

MERIMA – Suomen kansainvälisten merikuljetusten päästöt -tietokonemallit Tulosraportti 2005–2015

Ilkka Salanne, Kari Mäkelä, Marko Tikkanen

MERIMA – Suomen kansainvälisten merikuljetusten päästöt -tietokonehallit Tulosraportti 2005–2015

Ilkka Salanne, Marko Tikkanen, Sito

Kari Mäkelä, TREMMO

Liikenteen turvallisuusvirasto (Trafi)
Trafiksäkerhetsverket (Trafi)
Helsinki, Helsingfors 2016

ISBN 978-952-311-157-8
ISSN 1799-0157 (verkkajulkaisu)

ALKUSANAT

Merikuljetuksia koskevat entistä tiukemmat päästörajoitukset, jotka edellyttävät kansainvälisten merikuljetusten päästöjen kehittymisen seuranta. Samoin erilaiset meriliikenteen infrastruktuurin kehittämishankkeet edellyttävät päästöjen arvioimista. Tarvetta on seurata Suomen merikuljetusten päästöjen kehittymistä Suomen tuonnissa ja viennissä koko merimatkan osalta (myös Suomen aluevesirajojen ulkopuolella).

Projektissa tuotettiin kaksi tietokonemallia, kokonaispäästömalli ja päästövertailumalli Suomen ja ulkomaiden välisen meriliikenteen tavarakuljetusten päästöjen (CO, HC, NO_x, PM, CH₄, N₂O, SO₂, CO₂, CO₂-ekv.), niiden ulkoisten kustannusten sekä polttoainekustannusten laskentaan, kehittymisen seurantaan ja erilaisten skenaarioiden tekemiseen. Mallit on rakennettu asiantuntijoiden, erityisesti merenkulkualan viranomaisten ja niiden sidosryhmien käyttöön.

Ensimmäiset versiot malleista valmistuivat vuonna 2009. Mallien kehittämistä jatkettiin vuosina 2010–2011 ja 2013. Tällöin kokonaispäästömalliin lisättiin vuosia, alustyyppejä, aikasarjoja ja skenaario-ominaisuuksia. Lisäksi kehitettiin molempien mallien laskentaa ja käyttöliittymiä. Viimeisimmät versiot malleista valmistuivat keväällä 2016, jolloin malleihin lisättiin mm. päästöjen laskenta merialueittain (Itämeri, Pohjanmeri ja Englannin kanaali, muut merialueet sekä Pohjois-Amerikan SECA-alue). Malleja on jatkossakin tarkoitus päivittää tulevien vuosien liikennetiedoilla ja päästölaskennoilla.

Projektin rahoituksesta ja ohjauksesta vastasivat Liikenteen turvallisuusvirasto ja Liikennevirasto. Liikenteen turvallisuusvirastossa projektin ohjauksesta vastasi Jorma Kämäräinen (ohjausryhmän puheenjohtaja) sekä Liikennevirastossa Taneli Antikainen. Projektin toteutti Sito. Projektin työryhmään kuuluivat Ilkka Salanne (projektipäällikkö, Sito), Marko Tikkanen (Sito) ja Kari Mäkelä (vuoteen 2015 VTT, sen jälkeen TREMMO Tmi).

Helsingissä, 5. lokakuuta 2016

Jorma Kämäräinen
Johtava asiantuntija
Liikenteen turvallisuusvirasto (Trafi)

FÖRORD

Utsläppsbegränsningarna för maritima transporter skärpas, vilket förutsätter att man följer med hur utsläppen från de internationella maritima transporterna utvecklas. Likaså förutsätter olika projekt för att utveckla infrastrukturen för fartygstrafiken en uppskattning av utsläppen. Det föreligger behov av att följa med hur utsläppen utvecklas i Finlands maritima transporter i den finländska importen och exporten i fråga om hela sjöresan (också utanför gränserna för Finlands territorialvatten).

I projektet tog man fram två datormodeller, en modell över de totala utsläppen och en utsläppsjämförelsemodell för att beräkna utsläppen (CO, HC, NO_x, PM, CH₄, N₂O, SO₂, CO₂, CO₂e), de externa kostnaderna för dem samt bränslekostnaderna, för att följa med hur de utvecklas och för att utarbeta olika slags scenarier. Modellerna har byggts upp för att användas av experter, i synnerhet myndigheterna inom sjöfartsbranschen och deras intressenter.

De första versionerna av modellerna blev färdiga år 2009. Dessa har utvecklats under 2010–2011 och 2013. Modellen för de totala utsläppen har kompletterats med år, fartygstyper, tidsserier och scenario-egenskaper. Dessutom utvecklade man kalkyleringen och användargränssnitten i vardera modellen. De senaste versionerna av modellerna blev färdiga i vår 2016, när man lagt till modeller till och med kalkyleringen i havområden (Östersjön, Nordsjön och engelsk kanal, de andra havområden och Nordamerikas SECA-område). Det är meningen att i fortsättningen uppdatera modellerna med trafikdata och utsläppskalkyler för kommande år.

För finansieringen och styrningen av projektet svarade Trafiksäkerhetsverket och Trafikverket. På Trafiksäkerhetsverket svarade Jorma Kämäräinen (ordförande för styrgruppen) för styrningen av projektet samt på Trafikverket Taneli Antikainen. Projektet genomfördes av Sito. I projektets arbetsgrupp ingick Ilkka Salanne (projektchef, Sito), Marko Tikkanen (Sito) och Kari Mäkelä (tills 2015 VTT, efter TREMMO)

Helsingfors, den 5 oktober 2016

Jorma Kämäräinen
Ledande sakkunnig
Trafiksäkerhetsverket (Trafi)

FOREWORD

There are more stringent emission limits in maritime transport and this requires that the development of international maritime transport emissions be monitored. Various maritime transport infrastructure development projects also require an estimation of emissions. There is the need to monitor the development of Finland's maritime transport emissions with regard to imports and exports throughout the voyage (also outside Finnish territorial waters).

In the project two computer models were developed: the total emissions model and the emissions comparison model.

Models are used for monitoring emissions (CO, HC, NO_x, PM, CH₄, N₂O, SO₂, CO₂, CO₂e), emission costs and fuel-costs of Finnish international maritime freight transport. Models include also tools for development monitoring and scenario modelling. The models were constructed for the expert use of maritime authorities and stakeholders.

The first versions of the models were completed in 2009. Models were further developed during 2010–2011 and 2013. Then ship types, time series and scenario properties were added to the total emissions model. In addition, the calculations and user interfaces were further developed for both models. The latest versions of the models were completed in late spring 2016, when calculation of the emissions by sea areas (The Baltic Sea, The North Sea and the English Channel, the other sea areas and the North American SECA) were added to the models. The models will be updated with traffic data and emission calculations also in future years.

The Finnish Transport Safety Agency and the Finnish Transport Agency were responsible for the funding and steering of this project. From the Finnish Transport Safety Agency the project was steered by Mr. Kämäräinen (Chair of the steering group) together with Taneli Antikainen from the Finnish Transport Agency. The project was implemented by Sito Ltd. The project team was as follows: Ilkka Salanne (Project leader, Sito), Marko Tikkanen (Sito) and Kari Mäkelä (up to 2015 VTT, after TREMMO).

Helsinki, October 5th 2016

Jorma Kämäräinen
Chief Adviser
Finnish Transport Safety Agency Trafi

Sisällysluettelo

Index

Tiivistelmä
Sammanfattning
Abstract

1	Johdanto	1
2	Mallit	3
2.1	Lähtötiedot ja toimintaperiaate	3
2.2	Kokonaispäästömalli	6
2.3	Päästövertailumalli	7
3	Tulokset	8
3.1	Päästöt	12
3.2	Päästökustannukset	19
3.3	Polttoainekustannukset	22
4	Skenaariot	25
4.1	Kokonaispäästömallilla tehdyt skenaariot	25
4.2	Päästövertailumallilla tehdyt skenaariot	31
5	Kysely varustamoille alusten polttoaineiden käytöstä	34
6	Lähdeluettelo	36

TIIVISTELMÄ

Projektissa tuotettiin kaksi tietokonemallia, kokonaispäästömalli ja päästövertailumalli, Suomen ja ulkomaiden välisen meriliikenteen tavarakuljetusten päästöjen (CO, HC, NO_x, PM, CH₄, N₂O, SO₂, CO₂, CO₂-ekv.), niiden ulkoisten kustannusten sekä polttoainekustannusten laskentaan, kehittymisen seurantaan ja erilaisten skenaarioiden tekemiseen. Mallit on rakennettu asiantuntijoiden, erityisesti merenkulkualan viranomaisten ja niiden sidosryhmien käyttöön. Ensimmäiset versiot malleista valmistuivat vuonna 2009. Uusimmat versiot malleista valmistuivat keväällä 2016, jolloin malleihin lisättiin mm. päästöjen laskenta merialueittain (Itämeri, Pohjanmeri ja Englannin kanaali, muut merialueet sekä Pohjois-Amerikan SECA-alue). Mallit sisältävät satamapäästöt lähtö- ja määräsatamissa sekä koko merimatkan päästöt merialueittain Suomen ja ulkomaan satamien välillä. Malleja on jatkosakin tarkoitus päivittää tulevien vuosien liikennetiedoilla ja päästölaskennoilla.

Kokonaispäästömalli laskee Liikenneviraston meriliikennetilastojen avulla Suomen ja ulkomaiden välisen meriliikenteen tavarakuljetusten vuosien 2005–2015 kokonaispäästöt, päästökustannukset ja polttoainekustannukset alustyypeittäin ja merialueittain tuonnissa ja viennissä. Kokonaispäästömallissa voidaan muodostaa aikasarjoja eri perustein: alustyyppit, liikennealueet ja tavaralajit. Siinä voidaan tehdä skenaarioita muuttamalla mm. polttoainetietoja, keskinopeutta, aluskokoja, lastien osuuksia DWT:stä sekä alue-, tavaralaji- ja alustyyppijakaumia.

Päästövertailumallilla voidaan tehdä päästömäärien vertailuja valitun satamaparin vuoden 2015 liikenteen perusteella, kun laivan tyyppiä, kokoa, lastin osuutta DWT:stä tai nopeutta muutetaan. Päästövertailumallin toisessa osassa päästöt lasketaan aluskäyntikohtaisesti.

Suomen kansainvälisessä meriliikenteessä kuljetetun lastin määrä on vaihdellut vuosina 2005–2015 noin 83 miljoonasta tonnista noin 103 miljoonaan tonniin vuodessa. Lastin määrä kasvoi tasaisesti vuodesta 2005 vuoteen 2007, kunnes vuonna 2008 kasvu taloudellisen taantuman vuoksi pysähtyi ja kääntyi laskuun vuonna 2009. Vuosina 2010 ja 2011 kuljetetun lastin määrä jatkoi kasvua kunnes se vuonna 2012 kääntyi laskuun ja nousi jälleen hieman vuonna 2013. Vuosina 2013 ja 2014 kuljetetun lastin määrä pysyi lähes samana kunnes vuonna 2015 määrä väheni. Vuonna 2015 kuljetetun lastin määrä oli noin 89 miljoonaa tonnia. Kuljetussuorite on vaihdellut vuosina 2005–2015 noin 191 000 miljoonasta tonnikipilometristä noin 263 000 miljoonaan tonnikipilometriin. Viennin osuus kuljetussuoritteesta on suurempi kuin tuonnin.

Polttoaineen kulutus Suomen kansainvälisen meriliikenteen tavarakuljetuksissa vaihteli vuosina 2005–2015 noin 1,49 miljoonasta tonnista noin 1,94 miljoonaan tonniin (ml. raskas ja kevyt polttoöljy). Mallissa eri päästökomententtien päästöt muuttuvat samassa suhteessa kuin alusten polttoaineen kulutus. Rikkidioksidipäästöihin vaikuttaa lisäksi alusten käyttämien polttoaineiden rikkipitoisuudet. Eri alustyyppien yksikköpäästöt poikkeavat toisistaan. Tästä seuraa se, että joinakin vuosina kokonaispäästöt ovat voineet vähentyä, vaikka kokonaisliikenne on kasvanut ja päinvastoin. Päästöjen kokonaismäärään vaikuttaa myös mm. liikenteen suuntautuminen (tonnikipilometrit).

Suomen kansainvälisen meriliikenteen tavarakuljetuksista aiheutuneiden hiilidioksidipäästöjen määrä noudattelee liikenteen määrän kehitystä ja siinä näkyy taloudellisen taantuman vaikutus vuonna 2009. Vuotuisten hiilidioksidipäästöjen määrä on vaihdellut 2005–2015 noin 4,7 miljoonan tonnin ja noin 6,2 miljoonan tonnin välillä.

Rikkidioksidipäästöt pysyivät vuosina 2005–2008 suunnilleen samalla tasolla, vaikka liikenne lisääntyi, koska alusten käyttämän raskaan polttoöljyn rikkipitoisuus väheni samalla ajanjaksolla. Vuonna 2009 rikkidioksidipäästöt vähenivät selvästi (noin 23 %) verrattuna

vuoteen 2008 johtuen kokonaisliikenteen määrän vähenemisestä. Vuodesta 2010 eteenpäin vuotta 2014 lukuun ottamatta rikkidioksidipäästöt jatkoivat vähenemistä raskaan polttoöljyn rikkipitoisuuden vähetessä. Rikkidioksidipäästöjen määrä on vaihdellut vuosina 2005–2014 noin 38 000 tonnista noin 55 500 tonniin ja vuonna 2015 rikkidioksidipäästöt olivat rikkidirektiivistä johtuen enää noin 14 100 tonnia.

