	9	7	7	6	14	10	3
1)	käsiteltävä aluskohtaisesti			S	M	L	XL	S	M	L	S	M	L	S	M	L	XL
	Sääntö	Soveltamisvuosi	Kustannuslaji														
1	MARPOL liite IV (jätevedet)	01.01.2018	Jätevedet Investointi €/alus Jätevedet Käyttö €/vuosi											1)	1)	1)	1)
2	MARPOL liite V (lastijäämät)		Lastijäämät Investointi €/alus Lastijäämät Käyttö €/vuosi											1)	1)	1)	1)
3	MARPOL liite V (ruokajätteet)	01.01.2013	Ruokajätteet Investointi €/alus Ruokajätteet Käyttö €/vuosi	12 750 €	12 750 €	12 750 €	12 750 €	12 750 €	12 750 €	12 750 €	12 750 €	12 750 €	12 750 €	- €	- €	- €	- €
4	MARPOL VI liite (ilmansuojelu S) ja EU rikkidirektiivi	01.01.2015	SOX Investointi €/alus SOX Käyttö €/vuosi	20 764 €	40 048 €	74 604 €	94 122 €	68 256 €	92 792 €	132 863 €	64 821 €	101 509 €	99 282 €	115 890 €	151 637 €	144 866 €	150 982 €
5	MARPOL VI liite (ilmansuojelu NOx)	Uudet alukset 44197	NOX Investointi €/alus NOX Käyttö €/vuosi	276 072 €	557 144 €	1 144 441 €	1 548 160 €	1 026 326 €	1 518 318 €	2 700 257 €	964 612 €	1 721 584 €	1 667 838 €	2 107 178 €	4 888 210 €	5 772 984 €	5 029 605 €
6	MARPOL liite VI (energiatohokkuus, EEDI)	Uudet alukset	EEDI Investointi €/alus														
7	Painolastivesilyissopimus	01.01.2015 alkaen (oletus)	Painolastivesi Investointi €/alus Painolastivesi Käyttö €/vuosi	276 000 €	315 007 €	315 007 €	563 000 €	243 432 €	315 007 €	386 582 €	381 000 €	381 000 €	381 000 €	366 865 €	332 293 €	332 293 €	332 293 €
				8 913 €	9 763 €	9 921 €	15 432 €	8 267 €	10 119 €	11 503 €	11 503 €	11 522 €	11 522 €	10 137 €	10 133 €	10 133 €	10 133 €
	Aluskohtainen kokonaiskustannus		Yhteensä Investointi €/alus Yhteensä Käyttö €/vuosi/alus	309 514 € 286 421 €	367 805 € 568 342 €	402 361 € 1 155 798 €	669 872 € 1 565 027 €	324 438 € 1 036 028 €	420 549 € 1 529 872 €	532 195 € 2 713 195 €	458 571 € 977 550 €	495 259 € 1 734 541 €	493 032 € 1 680 795 €	482 755 € 2 117 316 €	483 930 € 4 898 342 €	477 159 € 5 783 117 €	483 275 € 5 039 738 €

Liite 2B

B	Kustannusyhteenveto, olemassa olevat alukset Rikkipesuri ja HFO käyttö			Irtolastialus				Öljysäiliöalus				Konttialus			
				1				2				3			
	ei sovellettavissa			40	36	41	11	158	102	63	22	41	38	33	2
1)	käsiteltävä aluskohtaisesti			S	M	L	XL	S	M	L	XL	S	M	L	XL
	Sääntö	Soveltamisvuosi	Kustannuslaji												
1	MARPOL liite IV (jätevedet)	01.01.2018	Jätevedet Investointi €/alus Jätevedet Käyttö €/vuosi										= ei sovellettavissa		
2	MARPOL liite V (lastijäämät)		Lastijäämät Investointi €/alus Lastijäämät Käyttö €/vuosi	Ei käsitelty											
3	MARPOL liite V (ruokajätteet)	01.01.2013	Ruokajätteet Investointi €/alus Ruokajätteet Käyttö €/vuosi	12 750 € 1 306 €	12 750 € 1 306 €	12 750 € 1 306 €	12 750 € 1 306 €	12 750 € 1 306 €	12 750 € 1 306 €	12 750 € 1 306 €	12 750 € 1 306 €	12 750 € 1 306 €	12 750 € 1 306 €	12 750 € 1 306 €	12 750 € 1 306 €