Suomen kansainvälisten merikuljetusten päästökustannukset ovat vaihdelleet vuosina 2005–2015 noin 247 miljoonasta eurosta noin 323 miljoonaan euroon (vuoden 2013 hintataso). Päästökustannuksista selvästi suurin osa, noin 80 % johtuu hiilidioksidipäästöistä. Vastaavalla aikajaksolla polttoainekustannukset ovat vaihdelleet noin 395 miljoonasta eurosta noin 1 017 miljoonaan euroon. Kuljetetun lastin määrän, kuljetussuoritteen ja alustyyppin lisäksi polttoainekustannuksiin vaikuttavat polttoaineiden hintojen vaihtelut.

Malleilla voidaan tehdä erilaisia skenaarioita. Seuraavana on esitetty skenaarioista joitakin esimerkkejä, joissa on käytetty vuoden 2015 liikennemääriä:

- Lisättäessä roro-lastialuksilla kuljetetun lastin määrää 2,1 miljoonalla tonnilla kokonaisliikenne kasvaa 2,4 % ja vuotuiset kokonaishiilidioksidipäästöt peräti 6 %. Tämä johtuu roro-alusten muita alustyyppisiä suuremmasta keskinopeudesta ja tästä johtuvasta suuremmasta keskikulutuksesta.
- Lisättäessä lyhyen etäisyyden bulkalusten kuljettamaa lastia 1,5 miljoonaa tonnia lastin kokonaismäärä kasvaa 1,7 % ja vuotuiset hiilidioksidipäästöt vain 0,8 % johtuen alhaisesta keskinopeudesta ja vastaavasta alhaisesta polttoaineen keskikulutuksesta.
- Vähennettäessä kivihiilen ja koksien tuontia 1,6 miljoonaa tonnia kokonaisliikenne vähenee 3,7 % ja kokonaisrikkidioksidipäästöt jopa 11,7 %. Kivihiilestä ja koksista noin neljännes tuodaan Suomeen muualta kuin Euroopan SECA-alueen satamista, jolloin alukset liikennöivät merialueilla, joilla voi käyttää rikkipitoisuudeltaan korkeampaa polttoainetta. Kuljetetun lastin vähentyessä kuljetussuorite vähenee pitkistä kuljetusetäisyyksistä johtuen muilla merialueilla noin 16 % ja kokonaisuutenakin noin 8 %, mikä selittää suhteellisen suurta rikkidioksidipäästöjen vähenemää.
- Lisättäessä Aasiaan suuntautuvien merikuljetusten määrää 0,9 miljoonaa tonnia (nykyisestä kaksinkertaiseksi) kuljetetun lastin kokonaismäärä kasvaa 2,1 % ja vuotuiset kokonaisrikkidioksidipäästöt peräti noin 20 % johtuen pitkistä kuljetusmatkasta erityisesti SECA-alueiden ulkopuolella.
- Vähennettäessä kaikkien alustyyppien keskinopeutta 10 % kokonaispäästöt vähenevät noin 18–19 % päästökomponentista riippuen. Tällöin lasti kuljetetaan keskimäärin alhaisemmilla nopeuksilla.
- Suurennettaessa kaikkien alustyyppien keskikokoja 10 % päästöt vähenevät noin 7 %. Tällöin lasti kuljetetaan keskimäärin suuremmilla aluksilla.
- Pienennettäessä alusten käyttämän polttoaineen rikkipitoisuutta muilla merialueilla 0,5 %:iin rikkidioksidipäästöt vähenevät kokonaisuutena 60 % ja muilla merialueilla kuin SECA-alueilla 74 %.
- Suurennettaessa konttialusten keskimääräistä kokoa Kotkan ja Rotterdamin välisessä liikenteessä 20 %:lla vuotuiset päästöt vähenevät noin 6–7 %.
- Vähennettäessä kemikaalialusten keskinopeutta Haminan ja Rotterdamin välisessä liikenteessä 10 %:lla vuotuiset päästöt pienenevät 15–17 % päästökomponentista riippuen.
- Vähennettäessä roro-lastialuksen keskinopeutta Kotkan ja Lybeckin välisessä liikenteessä 20 %:lla päästöt pienenevät 35–36 % päästökomponentista riippuen.

SAMMANFATTNING

I projektet togs det fram två datormodeller, en modell över de totala utsläppen och en utsläppsjämförelsemodell för att beräkna utsläppen (CO, HC, NO_x, PM, CH₄, N₂O, SO₂, CO₂, CO₂e), de externa kostnaderna för dem samt bränslekostnaderna, för att följa med hur de utvecklas och för att utarbeta olika slags scenarier. Modellerna har byggts upp för att användas av experter, i synnerhet myndigheterna inom sjöfartsbranschen och deras intressenter. De första versionerna av modellerna blev färdiga år 2009. De senaste versionerna blev färdiga i vår 2016, när man lagt till modeller till och med kalkyleringen i havområden (Östersjön, Nordsjön och engelsk kanal, de andra havområden och Nordamerikas SECA-område). Modellerna innefattar hamnutsläppen i avgångs- och destinationshamnarna samt utsläppen under hela sjöresan mellan Finland och de utländska hamnarna. Det är meningen att i fortsättningen uppdatera modellerna med trafikdata och utsläppskalkyler för kommande år.

Modellen över de totala utsläppen beräknar med hjälp av Trafikverkets statistik över fartygstrafiken de totala utsläppen, utsläppskostnaderna och bränslekostnaderna per fartygstyp i import och export för de maritima varutransporterna mellan Finland och utlandet åren 2005–2015. I modellen över de totala utsläppen kan man göra olika tidsserier baserade på följande parametrar: fartygstyper, trafikområden och varuslag. I den kan man göra upp scenarier genom att ändra bl.a. bränsleuppgifter, medelfart, fartygsstorlekar, del av last av DWT samt geografiska, varuslags- och fartygstypsfördelningar.

Med utsläppsjämförelsemodellen kan man göra jämförelser mellan utsläppsmängderna utgående från 2015 års trafik mellan det valda paret hamnar, då man ändrar båtens typ, storlek och fart. I den andra delen kan man räknä utsläppen för en besök av båt.

I Finlands internationella fartygstrafik har den fraktade lastens mängd varierat åren 2005–2015 mellan ca 83 miljoner ton och ca 103 miljoner ton per år. Lastens mängd ökade i jämn takt från 2005 till 2007 och år 2008 avstannade ökningen på grund av lågkonjunkturen och minskade 2009. I 2010 och 2011 lastens mängd ökade, 2012 minskade den och ökade igen lite 2013. Åren 2013 och 2014 lastens mängd var nästan samma tills 2015, när lastens mängd minskade. Transportprestationen har åren 2005–2015 varierat mellan ca 191 000 miljoner tonkilometer och ca 263 000 miljoner tonkilometer. Exportens andel av transportprestationen är större än importens.

Bränsleförbrukningen i varutransporterna i Finlands internationella maritima trafik varierade åren 2005–2015 mellan ca 1,49 miljoner ton och ca 1,94 miljoner ton (inkl. tung och lätt brännolja). I modellen ändras de olika utsläppskomponenternas utsläpp i samma förhållande som fartygens bränsleförbrukning. Utsläppen av svaveldioxid påverkas desutom av svavelhalterna i de bränslen fartygen använder. De olika fartygstypernas enhetsutsläpp skiljer sig från varandra. Av detta följer att de totala utsläppen har kunnat minska under något år, även om totaltrafiken har ökat och tvärtom. Den totala utsläppsmängden påverkas också bl.a. av inriktningen av trafiken (tonkilometer).

Den mängd koldioxidutsläpp som orsakas av Finlands internationella maritima varutransporter följer trafikmängdens utveckling och i den syns lågkonjunkturrens inverkan i 2009. Mängden årliga koldioxidutsläpp har 2005–2015 varierat mellan ca 4,7 miljoner ton och ca 6,2 miljoner ton.

Svaveldioxidutsläppen höll sig åren 2005–2008 på ungefär samma nivå, fastän trafiken ökade, emedan svavelhalten i den tunga brännolja fartygen använder minskade under samma period. År 2009 minskade svaveldioxidutsläppen klart (ca 23 %) i jämförelse med 2008, beroende på att trafiken totalt sett minskade. Sedan år 2010 utom år 2014 har svaveldioxi-

utsläppen minskat när svavelhalten i den tunga brännolja minskade. Svaveldioxidutsläppens mängd har årligen varierat från ca 38 000 ton till ca 55 500 ton och år 2015 var svaveldioxidutsläppens mängd endast 14 100 ton på grund av svaveldirektivet.

Utsläppskostnaderna för Finlands internationella maritima transporter har åren 2005–2015 varierat mellan ca 247 miljoner euro och ca 323 miljoner euro (årets 2013 prisnivå). Av utsläppskostnaderna härrör den klart största delen, nästan 80 % av koldioxidutsläppen. Under motsvarande tidsperiod har bränslekostnaderna varierat mellan ca 395 miljoner euro och ca 1 017 miljoner euro. Bränslekostnaderna påverkas av den fraktade lastens mängd, transportprestationen, fartygstypen samt av variationerna i bränslepriserna.

Med modellerna kan man göra olika slags scenarier. I det följande visas några exempel på scenarier, där man har använt årets 2015 lastens mängd:

- Då man ökar det antal ton som fraktas med ro-ro-lastfartyg med 215 miljoner ton ökar den totala trafiken med 2,4 % och de årliga koldioxidutsläppen med hela 6 %. Detta beror på att ro-ro-fartygen har högre medelfart än andra fartyg och därmed större snittförbrukning av bränsle.
- Om man ökar den last som fraktas av bulkfartyg på korta sträckor med 1,5 miljoner ton ökar totalmängden last med 1,7 % och de årliga koldioxidutsläppen med bara ca 0,8 % beroende på den låga medelfarten och motsvarande låga genomsnittliga bränsleförbrukning.
- Då man minskar import av stenkol och koks med 1,6 miljoner ton minskar den totala trafiken med 3,7 % och de totala svaveldioxidutsläppen med hela 11,7 %. Ca kvartal av stenkol och koks importeras i Finland från hamnar utanför Europeiska SECA-område, när fartygen trafikeras i områdena där fartygena kan användas bränslet som har större svavelhalten. När lastens mängd minskar, transportprestationen minskar utanför SECA-områdena ca 16 % eftersom distanser är långa och också helt ca 8 %, som förklarar relativt stort minskning av utsläppen.
- Då man ökar de maritima transporterna på Asien med 0,9 miljoner ton (till det dubbla jämfört med nuläget), ökar totalmängden fraktad last med 2,1 % och de årliga svaveldioxidutsläppen med hela ca 20 % beroende på den långa transportsträckan särskilt utanför SECA-områdena.
- Då man minskar medelfarten för alla fartygstyper med 10 %, minskar de totala utsläppen med ca 18–19 % beroende på utsläppskomponent. Härvid transporteras motsvarande last med i genomsnitt lägre farter.
- Då man ökar medelstorlekarna på alla fartygstyper med 10 % minskar utsläppen med ca 7 %. Då fraktas motsvarande last med i genomsnitt större fartyg.
- Då man minskar utanför SECA-områdena svavelhaltigheten i bränslet som används i fartygen till 0,5 % minskar svaveldioxidutsläppen helt med 60 % och utanför SECA-områdena 74 %.
- Då man ökar containerfartygens medelstorlekar i trafik mellan Kotka och Rotterdam med 20 %, minskar de årliga utsläppen med ca 6–7 %.
- Då man minskar kemikaliefartygens medelfart i trafik mellan Fredrikshamn och Rotterdam med 10 % minskar de årliga utsläppen med 15–17 % beroende på utsläppskomponent.
- Då man minskar ro-ro-lastfartygens medelfart i trafik mellan Kotka och Lybeck med 20 % minskar utsläppen med 35–36 % beroende på utsläppskomponent.

ABSTRACT

In the project two computer models were developed: the total emissions model and the emissions comparison model. Models are used for monitoring emissions (CO, HC, NO_x, PM, CH₄, N₂O, SO₂, CO₂, CO₂e), emission costs and fuel-costs of Finnish international maritime freight transport. Models include also tools for development monitoring and scenario modelling. The models were constructed for the expert use of maritime authorities and stakeholders. The first versions of the models were completed in 2009. The latest versions were completed in late spring 2016, when calculation of the emissions by sea areas (The Baltic Sea, The North Sea and the English Channel, the other sea areas and the North American SECA) were added to the models. The models include port emissions from both the departure and destination ports as well as emissions during the entire voyage between Finnish and foreign ports. The models will be updated with traffic data and emission calculations also in future years.

The total emissions model uses the Finnish Transport Agency's Maritime Transport statistics to calculate the total emissions, emission costs and fuel costs for the years 2005–2015 of the maritime transports of goods between Finland and foreign countries. The results are presented according to ship type on imports and exports. In the total emissions model, time series can be constructed according to different criteria: type of vessels, traffic areas and type of goods. For example fuel data, average speed, vessel size, percentage of cargo of DWT and region, cargo type and ship type distributions can be changed for creating the scenarios.

The emissions comparison model can be used to make comparisons of emissions between a selected pair of ports based on 2015 traffic, by changing the ship's type, size, percentage of cargo of DWT and speed. In the second part of the emissions comparison model the emissions are calculated by ship visit.

The cargo volume of Finnish international shipping has varied in years 2005–2015 annually between about 83 million tonnes to about 103 million tonnes. The cargo volume increased steadily from 2005 to 2007 and in 2008 growth came to a halt and took a downturn in 2009 due to economic recession. In 2010 and 2011 the cargo volume continued to grow until in 2012 when the cargo started to decrease and increased again a little in 2013. In 2013 and 2014 the cargo volume was approximately same until 2015 when it decreased. Transport volume fluctuated over the period of 2005–2015 from about 191,000 million tonne kilometres to about 263,000 million tonne kilometres. Exports' proportion of total transport is greater than that of imports.

Fuel consumption in Finland's international maritime freight transport ranged from approximately 1.49 million tonnes to around 1.94 million tonnes over the period of 2005–2015 (including heavy and light fuel oil). In the model, the emissions from various emission components change at the same rate as ships' fuel consumption. The sulphur content of the fuels used by the vessels also affects sulphur dioxide emissions. Different ship types' unit emissions differ. It follows that, in some years, total emissions may have reduced, although total traffic increased, and vice versa. The total emission volume is also affected by for example the orientation of traffic (tonne kilometres).

Carbon dioxide emissions caused by Finland's international maritime transport of goods are in line with the development of traffic volumes and shows the impact of the economic recession in 2009. Annual carbon dioxide emissions have varied between around 4.7 million tonnes and an estimated 6.2 million tonnes from 2005–2015.

Sulphur dioxide emissions remained roughly at the same level from 2005–2008, even though traffic increased, because the sulphur content of the heavy fuel oil used by vessels decreased during the same period. In 2009, sulphur dioxide emissions fell sharply (by about 23%) compared with 2008, due to the overall decline in the volume of traffic. Since 2010 excluding 2014 the sulphur dioxide emissions continued to fall because the sulphur content of the heavy fuel oil used by vessels decreased during the same period. Sulphur dioxide emissions have fluctuated over the period 2005–2014 from around 38,000 tonnes to around 55,500 tonnes and in 2015 sulphur dioxide emissions were due to the sulphur directive only around 14 100 tonnes.

Emission costs of Finnish international maritime transports have fluctuated during the period 2005–2015 from about EUR 247 million to about EUR 323 million (price level year 2013). The vast majority of emission costs, almost 80%, are a result of carbon dioxide emissions. During an equivalent time period, fuel costs have ranged from about EUR 395 million to about EUR 1,017 million. In addition to cargo volume, haulage and type of ship fuel costs are influenced by fuel price fluctuations.

Different scenarios can be produced by models. The following list gives some examples of scenarios where the traffic is from year 2015:

- When increasing the number of tonnes transported by RORO cargo ships by 2.1 million tonnes, total traffic grows by 2.4% and the total annual carbon dioxide emissions grow by as much as 6%. This is due to RORO vessels larger average ship sizes and the resulting higher average fuel consumption.
- Accordingly when adding 1.5 million tonnes of cargo to a short distance bulk ship, the total increase of cargo is 1.7% and the annual carbon dioxide emissions only about 0.8% due to the low average speed and thus low average fuel consumption.
- When coal and coke import volume is reduced by 1.6 million tonnes, the total traffic is reduced by 3.7% and total sulphur dioxide emissions by about 11.7%. About quarter of coal and coke is imported to Finland from outside SECA, when the vessels operate in sea area where they can use fuel which percentage of sulphur is higher. When the volume of the cargo transported is reduced, the tonne kilometres decrease due to the long distances in other than SECA around 16% and in total around 8%, which explain relatively large decrease of the sulphur emissions.
- When we add 0.9 million tonnes (double the current volume) to maritime transports to Asia, the increase in total cargo is 2.1% and total annual sulphur dioxide emissions increase by as much as around 20% due to the long transport distance.
- When reducing the average speed in all types of vessels by 10%, total emissions drop by about 18–19% depending on the emission component. In this case, the cargo is transported at a lower average speed.
- When the average vessel size for all types of ships is increased by 10%, emissions are reduced by about 7%. In this case, cargo is transported on average by larger vessels.
- By reducing the sulphur content of fuel of all ships to 0.5% sulphur dioxide emissions are dropped in total by 60% and in the other sea areas than SECA 74%.
- When the average size of container ships is increased by 20% in traffic between Kotka and Rotterdam, annual emissions were reduced by about 6–7%.
- Reducing the average speed of chemical tanker ships by 10% in Hamina to Rotterdam traffic reduced annual emissions by 15–17%, depending on the emissions component.
- Reducing the average speed of RORO cargo ships by 20% in Kotka to Lybeck traffic reduced emissions by 35–36%, depending on the emissions component.

1 Johdanto

Merikuljetuksia koskevat entistä tiukemmat päästörajoitukset, jotka edellyttävät kansainvälisten merikuljetusten päästöjen kehittymisen seuranta. Samoin erilaiset meriliikenteen infrastruktuurin kehittämishankkeet edellyttävät päästöjen arvioimista. Tarvetta on myös seurata Suomen merikuljetusten päästöjen kehittymistä Suomen tuonnissa ja viennissä koko merimatkan osalta (myös Suomen aluevesirajojen ulkopuolella).

MERIMA-projektissa tuotettiin kaksi tietokonemallia (kokonaispäästömalli ja päästövertailumalli) Suomen ja ulkomaiden välisen meriliikenteen tavarakuljetusten päästöjen (CO, HC, NO_x, PM, CH₄, N₂O, SO₂, CO₂, CO₂-ekv.¹) ja niiden ulkoisten kustannusten sekä polttoainekustannusten laskentaan ja kehittymisen seurantaan. Mallit on tarkoitettu asiantuntijoiden, erityisesti merenkulkualan viranomaisten ja niiden sidosryhmien käyttöön.

Mallien vuoden 2016 päivitysten yhteydessä toteutettiin kysely suomalaisille varustamoille alusten polttoaineiden käytöstä Euroopan SECA-alueella. Kyselyn tulokset on esitetty luvussa 5.

IMO:n meriympäristön suojelukomitean 9.10.2008 hyväksymän MARPOL 73/78 -yleissopimuksen uudistetun ilmasuojeluliitteen (VI) tavoitteena on rajoittaa alusliikenteen typpi- ja rikkioksidipäästöjä. Polttoaineen rikkipitoisuusraja laski Itämeren, Pohjanmeren ja Englannin kanaalin käsittävillä erityisalueilla 1,5 %:sta 1,0 %:iin 1.7.2010 alkaen sekä 0,1 %:iin vuoden 2015 alusta alkaen. Globaalilla tasolla polttoaineen korkein sallittu rikkipitoisuus laski vuonna 2012 4,5 %:sta 3,5 %:iin ja laskee vuonna 2020 tai viimeistään vuonna 2025 0,5 %:iin. Rikkidioksidipäästöjen rajoitus tarkoittaa käytännössä sitä, että alukset joutuvat siirtymään kaasuoöljyn (MGO) tai ns. hybridipolttoaineiden käyttöön tai käyttämään pakokaasupesureita. Kaasuoöljy on valmistustavastaan johtuen huomattavasti kalliimpaa kuin raskas polttoöljy. (Merenkulkulaitos 2009)

Asiantuntijoiden mukaan laivojen pakokaasuista päätyy Itämereen vuosittain jätevesipäästöihin verrattuna merkittävästi suurempi määrä rehevöittävää tyyppiä kuin aiemmin on arvioitu. Itämeren typpilaskeumasta jo lähes 10 % (n. 16 000 tonnia) on peräisin Itämeren laivaliikenteen päästöistä.

Sinänsä kannatettavat päästörajoitushankkeet tulevat asiantuntijalausuntojen mukaan merkitsemään varustamojen polttoaine- ym. kustannusten nousua ja tätä kautta lisäkustannuksia maamme ulkomaankaupalle. Rikkipitoisuuden vähentäminen Itämerellä 0,1 %:iin vuoden 2015 alusta saattaa eräiden arvioiden mukaan merkitä jopa 0,8 miljardin euron lisäkustannuksia Suomeen liikennöiville aluksille. Kasvihuonepäästöjen (CO₂) rajaamisen hinnaksi on arvioitu noin 200 miljoonaa euroa. Arvioitujen kokonaiskustannusten toteutumiseen vaikuttavat muun muassa liikennemäärien kasvu, vähärikkisten polttoaineiden hinta ja saatavuus, päästötonnin hinta sekä merenkulun päästötavoitteiden taso tulevina vuosina. (Valtioneuvosto)

¹ CO₂-ekv. = ekvivalenttinen hiilidioksidi. Kasvihuonekaasupäästöjen yhteismitta, jonka avulla voidaan laskea yhteen eri kasvihuonekaasujen päästöjen vaikutus kasvihuoneilmiön voimistumiseen. Lukuarvo saadaan lisäämällä CO₂-päästöihin metaanin (CH₄) päästö määrää kerrottuna luvulla 25 ja typpioksiduulin (N₂O) päästö määrää kerrottuna luvulla 298.

Baltic Ports Organizationin (BPO) julkaisun SECA – one year after its entry into force mukaan selvästi osa (86 %) laivoista on siirtynyt käyttämään Euroopan SECA-alueella polttoaineenaan merelläajossa matalarikkistä dieselöljyä (MGO). Matalarikkisen polttoaineen käyttäminen on helpoin tapa alittaa pakokaasupäästörajat. Muut investointeja vaativat teknologiat kuten pakokaasupesureiden tai LNG:n käyttö on vaihtoehto matalarikkisen polttoaineen käytölle. (Baltic Ports Organization 2016)

Pakokaasupäästörajoiden noudattamista valvottiin SECA-alueella rikkidirektiivin voimaantulon jälkeisinä kuukausina runsaasti. Euroopan maat myös rankaisevat rikkidirektiivin noudattamatta jättämisestä sakoilla. (Baltic Ports Organization 2016)

2 Mallit

2.1 Lähtötiedot ja toimintaperiaate

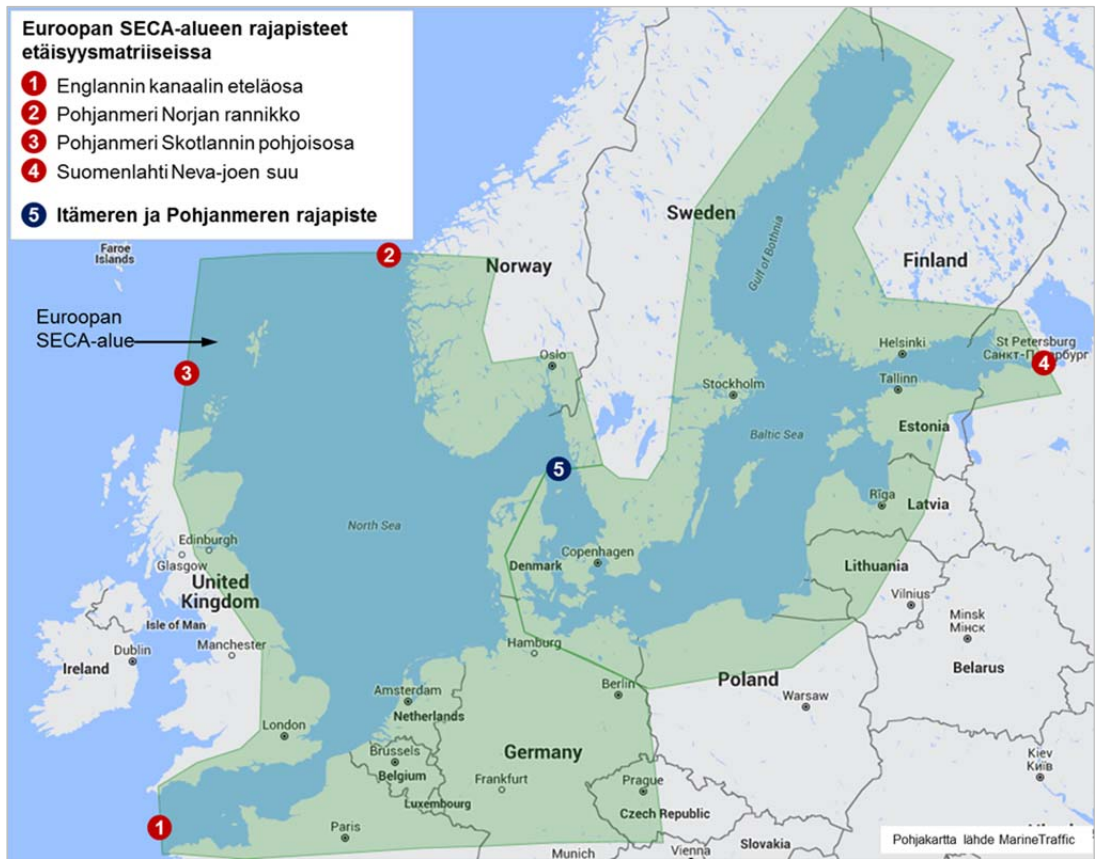
Lähtötiedot

Mallien lähtötilastoina käytetään Liikenneviraston Suomen kansainvälisten merikuljetusten tavaraliikenteen vuositilastoja alustyypeittäin tuonnissa ja viennissä. Kokonaispäästömallissa tilastot ovat vuosilta 2007–2015 ja päästövertailumallissa vuodelta 2015 (Liikennevirasto 2016). Kokonaispäästömallin aikasarjoissa on mukana myös vuodet 2005 ja 2006.