4	MARPOL VI liite (ilmansuojelu S) ja EU rikkidirektiivi	01.01.2015	SOX Investointi €/alus SOX Käyttö €/vuosi	1 325 804 € 16 888 €	3 065 729 € 6 722 €	3 586 236 € 3 002 €	4 516 998 € 5 069 €	1 515 133 € 15 939 €	2 463 297 € 10 803 €	3 576 130 € 3 627 €	5 330 443 € 11 774 €	2 381 539 € 11 118 €	3 350 013 € 4 886 €	4 492 931 € 4 632 €	4 196 423 € 1 553 €
5	MARPOL VI liite (ilmansuojelu NOx)	Uudet alukset 01.01.2021	NOX Investointi €/alus NOX Käyttö €/vuosi												
6	MARPOL liite VI (energiatohokkuus, EEDI)	Uudet alukset 1.1.2015 alkaen	EEDI Investointi €/alus EEDI Käyttö €/vuosi												
7	Painolastivesiyleissopimus	01.01.2015 alkaen (oletus)	Painolastivesi Investointi €/alus Painolastivesi Käyttö €/vuosi	678 246 € 14 325 €	1 441 224 € 29 759 €	2 047 000 € 38 000 €	2 141 000 € 40 450 €	453 296 € 10 188 €	623 224 € 14 675 €	1 509 635 € 29 409 €	1 578 046 € 31 859 €	257 747 € 8 648 €	276 000 € 8 648 €	315 007 € 9 583 €	343 637 € 10 208 €
	Aluskohtainen kokonaiskustannus		Yhteensä Investointi €/alus	2 016 800 €	4 519 703 €	5 645 986 €	6 670 748 €	1 981 179 €	3 099 271 €	5 098 515 €	6 921 239 €	2 652 036 €	3 638 763 €	4 820 688 €	4 552 810 €
			Yhteensä Käyttö €/vuosi/alus	32 519 €	37 786 €	42 308 €	36 687 €	27 432 €	26 784 €	34 341 €	21 391 €	21 072 €	14 840 €	6 256 €	9 961 €

B	Kustannusyhteenveto, olemassa olevat alukset Rikkipesuri ja HFO käyttö			Kappaletavara-alus				Roro-alus			Autojenkuljetus-alus			Matkustaja-autolautta			
				4				5a			5b			6			
	ei sovellettavissa			415	241	99	14	10	11	47	9	7	7	6	14	10	3
1)	käsiteltävä aluskohtaisesti			S	M	L	XL	S	M	L	S	M	L	S	M	L	XL
	Sääntö	Soveltamisvuosi	Kustannuslaji														
1	MARPOL liite IV (jätevedet)	01.01.2018	Jätevedet Investointi €/alus Jätevedet Käyttö €/vuosi											1)	1)	1)	1)
2	MARPOL liite V (lastijäämät)		Lastijäämät Investointi €/alus Lastijäämät Käyttö €/vuosi											1)	1)	1)	1)
3	MARPOL liite V (ruokajätteet)	01.01.2013	Ruokajätteet Investointi €/alus Ruokajätteet Käyttö €/vuosi	12 750 € 1 306 €	12 750 € 1 306 €	12 750 € 1 306 €	12 750 € 1 306 €	12 750 € 1 306 €	12 750 € 1 306 €	12 750 € 1 306 €	12 750 € 1 306 €	12 750 € 1 306 €	12 750 € 1 306 €	- € - €	- € - €	- € - €	- € - €
4	MARPOL VI liite (ilmansuojelu S) ja EU rikkidirektiivi	01.01.2015	SOX Investointi €/alus SOX Käyttö €/vuosi	893 359 € 18 935 €	1 581 514 € 15 650 €	2 856 850 € 8 287 €	3 623 103 € 2 869 €	2 641 119 € 9 819 €	3 620 983 € 3 278 €	5 406 483 € 13 943 €	2 514 691 € 10 610 €	3 966 800 € 459 €	3 927 440 € 1 211 €	4 916 084 € 5 060 €	7 879 368 € 49 577 €	8 661 876 € 64 612 €	8 219 064 € 51 971 €
5	MARPOL VI liite (ilmansuojelu NOx)	Uudet alukset 01.01.2021	NOX Investointi €/alus NOX Käyttö €/vuosi														