Kuljetussuoritteet laskettiin malleihin merialueittaisten (Itämeri, Pohjanmeri ja Englannin kanaali, muu merialue sekä Pohjois-Amerikan SECA-alue, Kuva 1 ja Kuva 2) etäisyysmatriisien avulla. Etäisyysmatriiseissa on Suomen satamien ja ulkomaan satamien väliset etäisyydet Itämerellä Suomen satamasta Itämerellä sijaitsevaan ulkomaan satamaan tai Itämeren rajapisteeseen (Kuva 1, pisteet 4 ja 5), Pohjanmerellä ja Englannin kanaalissa Itämeren ja Pohjanmeren rajapisteestä (Kuva 1, piste 5) Pohjanmerellä tai Englannin kanaalissa sijaitsevaan satamaan tai Euroopan SECA-alueen rajapisteeseen (Kuva 1, pisteet 1, 2 ja 3), muulla merialueella Euroopan SECA-alueen rajapisteestä muulla merialueella sijaitsevaan satamaan tai Pohjois-Amerikan SECA-alueen rajalle (Kuva 2) sekä Pohjois-Amerikan SECA-alueen rajalta Pohjois-Amerikan SECA-alueella sijaitsevaan satamaan.

Meriväyläetäisyydet saatiin Liikenneviraston etäisyystietojen (Liikennevirasto a ja b), internetissä olevien etäisyyslaskureiden (Ports.com, Sea-Distances.org, Sea Route Finder, Sea distances – voyage calculator, ShipBroker Net, Vesseldistance, World Ports Distances ja World Shipping Register) ja muiden palveluiden (GoogleMaps ja MarineTraffic) avulla.

Muita lähtötietoja ovat polttoaineiden rikkipitoisuudet (VTT) ja hinnat (Bunker Index, Ulstein Group), tyyppialuskohtaiset yksikkökulutukset (ShipBroker Net) ja yksikköpäästöt (VTT) sekä päästöjen yksikkökustannukset (Alusliikenteen yksikkökustannukset 2013).



Kuva 1. Euroopan SECA-alue ja merialueiden rajapisteet etäisyysmatriiseissa.



Kuva 2. Pohjois-Amerikan SECA-alue.

Toimintaperiaate

Mallien laskenta perustuu satamaparien välillä kuljetettuihin tavaramääriin, satamaparien välisiin merialueille jaettuihin etäisyyksiin sekä eri alustyyppien tonnikipilometri- ja lastitonnikohtaisiin yksikköpäästöihin.

Malleissa päästöt merellä saadaan laskemalla alustyyppin tonnikipilometrit merialueittain Suomen sataman ja ulkomaan sataman välillä ja kertomalla tonnikipilometrit tyyppialuksen tonnikipilometrikohtaisilla yksikköpäästöillä. Päästöt satamassa saadaan kertomalla tyyppialuksen kuljettamat lastitonnit tyyppialuksen lastitonnikohtaisilla yksikköpäästöillä. Päästökustannukset saadaan kertomalla päästökomponentteittain päästöjen yksikkökustannukset päästömäärillä. Polttoainekustannukset saadaan kertomalla tyyppialuksen tonnikipilometrit tyyppialuksen polttoaineen yksikkökulutuksella.

Malleissa määritettiin 14 tyyppialusta, jotka ovat ominaisuuksiltaan keskimääräisiä aluksia. Mallien tyyppialuksia ovat raakaöljyalus, lyhyen etäisyyden tuotetankkeri, pitkän etäisyyden tuotetankkeri, kemikaalialus, lyhyen etäisyyden bulkalus, pitkän etäisyyden bulkalus, konttialus, paperinkuljetuskonttialus, lyhyen etäisyyden kuivalastialus, pitkän etäisyyden kuivalastialus, roro-lastialus, paperinkuljetus-roro-lastialus, roro-matkustaja-alus ja muu alus. Tyyppialuksille määritettiin kantavuus (DWT), lastin osuus DWT:stä, oletusnopeus sekä yksikköpäästöt ja -kulutus merellä ja satamassa. Polttoaineen kulutuskertoimet määritettiin erikseen kullekin tyyppialukselle. (Taulukko 1)

Taulukko 1. Tyyppialukset ja niiden ominaisuudet.

	Koko (DWT)	Lastin osuus DWT:stä	Nopeus (solmua)	Polttoaineen kulutus (grammaa / tonnikm)	CO ₂ -päästö (grammaa / tonnikm)
Raakaöljyalus	100 000	50 %	11	1,5	4,8
Tuotetankkeri, lyhyt etäisyys	12 000	50 %	14	4,2	13,3
Tuotetankkeri, pitkä etäisyys	25 000	50 %	14	2,9	9,3
Kemikaalialus	8 000	50 %	13	5,1	16,2
Bulkalus, lyhyt etäisyys	14 000	60 %	13	3,5	11,2
Bulkalus, pitkä etäisyys	40 000	60 %	13	2,3	7,4
Konttialus	12 000	32 %	19	12,6	40,2
Konttialus, paperi	14 000	46 %	19	8,3	26,3
Kuivalastialus, lyhyt etäisyys	4 000	40 %	12	7,7	24,6
Kuivalastialus, pitkä etäisyys	10 000	40 %	12	6,1	19,3
Roro lastialus	10 000	25 %	20	35,7	111,5
Roro lastialus, paperi	14 000	40 %	18	11,4	36,9
Roro matkustaja-alus	6 000	25 %	20	34,8	110,1
Muu alus	14 000	60 %	12	3,5	11,2

Skenaarioiden (luku 4) tekemistä varten tyyppialusten kokoja, lastien osuuksia DWT:stä ja oletusnopeuksia voidaan muuttaa. Kokonaispäästömallissa voidaan muuttaa muilla kuin päästörajoitetuilla merialueilla alusten käyttämien polttoaineiden rikkipitoisuutta sekä raskaan ja kevyen polttoöljyn osuuksia.

Teknisesti mallit on toteutettu Excel-tilulukkolaskentaohjelmalla. Malleissa voidaan valita kieleksi suomi tai englanti. Mallien tuottamia kuvia ja taulukoita voidaan kopioida leikepöydälle ja liittää leikepöydän kautta esim. diaesityksiin.

2.2 Kokonaispäästömalli

Kokonaispäästömalli laskee Suomen ja ulkomaiden välisen meriliikenteen tavarakuljetusten vuosien 2005–2015 päästöt ja polttoaineen kulutuksen sekä päästö- ja polttoainekustannukset alustyypeittäin merellä ja satamassa sekä tuonnissa että viennissä. Polttoaineen kulutus, päästöt ja kustannukset lasketaan koko tiedossa olevalle matkan pituudelle merialueittain ja satamille sekä Suomessa että ulkomailla.

Kokonaispäästömallissa (Kuva 3) on 12 eri käyttöliittymää. Päästöt kaikilla merialueilla ja Päästökustannukset -käyttöliittymissä voidaan valita vertailtavaksi vuosista 2007–2015 kaksi vuotta tai tehdä skenaarioita halutulle vuodelle muuttamalla tyyppialusten kokoja, lastien osuuksia DWT:stä ja nopeuksia. Päästöt kaikilla merialueilla -käyttöliittymässä voidaan muuttaa polttoaineiden osuuksia ja rikkipitoisuuksia muilla kuin päästörajoitetuilla merialueilla.

Kokonaispäästömallissa esitetään aikasarjat vuosilta 2005–2015 alustyypeittäin, tavaralajeittain ja liikennealueittain. Aikasarjat-käyttöliittymissä voidaan valita liikenteen suunta, kuljetettu lasti tai kuljetussuorite sekä päästökomponentti, polttoaineen kulutus, polttoainekustannukset tai päästökustannukset aikasarjan lähtötiedoiksi.

Erillisissä Skenaariot-käyttöliittymissä voidaan tehdä skenaarioita alustyypeittäin, tavaralajeittain ja liikennealueittain muuttamalla kuljetetun lastin määriä. Skenaariot-käyttöliittymissä voidaan valita vuosi, liikenteen suunta sekä päästökomponentti, polttoaineen kulutus, polttoainekustannukset tai päästökustannukset lähtötiedoiksi.

Kieli - Language
☒ suomi
☐ English


Finnish Transport Agency

MERIMA

PÄÄSTÖLASKENTAMALLI

SUOMEN KANSAINVÄLINEN MERILIIKENNE

TAVARAKULJETUKSET

SISÄLTÖ	Valitse
Päästöt kaikilla merialueilla	
Päästöt Itämerellä	
Päästöt Pohjanmerellä ja Englannin kanaalissa	
Päästöt muilla merialueilla	
Päästöt Pohjois-Amerikan SECA-alueilla	
Päästökustannukset	
Aikasarjat, alustyytit	
Aikasarjat, tavaralajit	
Aikasarjat, liikennealueet	
Skenaariot, alustyytit	
Skenaariot, tavaralajit	
Skenaariot, liikennealueet	
Tyyppialukset	
Polttoaineiden hinnat ja rikkipitoisuudet	
Mallin kuvaus	
Ohjausryhmä ja mallin tekijät	


Trafi
Liikenteen turvallisuusvirasto


SITO

2016

Kuva 3. Kokonaispäästömallin etusivu.

2.3 Päästövertailumalli

Päästövertailumallissa (Kuva 4) on kaksi käyttöliittymää. Mallilla voidaan vertailla päästömääriä, polttoaineen kulutusta sekä päästö- ja polttoainekustannuksia Suomen satamien ja ulkomaan satamien välisillä laivareiteillä.

Päästövertailumalliin otettiin mukaan vuoden 2015 liikennemääriltään 50 suurinta ulkomaan satamaa ja niiden vastasatamat Suomessa (41 satamaa). Yhteensä nämä satamat muodostavat 510 eri yhteysväliä (satamaparia). Tavaramäärillä mitattuna em. satamat kattavat 82 % koko tuonnista, 73 % koko viennistä ja 77 % koko liikenteestä.

Päästöjen vertailu reiteittäin -käyttöliittymässä voidaan tehdä vertailuja valitun Suomen ja ulkomaan satamaparin vuoden 2015 tavaraliikenteen perusteella, kun valitaan aluksen tyyppi sekä aluksen kokoa, lastin osuutta DWT:stä ja nopeutta muutetaan. Lisäksi voidaan haluttaessa syöttää oma lastimäärä. Vertailujen tekemistä varten käyttöliittymässä on kaksi samanlaista osaa. Päästömäärät, polttoaineen kulutus sekä päästö- ja polttoainekustannukset lasketaan valitun satamaparin tavaraliikenteen ja muiden tehtyjen valintojen perusteella merialueittain.

Päästöjen vertailu aluskäyntikohtaisesti -käyttöliittymä on muuten samanlainen kuin Päästöjen vertailu reiteittäin -käyttöliittymä, mutta päästöt lasketaan yhdelle aluskäynnille ja lastien osuuksia DWT:stä voidaan muuttaa erikseen matkan molemmille suunnille. Muuten valinnat ovat samat kuin Päästöjen vertailu reiteittäin -käyttöliittymässä.



Finnish Transport Agency



Liikenteen turvallisuusvirasto



2016

MERIMA

SUOMEN KANSAINVÄLISEN MERILIIKENTEEN TAVARAKULJETUSTEN PÄÄSTÖVERTAILUMALLI VUOSI 2015

Kieli - Language
☒ suomi
☐ English

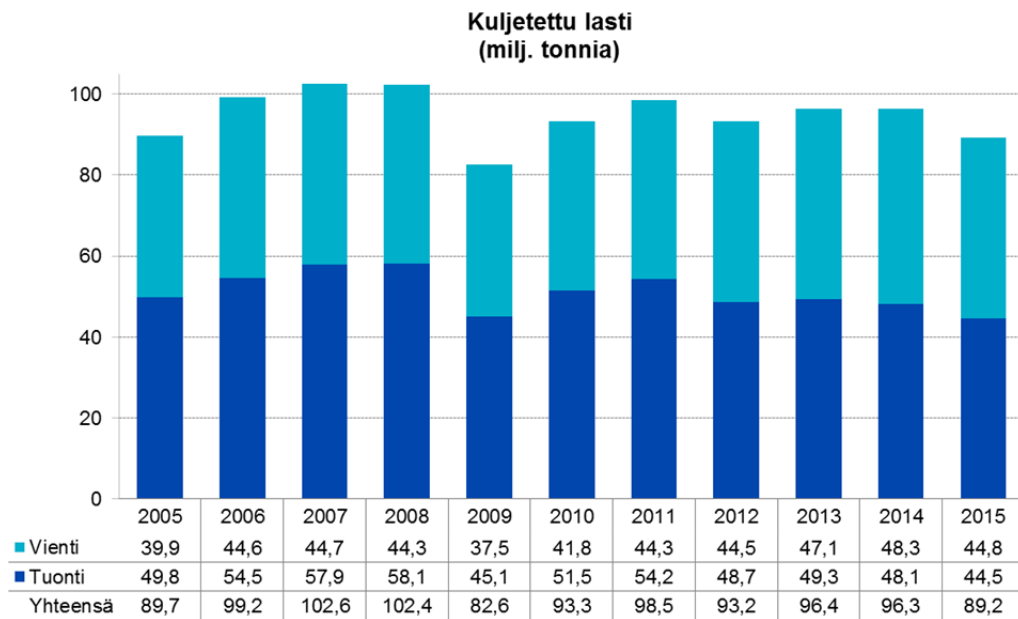
SISÄLTÖ	Valitse
Päästöjen vertailu reiteittäin	
Päästöjen vertailu aluskäyntikohtaisesti	
Tyypialukset	
Mallin kuvaus	
Ohjausryhmä ja mallin tekijät	

Kuva 4. Päästövertailumallin etusivu.

3 Tulokset

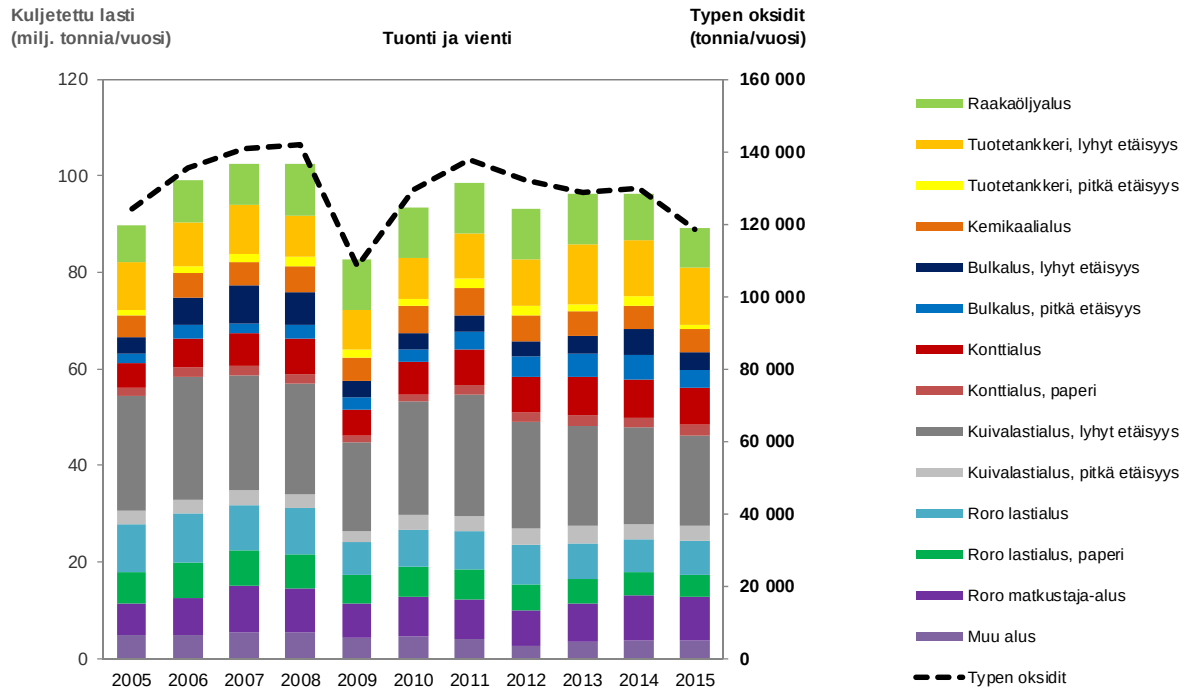
Kuljetettu lasti

Suomen kansainvälisessä meriliikenteessä kuljetetun lastin määrä kasvoi tasaisesti vuodesta 2005 vuoteen 2007. Vuoden 2008 lopulla kasvu taloudellisen taantuman vuoksi pysähtyi ja lastin määrä laski edelleen vuonna 2009. Vuosina 2005–2015 kuljetetun lastin määrä on vaihdellut noin 83 miljoonasta tonnista noin 103 miljoonaan tonniin. Viennissä sekä kuljetetun lastin määrä että määrien muutokset eri vuosien välillä ovat olleet pienempiä kuin tuonnissa. Kuljetetut lastit sisältävät myös transi-
toliikenteen. (Kuva 5)

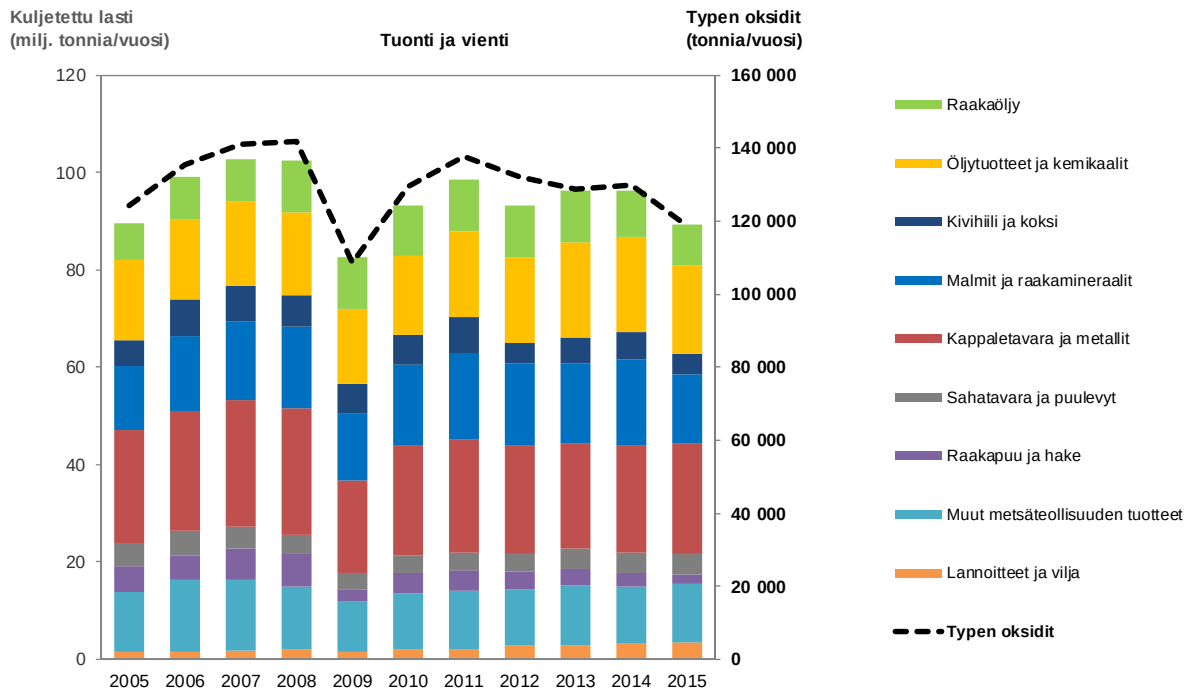


Kuva 5. Suomen ja ulkomaiden välillä kuljetettu lasti vuosina 2005–2015.

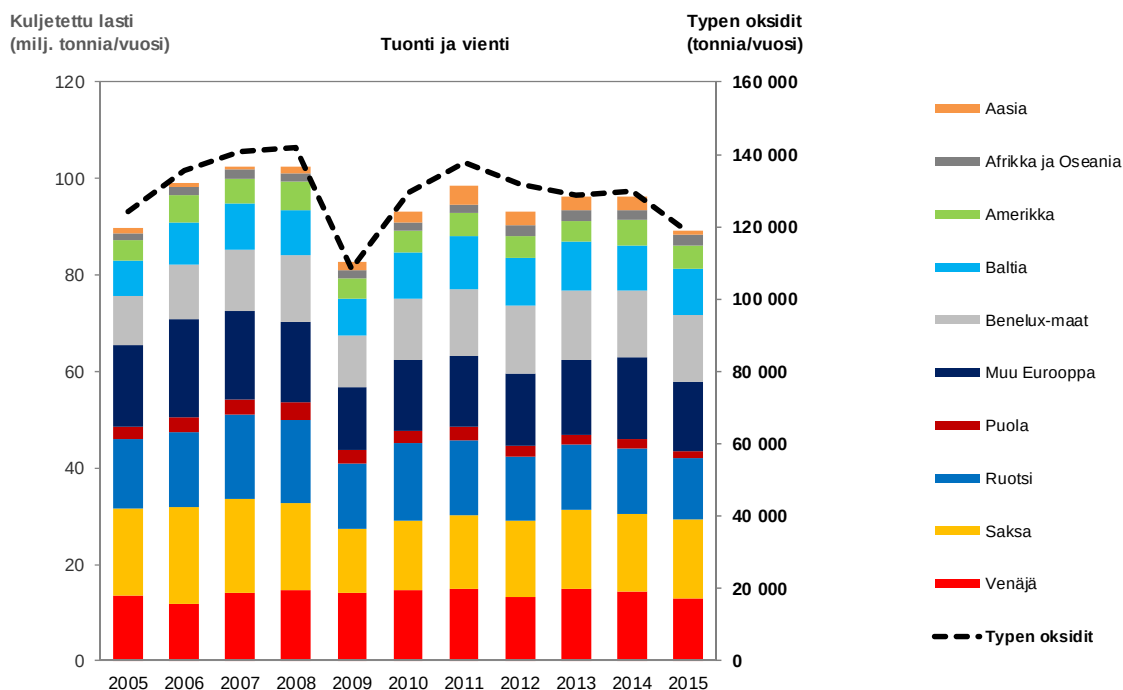
Kuljetetusta lastista suurin osa on ollut kappaletavaraa ja metalleja. Alustyypeistä eniten lastia on kuljetettu lyhyen etäisyyden kuivalastialuksilla. Noin puolet lastista on kuljetettu Suomen ja Ruotsin, Suomen ja Saksan sekä Suomen ja Venäjän välillä. (Kuva 6, Kuva 7 ja Kuva 8)



Kuva 6. Vuosina 2005–2015 kuljetettu lasti alustyypeittäin. Kuvassa on esitetty myös typen oksidien päästöt.

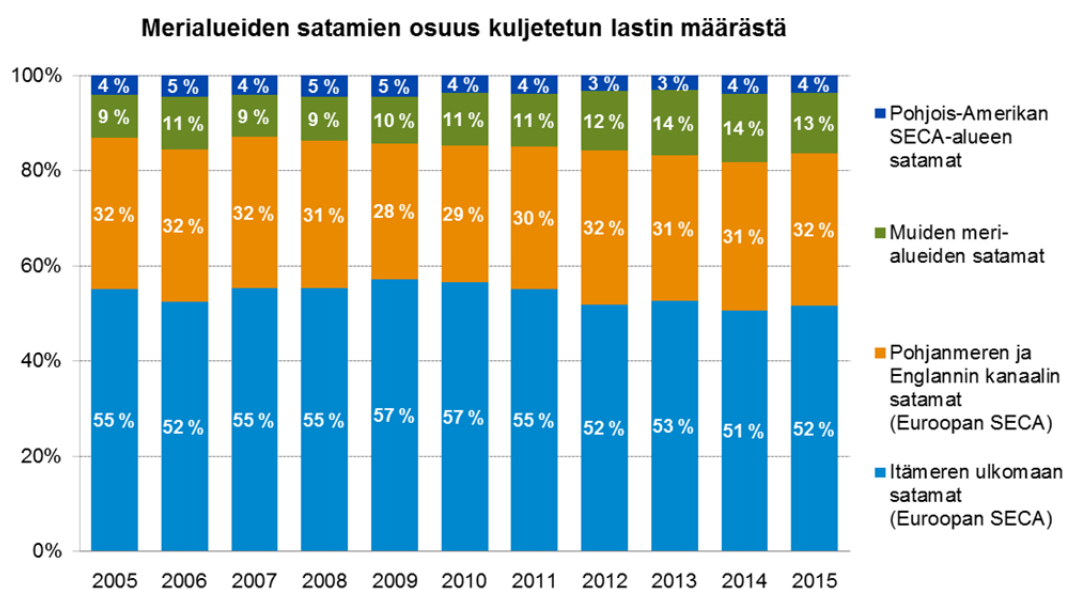


Kuva 7. Vuosina 2005–2015 kuljetettu lasti tavaralajeittain. Kuvassa on esitetty myös typen oksidien päästöt.



Kuva 8. Vuosina 2005–2015 kuljetettu lasti liikennealueittain. Kuvassa on esitetty myös typen oksidien päästöt.