6	MARPOL liite VI (energiatohokkuus, EEDI)	Uudet alukset 1.1.2015 alkaen	EEDI Investointi €/alus EEDI Käyttö €/vuosi														
7	Painolastivesiyleissopimus	01.01.2015 alkaen (oletus)	Painolastivesi Investointi €/alus Painolastivesi Käyttö €/vuosi	276 000 € 8 648 €	315 007 € 9 443 €	315 007 € 9 548 €	563 000 € 14 362 €	243 432 € 8 161 €	315 007 € 9 688 €	386 582 € 10 900 €	381 000 € 10 900 €	381 000 € 10 900 €	381 000 € 10 900 €	366 865 € 9 688 €	332 293 € 9 688 €	332 293 € 9 688 €	332 293 € 9 688 €
	Aluskohtainen kokonaiskustannus		Yhteensä Investointi €/alus	1 182 109 €	1 909 271 €	3 184 607 €	4 198 853 €	2 897 301 €	3 948 740 €	5 805 815 €	2 908 441 €	4 360 550 €	4 321 190 €	5 282 949 €	8 211 661 €	8 994 169 €	8 551 357 €
			Yhteensä Käyttö €/vuosi/alus	28 889 €	26 398 €	19 141 €	18 537 €	19 285 €	14 272 €	1 737 €	22 816 €	12 665 €	13 417 €	4 628 €	39 889 €	54 924 €	42 283 €

C	Kustannusyhteenveto, uudisrakennukset MGO polttoaineena			Irtolastialus				Öljysäiliöalus				Konttialus			
				1				2				3			
	ei sovellettavissa			40	36	41	11	158	102	63	22	41	38	33	2
1)	käsiteltävä aluskohtaisesti			S	M	L	XL	S	M	L	XL	S	M	L	XL
	Sääntö	Soveltamisvuosi	Kustannuslaji												
1	MARPOL liite IV (jätevedet)	01.01.2018	Jätevedet Investointi €/alus												
			Jätevedet Käyttö €/vuosi												
2	MARPOL liite V (lastijäämät)		Lastijäämät Investointi €/alus	Ei käsitelty											
			Lastijäämät Käyttö €/vuosi												
3	MARPOL liite V (ruokajätteet)	01.01.2013	Ruokajätteet Investointi €/alus	12 750 €	12 750 €	12 750 €	12 750 €	12 750 €	12 750 €	12 750 €	12 750 €	12 750 €	12 750 €	12 750 €	12 750 €
			Ruokajätteet Käyttö €/vuosi	1 435 €	1 435 €	1 435 €	1 435 €	1 435 €	1 435 €	1 435 €	1 435 €	1 435 €	1 435 €	1 435 €	1 435 €
4	MARPOL VI liite (ilmansuojelu S) ja EU rikkidirektiivi	01.01.2015	SOX Investointi €/alus	33 102 €	80 690 €	93 692 €	115 911 €	38 459 €	63 965 €	91 643 €	129 334 €	62 551 €	87 353 €	114 890 €	107 139 €
			SOX Käyttö €/vuosi	452 777 €	1 263 182 €	1 538 473 €	2 107 803 €	532 927 €	949 457 €	1 492 852 €	2 558 080 €	924 615 €	1 400 203 €	2 077 806 €	1 863 916 €
5	MARPOL VI liite (ilmansuojelu NOx)	44197	NOX Investointi €/alus	188 069 €	481 763 €	569 751 €	734 069 €	219 518 €	374 359 €	555 564 €	848 149 €	365 521 €	526 274 €	725 983 €	666 514 €
			NOX Käyttö €/vuosi	86 101 €	194 685 €	231 480 €	307 441 €	96 859 €	152 698 €	225 386 €	367 395 €	149 371 €	213 005 €	303 443 €	274 923 €
6	MARPOL liite VI (energiatohokkuus, EEDI)	1.1.2015 alkaen	EEDI Investointi €/alus												
			EEDI Käyttö €/vuosi												
7	Painolastivesiyleissopimus	01.01.2015 alkaen (oletus)	Painolastivesi Investointi €/alus	275 112 €	684 112 €	940 000 €	940 000 €	172 862 €	275 112 €	684 112 €	684 112 €	131 962 €	145 000 €	172 862 €	193 312 €