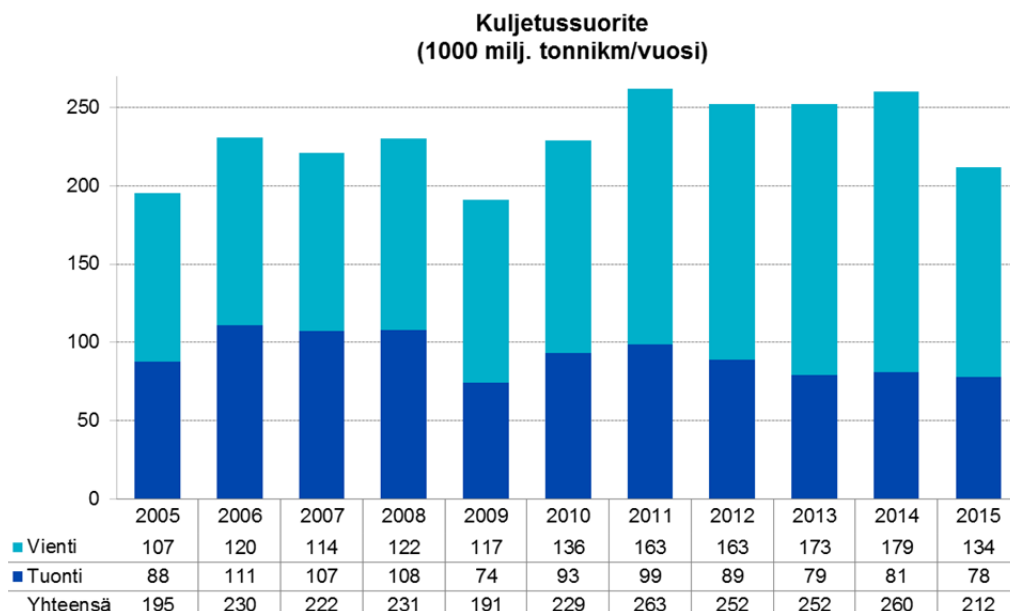
Vuosina 2005–2015 eniten lastia on kuljetettu Suomen satamien ja Itämeren ulkomaan satamien välillä. Itämeren ulkomaan satamien osuus on ollut runsaat puolet kaikesta Suomen satamien kautta kuljetetusta lastista. Suomen satamien sekä Pohjanmeren ja Englannin kanaalin satamien välillä on kuljetettu lastia hieman alle kolmasosa kaikesta kuljetetusta lastista, Suomen satamien ja muiden merialueiden satamien välillä 9–14 % sekä Suomen satamien ja Pohjois-Amerikan SECA-alueen satamien välillä 3–5 % kaikesta kuljetetusta lastista. (Kuva 9)



Kuva 9. Suomen satamista / satamiin kuljetetun lastin jakauma eri merialueiden satamien välillä vuosina 2005–2015.

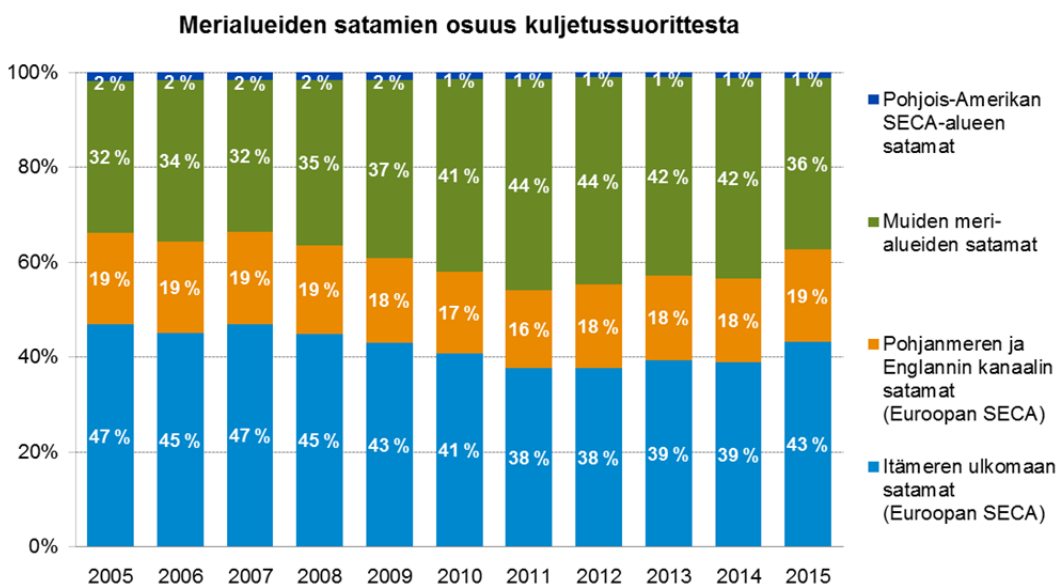
Kuljetussuorite

Suomen kansainvälisen meriliikenteen tavarakuljetusten vuotuinen kuljetussuorite on vaihdellut vuosina 2005–2015 noin 191 000 miljoonasta tonnikipilometristä noin 263 000 miljoonaan tonnikipilometriin. Viennin osuus kuljetussuoritteesta on suurempi kuin tuonnin. Luvun 3.1 kuvissa on esitetty kuljetussuorite myös alustyyppittain, tavaralajeittain ja liikennealueittain. (Kuva 10)



Kuva 10. Kuljetussuorite Suomen ja ulkomaiden välillä vuosina 2005–2015.

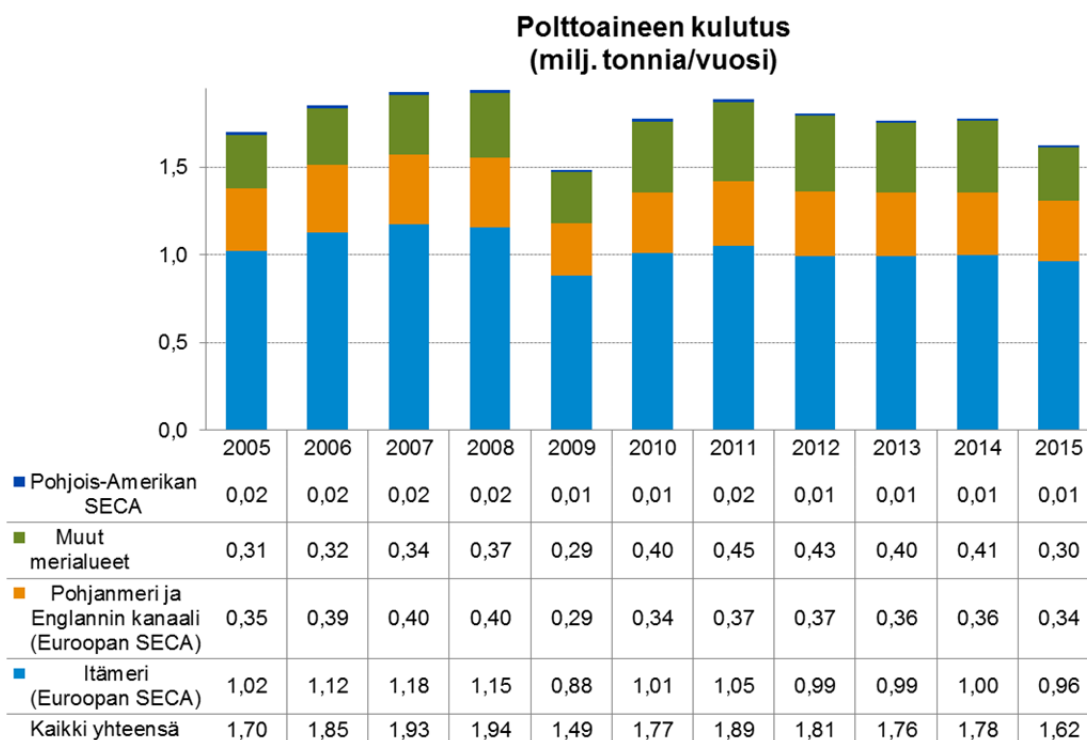
Vuosina 2005–2015 selvästi suurimmat osat kuljetussuoritteesta ovat syntyneet Suomen satamien ja Itämeren ulkomaan satamien (n. 38–47 % koko kuljetussuoritteesta) sekä Suomen satamien ja muiden merialueiden satamien välisistä kuljetuksista (n. 32–44 %). Suomen satamien sekä Pohjanmeren ja Englannin kanaalin satamien välisen kuljetusten osuus on ollut noin 16–18 % sekä Suomen satamien ja Pohjois-Amerikan SECA-alueen satamien osuus noin 1–2 % koko kuljetussuoritteesta. (Kuva 11)



Kuva 11. Suomen satamien ja ulkomaan satamien välisen kuljetussuoritteen jakauma eri merialueiden satamien välillä vuosina 2005–2015.

Polttoaineen kulutus

Polttoaineen vuotuinen kokonaiskulutus Suomen kansainvälisen meriliikenteen tavarakuljetuksissa on vaihdellut vuosina 2005–2015 noin 1,49 miljoonasta tonnista noin 1,94 miljoonaan tonniin. Määrä sisältää sekä raskaan että kevyen polttoöljyn kulutuksen. Selvästi suurin osa polttoaineen kulutuksesta kohdistui Itämerelle. (Kuva 12)



Kuva 12. Polttoaineen kulutus merialueittain vuosina 2005–2015.

3.1 Päästöt

Mallissa eri päästökomponenttien päästöt muuttuvat samassa suhteessa kuin alusten polttoaineen kulutus. Rikkidioksidipäästöihin vaikuttaa lisäksi alusten käyttämien polttoaineiden rikkipitoisuudet. Polttoaineen rikkipitoisuus vaikuttaa hieman myös muihin päästökomponentteihin, mutta malleissa tätä vaikutusta ei ole vielä huomioitu muiden kuin hiukkaspäästöjen osalta.

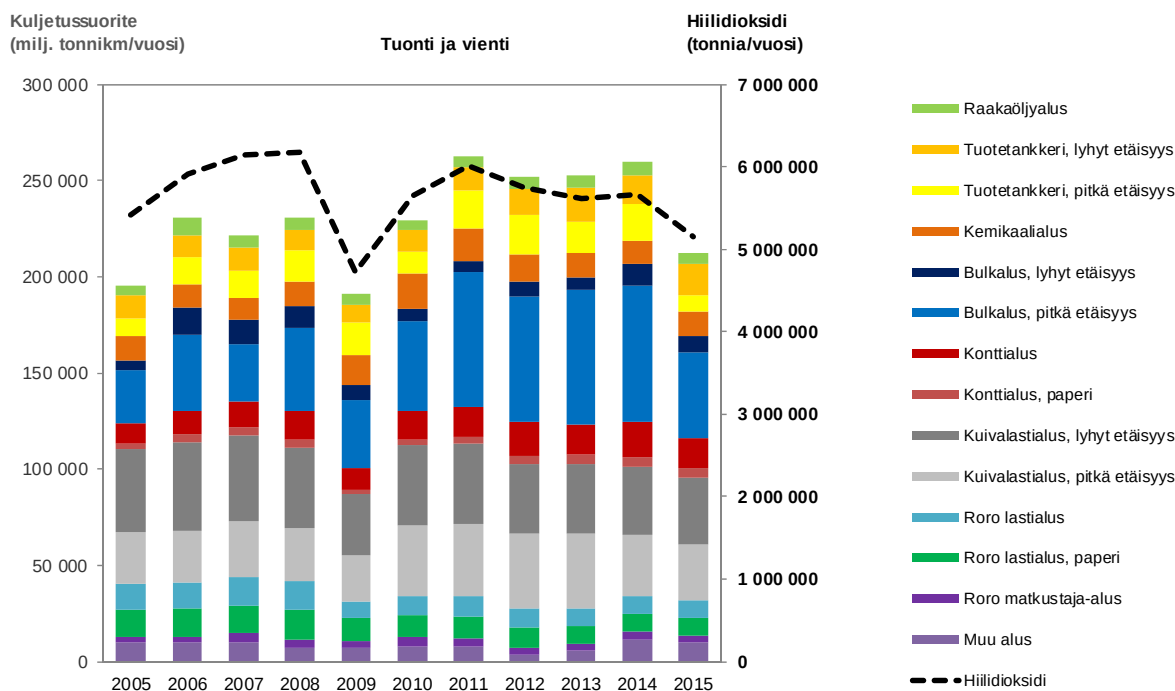
Päästöjen laskenta perustuu malleissa eri alustyyppien yksikköpäästöihin tonnikipometriä kohti. Eri alustyyppien yksikköpäästöt poikkeavat toisistaan (Taulukko 1). Tästä seuraa se, että joinakin vuosina päästöt ovat voineet vähentyä, vaikka kokonaisliikenne on kasvanut ja päinvastoin. Päästöjen kokonaismäärään vaikuttaa myös mm. liikenteen suuntautuminen (tonnikilometrit).

Seuraavassa on käsitelty hiilidioksidi- ja rikkidioksidipäästöjen kehittymistä vuosina 2005–2015. Kaikkien päästökomponenttien päästömäärät vuosilta 2014 ja 2015 on esitetty luvun lopussa olevissa taulukoissa (Taulukko 2, Taulukko 4 ja Taulukko 5).

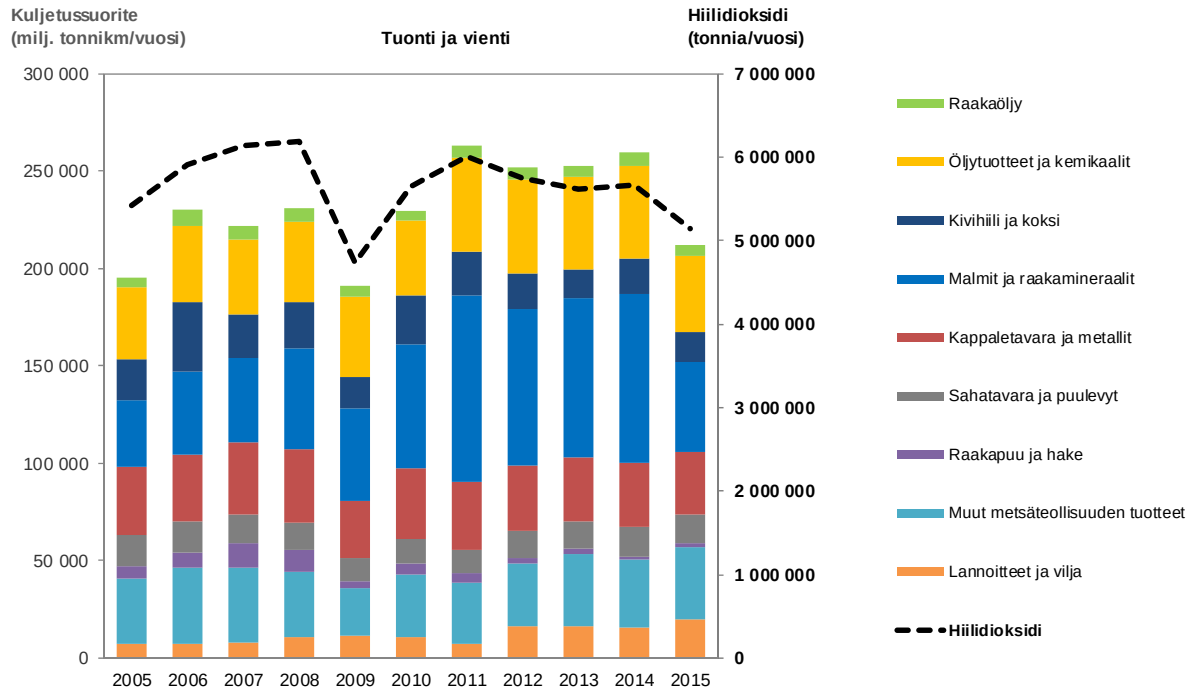
Hiilidioksidipäästöt

Suomen kansainvälisen meriliikenteen tavarakuljetuksista aiheutuneet hiilidioksidipäästöt kasvoivat tasaisesti vuodesta 2005 vuoteen 2008 saakka, jonka jälkeen hiilidioksidipäästöt vähenivät selvästi. Vuodesta 2009 vuoteen 2011 hiilidioksidipäästöt kasvoivat, minkä jälkeen hiilidioksidipäästöt laskivat joka vuosi vuotta 2014 lukuun ottamatta. Hiilidioksidipäästöjen määrä on vaihdellut vuosittain noin 4,7 miljoonasta tonnista noin 6,2 miljoonaan tonniin. (Kuva 13, Kuva 14 ja Kuva 15)

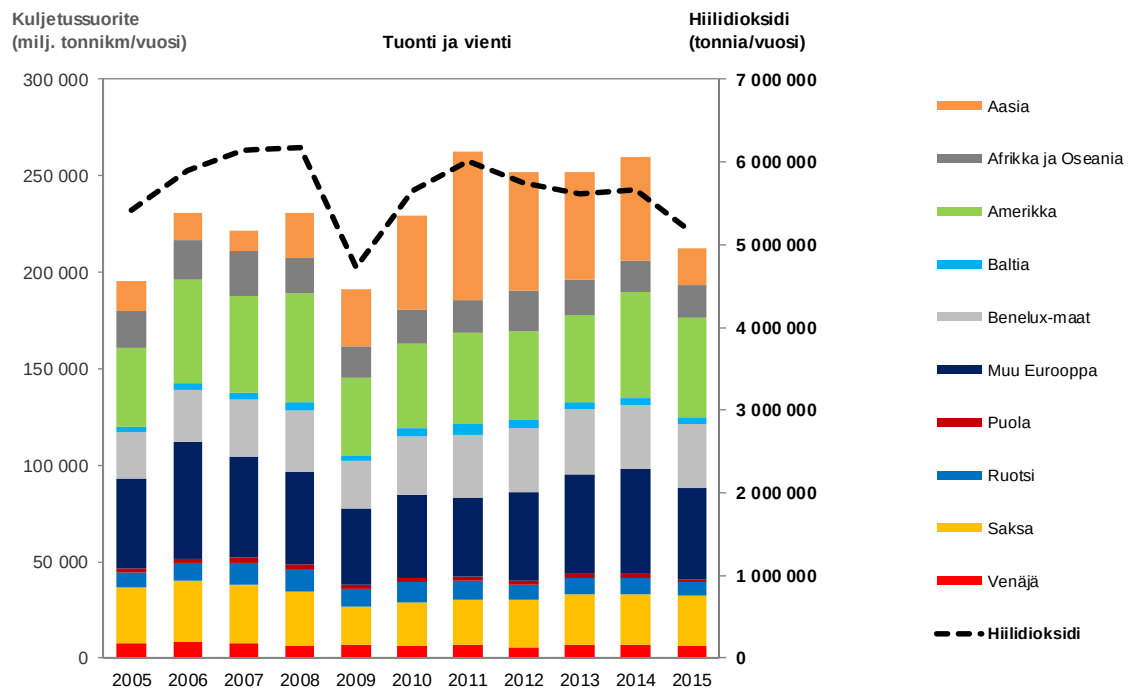
Vuosina 2005–2015 hiilidioksidipäästöt ovat muuttuneet suunnilleen samalla tavalla kuin kuljetussuorite. Verrattuna kuljetussuoritteeseen muutokseen hiilidioksidipäästöt ovat kasvaneet esim. vuodesta 2006 vuoteen 2007 siitä huolimatta, että kuljetussuorite on pienentynyt. Tämä johtuu siitä, että lastia on kuljetettu vähemmän sellaisilla alustyypeillä, joiden yksikköpäästö on pieni (esim. bulkalukset) ja enemmän sellaisilla aluksilla, joiden yksikköpäästö on suuri (esim. kontti- ja roro-alukset). Vastavasti kuljetussuorite on kasvanut vuodesta 2010 vuoteen 2011 enemmän kuin hiilidioksidipäästöt ovat kasvaneet. Vuoden 2015 hiilidioksidipäästöjen väheneminen johtuu pääasiassa pitkämatkaisen Aasian liikenteen vähenemisestä, joka on vähentänyt kuljetussuoritetta huomattavasti. (Kuva 13, Kuva 14 ja Kuva 15)



Kuva 13. Hiilidioksidipäästöt vuosina 2005–2015. Kuljetussuoritteiden jakauma on esitetty alustyypeittäin.



Kuva 14. Hiilidioksidipäästöt vuosina 2005–2015. Kuljetussuoritteen jakauma on esitetty tavaralajeittain.

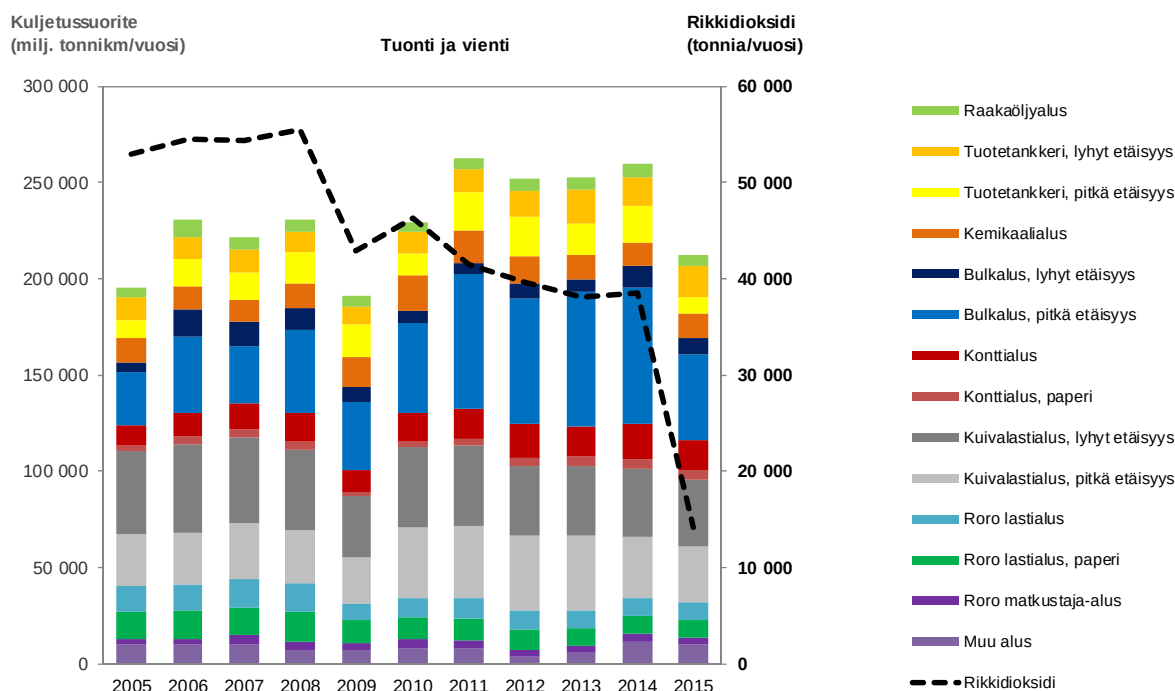


Kuva 15. Hiilidioksidipäästöt vuosina 2005–2015. Kuljetussuoritteen jakauma on esitetty liikennealueittain.

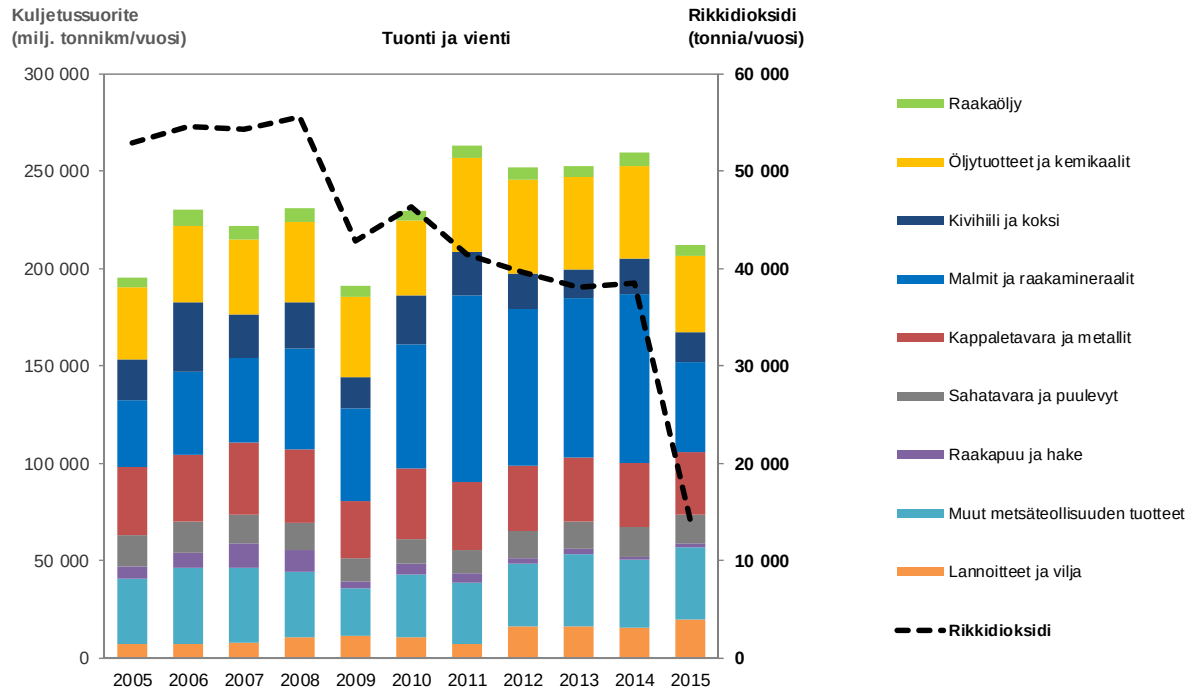
Rikkidioksidipäästöt

Suomen kansainvälisen meriliikenteen tavarakuljetuksista aiheutuneet rikkidioksidipäästöt pysyivät vuosina 2005–2008 suunnilleen samalla tasolla siitä huolimatta, että kuljetussuorite kasvoi vuosina 2005–2007. Rikkidioksidipäästöt pysyivät samalla tasolla, koska alusten polttoaineena käyttämän raskaan polttoöljyn rikkipitoisuus väheni samalla ajanjaksolla Euroopan SECA-alueella 1,6 %:sta 1,4 %:iin. Vuonna 2009 rikkidioksidipäästöt vähenivät selvästi verrattuna vuoteen 2008. Rikkidioksidipäästöt jatkoivat vähenemistä vuodesta 2010 alkaen siitä huolimatta, että kuljetussuorite kasvoi. Samalla ajanjaksolla raskaan polttoöljyn rikkipitoisuus väheni Euroopan SECA-alueella 1,1 %:sta 1,0 %:iin. (Kuva 16, Kuva 17 ja Kuva 18)