			Painolastivesi Käyttö €/vuosi	15 926 €	34 021 €	43 867 €	47 562 €	10 872 €	16 453 €	33 494 €	37 188 €	8 915 €	8 913 €	9 974 €	10 741 €
	Aluskohtainen kokonaiskustannus		Yhteensä Investointi €/alus	509 033 €	1 259 315 €	1 616 193 €	1 802 730 €	443 589 €	726 186 €	1 344 069 €	1 674 345 €	572 784 €	771 377 €	1 026 486 €	979 715 €
			Yhteensä Käyttö €/vuosi/alus	556 239 €	1 493 324 €	1 815 256 €	2 464 241 €	642 093 €	1 120 044 €	1 753 166 €	2 964 098 €	1 084 336 €	1 623 556 €	2 392 658 €	2 151 016 €

C	Kustannusyhteenveto, uudisrakennukset MGO polttoaineena			Kappaletavara-alus				Roro-alus			Autojenkuljetus-alus			Matkustaja-autolautta			
				4				5a			5b			6			
	ei sovellettavissa			415	241	99	14	10	11	47	9	7	7	6	14	10	3
1)	käsiteltävä aluskohtaisesti			S	M	L	XL	S	M	L	S	M	L	S	M	L	XL
	Sääntö	Soveltamisvuosi	Kustannuslaji														
1	MARPOL liite IV (jätevedet)	01.01.2018	Jätevedet Investointi €/alus											1)	1)	1)	1)
			Jätevedet Käyttö €/vuosi											1)	1)	1)	1)
2	MARPOL liite V (lastijäämät)		Lastijäämät Investointi €/alus														
			Lastijäämät Käyttö €/vuosi														
3	MARPOL liite V (ruokajätteet)	01.01.2013	Ruokajätteet Investointi €/alus	12 750 €	12 750 €	12 750 €	12 750 €	12 750 €	12 750 €	12 750 €	12 750 €	12 750 €	12 750 €	- €	- €	- €	- €
			Ruokajätteet Käyttö €/vuosi	1 435 €	1 435 €	1 435 €	1 435 €	1 435 €	1 435 €	1 435 €	1 435 €	1 435 €	1 435 €	- €	- €	- €	- €
4	MARPOL VI liite (ilmansuojelu S) ja EU rikkidirektiivi	01.01.2015	SOX Investointi €/alus	20 764 €	40 048 €	74 604 €	94 122 €	68 256 €	92 792 €	132 863 €	64 821 €	101 509 €	99 282 €	115 890 €	151 637 €	144 866 €	150 982 €
			SOX Käyttö €/vuosi	276 072 €	557 144 €	1 144 441 €	1 548 160 €	1 026 326 €	1 518 318 €	2 700 257 €	964 612 €	1 721 584 €	1 667 838 €	2 107 178 €	4 888 210 €	5 772 984 €	5 029 605 €
5	MARPOL VI liite (ilmansuojelu NOx)	44197	NOX Investointi €/alus	116 795 €	228 914 €	442 021 €	572 743 €	401 393 €	563 503 €	881 417 €	379 726 €	625 142 €	609 139 €	733 901 €	1 249 946 €	1 336 788 €	1 265 828 €
			NOX Käyttö €/vuosi	62 369 €	100 108 €	178 801 €	232 774 €	162 992 €	228 788 €	386 304 €	154 728 €	255 931 €	248 756 €	307 357 €	676 198 €	792 949 €	694 872 €
6	MARPOL liite VI (energiatohokkuus, EEDI)	1.1.2015 alkaen	EEDI Investointi €/alus	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
			EEDI Käyttö €/vuosi	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
7	Painolastivesiyleissopimus	01.01.2015 alkaen (oletus)	Painolastivesi Investointi €/alus	145 000 €	172 862 €	172 862 €	350 000 €	121 737 €	172 862 €	223 987 €	220 000 €	220 000 €	220 000 €	172 862 €	172 862 €	172 862 €	172 862 €
0			Painolastivesi Käyttö €/vuosi	8 913 €	9 763 €	9 921 €	15 432 €	8 267 €	10 119 €	11 503 €	11 503 €	11 522 €	11 522 €	10 137 €	10 133 €	10 133 €	10 133 €
	Aluskohtainen kokonaiskustannus		Yhteensä Investointi €/alus	295 310 €	454 574 €	702 236 €	1 029 615 €	604 136 €	841 907 €	1 251 017 €	677 297 €	959 401 €	941 171 €	1 022 653 €	1 574 446 €	1 654 516 €	1 589 672 €
			Yhteensä Käyttö €/vuosi/alus	348 790 €	668 450 €	1 334 599 €	1 797 801 €	1 199 020 €	1 758 660 €	3 099 499 €	1 132 279 €	1 990 472 €	1 929 551 €	2 424 673 €	5 574 541 €	6 576 066 €	5 734 609 €

Liite 2D

D	Kustannusyhteenveto, uudisrakennukset Rikkipesuri ja HFO käyttö			Irtolastialus				Öljysäiliöalus				Konttialus			
				1				2				3			
				40	36	41	11	158	102	63	22	41	38	33	2
1)	käsiteltävä aluskohtaisesti			S	M	L	XL	S	M	L	XL	S	M	L	XL
	Sääntö	Soveltamisvuosi	Kustannuslaji												
1	MARPOL liite IV (jätevedet)	01.01.2018	Jätevedet Investointi €/alus Jätevedet Käyttö €/vuosi												
2	MARPOL liite V (lastijäämät)		Lastijäämät Investointi €/alus Lastijäämät Käyttö €/vuosi	Ei käsitelty											
3	MARPOL liite V (ruokajätteet)	01.01.2013	Ruokajätteet Investointi €/alus Ruokajätteet Käyttö €/vuosi	12 750 € 1 306 €	12 750 € 1 306 €	12 750 € 1 306 €	12 750 € 1 306 €	12 750 € 1 306 €	12 750 € 1 306 €	12 750 € 1 306 €	12 750 € 1 306 €	12 750 € 1 306 €	12 750 € 1 306 €	12 750 € 1 306 €	12 750 € 1 306 €
4	MARPOL VI liite (ilmansuojelu S) ja EU rikkidirektiivi	01.01.2015	SOX Investointi €/alus SOX Käyttö €/vuosi	777 464 € 16 884 €	2 044 569 € 7 185 €	2 441 439 € 3 745 €	3 213 012 € 3 584 €	909 709 € 5 955 €	1 572 095 € 1 018 €	2 376 780 € 5 680 €	3 779 857 € 19 569 €	1 533 733 € 1 318 €	2 244 122 € 4 518 €	3 173 934 € 13 191 €	2 890 321 € 10 411 €
5	MARPOL VI liite (ilmansuojelu NOx)	Uudet alukset 44197	NOX Investointi €/alus NOX Käyttö €/vuosi	188 069 € 86 101 €	481 763 € 194 685 €	569 751 € 231 480 €	734 069 € 307 441 €	219 518 € 96 859 €	374 359 € 152 698 €	555 564 € 225 386 €	848 149 € 367 395 €	365 521 € 149 371 €	526 274 € 213 005 €	725 983 € 303 443 €	666 514 € 274 923 €
6	MARPOL liite VI (energiätehokkuus, EEDI)	Uudet alukset 1.1.2015 alkaen	EEDI Investointi €/alus EEDI Käyttö €/vuosi												
7	Painolastivesiyleissopimus	01.01.2015 alkaen (oletus)	Painolastivesi Investointi €/alus Painolastivesi Käyttö €/vuosi	275 112 € 8 913 €	684 112 € 9 763 €	940 000 € 9 921 €	940 000 € 15 432 €	172 862 € 8 267 €	275 112 € 10 119 €	684 112 € 11 503 €	684 112 € 11 522 €	131 962 € 11 522 €	145 000 € 11 522 €	172 862 € 10 133 €	193 312 € 10 741 €
	Aluskohtainen kokonaiskustannus		Yhteensä Investointi €/alus Yhteensä Käyttö €/vuosi/alus	1 253 395 € 120 216 €	3 223 194 € 237 198 €	3 963 939 € 280 398 €	4 899 831 € 352 724 €	1 314 839 € 114 991 €	2 234 316 € 171 476 €	3 629 206 € 254 505 €	5 324 868 € 386 319 €	2 043 966 € 160 909 €	2 928 147 € 218 705 €	4 085 529 € 301 531 €	3 762 897 € 276 559 €

D	Kustannusyhteenveto, uudisrakennukset Rikkipesuri ja HFO käyttö			Kappaletavara-alus				Roro-alus			Autojenkuljetus-alus			Matkustaja-autolautta			
				4				5a			5b			6			
				415	241	99	14	10	11	47	9	7	7	6	14	10	3
1)	käsiteltävä aluskohtaisesti			S	M	L	XL	S	M	L	S	M	L	S	M	L	XL
	Sääntö	Soveltamisvuosi	Kustannuslaji														
1	MARPOL liite IV (jätevedet)	01.01.2018	Jätevedet Investointi €/alus Jätevedet Käyttö €/vuosi											1)	1)	1)	1)
2	MARPOL liite V (lastijäämät)		Lastijäämät Investointi €/alus Lastijäämät Käyttö €/vuosi											1)	1)	1)	1)
3	MARPOL liite V (ruokajätteet)	01.01.2013	Ruokajätteet Investointi €/alus Ruokajätteet Käyttö €/vuosi	12 750 € 1 306 €	12 750 € 1 306 €	12 750 € 1 306 €	12 750 € 1 306 €	12 750 € 1 306 €	12 750 € 1 306 €	12 750 € 1 306 €	12 750 € 1 306 €	12 750 € 1 306 €	12 750 € 1 306 €	- € - €	- € - €	- € - €	- € - €
4	MARPOL VI liite (ilmansuojelu S) ja EU rikkidirektiivi	01.01.2015	SOX Investointi €/alus SOX Käyttö €/vuosi	480 265 € 8 908 €	949 356 € 5 673 €	1 868 330 € 1 353 €	2 455 112 € 6 377 €	1 689 907 € 88 €	2 412 927 € 6 001 €	3 951 471 € 21 491 €	1 595 429 € 835 €	2 696 635 € 7 896 €	2 622 442 € 13 576 €	3 212 199 € 13 576 €	6 231 886 € 52 634 €	7 014 494 € 65 835 €	6 360 873 € 54 727 €
5	MARPOL VI liite (ilmansuojelu NOx)	Uudet alukset 44197	NOX Investointi €/alus NOX Käyttö €/vuosi	116 795 € 62 369 €	228 914 € 100 108 €	442 021 € 178 801 €	572 743 € 232 774 €	401 393 € 162 992 €	563 503 € 228 788 €	881 417 € 386 304 €	379 726 € 154 728 €	625 142 € 255 931 €	609 139 € 248 756 €	733 901 € 307 357 €	1 249 946 € 676 198 €	1 336 788 € 792 949 €	1 265 828 € 694 872 €
6	MARPOL liite VI (energiätehokkuus, EEDI)	Uudet alukset 1.1.2015 alkaen	EEDI Investointi €/alus EEDI Käyttö €/vuosi														
7	Painolastivesiyleissopimus	01.01.2015 alkaen (oletus)	Painolastivesi Investointi €/alus Painolastivesi Käyttö €/vuosi	145 000 € 8 913 €	172 862 € 9 763 €	172 862 € 9 921 €	350 000 € 15 432 €	121 737 € 8 267 €	172 862 € 10 119 €	223 987 € 11 503 €	220 000 € 11 503 €	220 000 € 11 522 €	220 000 € 11 522 €	172 862 € 10 137 €	172 862 € 10 133 €	172 862 € 10 133 €	172 862 € 10 133 €
	Aluskohtainen kokonaiskustannus		Yhteensä Investointi €/alus Yhteensä Käyttö €/vuosi/alus	754 810 € 81 495 €	1 363 882 € 116 849 €	2 495 962 € 188 675 €	3 390 605 € 243 134 €	2 225 787 € 172 652 €	3 162 042 € 234 211 €	5 069 625 € 377 622 €	2 207 905 € 168 372 €	3 554 527 € 260 177 €	3 464 330 € 253 688 €	4 118 962 € 303 919 €	7 654 694 € 633 697 €	8 524 144 € 737 247 €	7 799 563 € 650 278 €