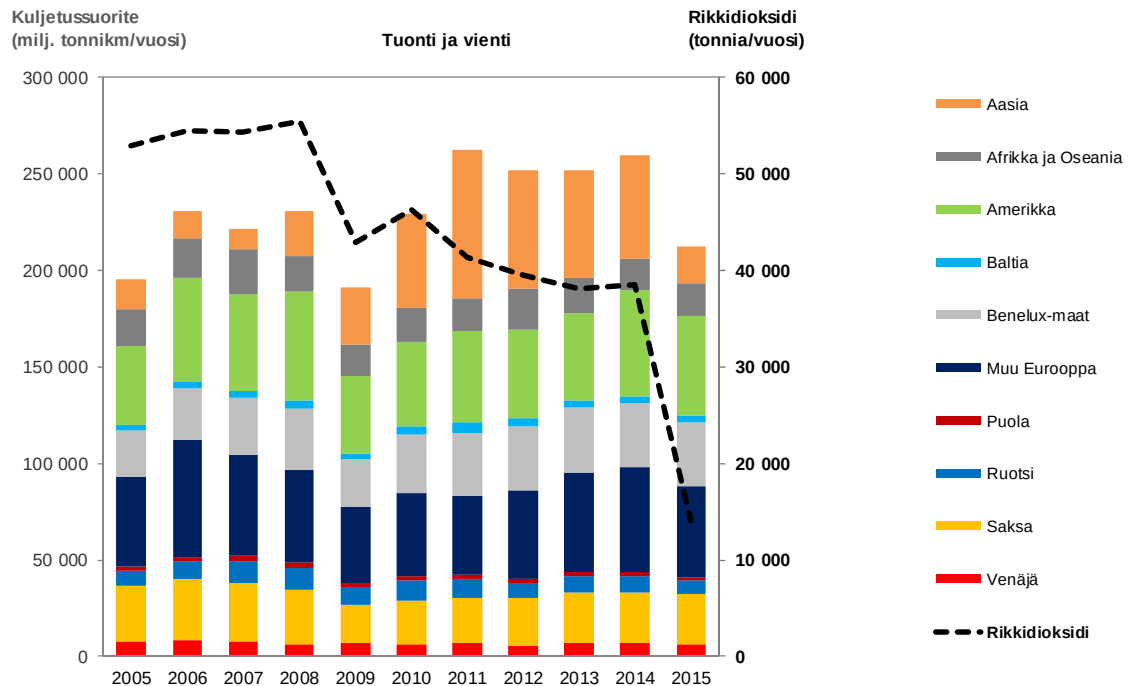
Vuonna 2015 rikkidioksidipäästöt vähenivät edelliseen vuoteen verrattuna runsaat 60 %, koska polttoaineen rikkipitoisuus pieneni 0,1 %:iin rikkidirektiivin tultua voimaan SECA-alueilla ja myös kuljetussuorite pieneni edelliseen vuoteen verrattuna. Rikkidioksidipäästöjen määrä vaihteli vuosina 2005–2014 noin 38 000 tonnista noin 55 500 tonniin ja vuonna 2015 rikkidioksidipäästöt olivat noin 14 100 tonnia. Verrattuna kuljetussuoritteeseen muutokseen rikkidioksidipäästöjen muutokseen vaikuttaa kuljetussuoritteeseen alustyyppittäinen jakauma samalla tavalla kuin hiilidioksidipäästöissä. (Kuva 16, Kuva 17 ja Kuva 18)



Kuva 16. Rikkidioksidipäästöt vuosina 2005–2015. Kuljetussuoritteeseen jakauma on esitetty alustyyppittäin.



Kuva 17. Rikkidioksidipäästöt vuosina 2005–2015. Kuljetussuoritteiden jakauma on esitetty tavaralajeittain.



Kuva 18. Rikkidioksidipäästöt vuosina 2005–2015. Kuljetussuoritteiden jakauma on esitetty liikennealueittain.

Päästöt vuosina 2014 ja 2015

Vuodesta 2014 vuoteen 2015 Suomen kansainvälisen meriliikenteen tavarakuljetuksista aiheutuneet päästöt vähenivät noin 9 % lukuun ottamatta rikkidioksidipäästöjä, jotka vähenivät noin 63 % ja hiukkaspäästöjä, jotka vähenivät noin 53 %. (Taulukko 2). Kuljetetun lastin määrä väheni samalla ajanjaksolla noin 7 % ja kuljetussuorite noin 18 % (Taulukko 3).

Taulukko 2. Päästöt komponenteittain vuosina 2014 ja 2015.

PÄÄSTÖT (tonnia/vuosi)	Hiilimonoksidi (CO)			Hiilivedyt (HC)			Typen oksidit (NO _x)			Hiukkaset (PM)			Metaani (CH ₄)		
	2014	2015	Muutos	2014	2015	Muutos	2014	2015	Muutos	2014	2015	Muutos	2014	2015	Muutos
Merellä	4 583	4 183	-8,7 %	955	871	-8,7 %	126 949	115 864	-8,7 %	2 624	1 232	-53,0 %	453,6	414,0	-8,7 %
Satamassa	129	123	-4,4 %	42	40	-4,2 %	2 833	2 701	-4,7 %	32	30	-5,9 %	10,6	10,2	-4,4 %
Yhteensä	4 712	4 306	-8,6 %	997	912	-8,5 %	129 782	118 565	-8,6 %	2 656	1 263	-52,5 %	464,2	424,1	-8,6 %
Tuonti	1 816	1 753	-3,4 %	385,47	372	-3,5 %	49 947	48 228	-3,4 %	1 020	497	-51,3 %	178,7	172,6	-3,4 %
Vienti	2 896	2 553	-11,9 %	611	540	-11,7 %	79 835	70 337	-11,9 %	1 637	766	-53,2 %	285,5	251,6	-11,9 %
Yhteensä	4 712	4 306	-8,6 %	997	912	-8,5 %	129 782	118 565	-8,6 %	2 656	1 263	-52,5 %	464,2	424,1	-8,6 %

PÄÄSTÖT (tonnia/vuosi)	Typpioksiduuli (N ₂ O)			Rikkidioksidi (SO ₂)			Hiilidioksidi (CO ₂)			Hiilidioksidiekvivalentti (CO ₂ -ekv.)		
	2014	2015	Muutos	2014	2015	Muutos	2014	2015	Muutos	2014	2015	Muutos
Merellä	154,2	140,7	-8,7 %	38 440	14 065	-63,4 %	5 518 809	5 010 815	-9,2 %	5 576 103	5 063 106	-9,2 %
Satamassa	3,6	3,5	-4,4 %	90	86	-4,4 %	141 657	135 477	-4,4 %	143 002	136 763	-4,4 %
Yhteensä	157,8	144,2	-8,6 %	38 530	14 150	-63,3 %	5 660 466	5 146 292	-9,1 %	5 719 105	5 199 869	-9,1 %
Tuonti	60,8	58,7	-3,4 %	13 532	5 028	-62,8 %	2 180 102	2 094 010	-3,9 %	2 202 675	2 115 807	-3,9 %
Vienti	97,1	85,5	-11,9 %	24 998	9 122	-63,5 %	3 480 364	3 052 281	-12,3 %	3 516 430	3 084 062	-12,3 %
Yhteensä	157,8	144,2	-8,6 %	38 530	14 150	-63,3 %	5 660 466	5 146 292	-9,1 %	5 719 105	5 199 869	-9,1 %

Taulukko 3. Kuljetetut lastit ja kuljetussuoritteet vuosina 2014 ja 2015.

	KULJETETTU LASTI			KULJETUSSUORITE		
	(milj. tonnia/vuosi)			(milj. tonnikm/vuosi)		
	2014	2015	Muutos	2014	2015	Muutos
Raakaöljyalus	9,6	8,3	-13,2 %	7 249	5 465	-24,6 %
Tuotetankkeri, lyhyt etäisyys	11,6	11,7	+1,4 %	14 878	16 174	+8,7 %
Tuotetankkeri, pitkä etäisyys	2,0	0,9	-57,0 %	18 535	8 324	-55,1 %
Kemikaalialus	4,9	4,8	-1,1 %	12 610	12 715	+0,8 %
Bulkalus, lyhyt etäisyys	5,3	3,8	-29,1 %	10 742	8 622	-19,7 %
Bulkalus, pitkä etäisyys	5,1	3,8	-25,8 %	71 422	44 677	-37,4 %
Konttialus	7,9	7,4	-5,7 %	18 154	15 596	-14,1 %
Konttialus, paperi	2,1	2,3	+8,9 %	4 568	5 122	+12,1 %
Kuivalastialus, lyhyt etäisyys	20,1	18,8	-6,3 %	35 505	34 589	-2,6 %
Kuivalastialus, pitkä etäisyys	3,2	2,9	-7,7 %	32 006	28 785	-10,1 %
Roro lastialus	6,7	7,1	+5,4 %	9 213	9 246	+0,4 %
Roro lastialus, paperi	4,9	4,6	-5,9 %	9 335	9 209	-1,3 %
Roro matkustaja-alus	9,2	9,1	-0,8 %	3 742	3 888	+3,9 %
Muu alus	3,7	3,6	-3,2 %	11 699	9 775	-16,4 %
Yhteensä	96,3	89,2	-7,3 %	259 659	212 185	-18,3 %
Tuonti	48,1	44,5	-7,4 %	81 106	77 878	-4,0 %
Vienti	48,3	44,8	-7,2 %	178 552	134 308	-24,8 %
Yhteensä	96,3	89,2	-7,3 %	259 659	212 185	-18,3 %

Vuodesta 2014 vuoteen 2015 Suomen kansainvälisen meriliikenteen tavarakuljetuksista aiheutuneet päästöt muuttuivat eri alustyypeillä eri tavalla. Päästömäärien erilaiset muutokset eri alustyypeillä johtuu erilaisista kuljetussuoritteiden muutoksista alustyypeillä. Rikkidioksidipäästöt vähenivät huomattavasti kaikilla alustyypeillä (n. 24–89 %) samoin kuin hiukkaspäästöt (n. 27–65 %). Muut päästöt vähenivät eniten pitkän etäisyyden tuotetankkereilla (n. 55 %) ja pitkän etäisyyden bulkaluksilla (n. 38 %). Rikkidioksidi- ja hiukkaspäästöjä lukuun ottamatta päästöt kasvoivat paperinkuljetuskonttialuksilla (n. 12 %) lyhyen etäisyyden tuotetankkereilla (n. 8 %), roro-matkustaja-aluksilla (n. 4 %), kemikaalialuksilla (alle 1 %) ja roro-lastialuksilla (alle 1 %). (Taulukko 4 ja Taulukko 3)

Taulukko 4. Päästöt alustyypeittäin ja komponenteittain vuosina 2014 ja 2015.

PÄÄSTÖT ALUSTYYPEITTÄIN (tonnia/vuosi) Merellä ja satamassa yhteensä	Hiilimonoksidi (CO)			Hiilivedyt (HC)			Typen oksidit (NO _x)			Hiukkaset (PM)			Metaani (CH ₄)		
	2014	2015	Muutos	2014	2015	Muutos	2014	2015	Muutos	2014	2015	Muutos	2014	2015	Muutos
Raakaöljyalus	33	26	-23,0 %	7	5	-22,9 %	918	706	-23,1 %	20	10	-50,1 %	3,3	2,5	-23,1 %
Tuotetankkeri, lyhyt etäisyys	174	189	+8,3 %	37	40	+8,2 %	4 759	5 159	+8,4 %	103	52	-50,0 %	17,0	18,4	+8,4 %
Tuotetankkeri, pitkä etäisyys	145	65	-55,1 %	30	14	-55,1 %	4 014	1 802	-55,1 %	84	31	-62,8 %	14,3	6,4	-55,1 %
Kemikaalialus	197	198	+0,6 %	44	45	+0,4 %	5 327	5 359	+0,6 %	101	56	-45,1 %	19,0	19,2	+0,6 %
Bulkalus, lyhyt etäisyys	104	83	-20,1 %	22	18	-20,3 %	2 850	2 280	-20,0 %	58	23	-59,6 %	10,2	8,1	-20,0 %
Bulkalus, pitkä etäisyys	435	272	-37,4 %	91	57	-37,3 %	12 028	7 533	-37,4 %	247	132	-46,8 %	43,0	26,9	-37,4 %
Konttialus	623	537	-13,9 %	132	114	-13,7 %	17 184	14 797	-13,9 %	349	124	-64,5 %	61,4	52,9	-13,9 %
Konttialus, paperi	104	116	+12,0 %	22	25	+11,9 %	2 860	3 203	+12,0 %	58	27	-53,1 %	10,2	11,4	+12,0 %
Kuivalastialus, lyhyt etäisyys	745	725	-2,7 %	158	153	-2,7 %	20 536	19 989	-2,7 %	418	191	-54,3 %	73,4	71,4	-2,7 %
Kuivalastialus, pitkä etäisyys	515	463	-10,1 %	108	97	-10,0 %	14 243	12 811	-10,1 %	293	214	-27,1 %	50,9	45,8	-10,1 %
Roro lastialus	881	885	+0,4 %	185	186	+0,5 %	24 293	24 392	+0,4 %	500	205	-59,0 %	87,0	87,4	+0,4 %
Roro lastialus, paperi	284	280	-1,4 %	60	59	-1,4 %	7 831	7 723	-1,4 %	161	71	-56,2 %	28,0	27,6	-1,4 %
Roro matkustaja-alus	361	374	+3,7 %	77	80	+3,6 %	9 847	10 215	+3,7 %	200	85	-57,7 %	35,5	36,8	+3,7 %
Muu alus	112	94	-16,0 %	24	20	-15,8 %	3 093	2 595	-16,1 %	63	43	-31,1 %	11,1	9,3	-16,1 %
Yhteensä	4 712	4 306	-8,6 %	997	912	-8,5 %	129 782	118 565	-8,6 %	2 656	1 263	-52,5 %	464	424	-8,6 %

PÄÄSTÖT ALUSTYYPEITTÄIN (tonnia/vuosi) Merellä ja satamassa yhteensä	Typpioksiduuli (N ₂ O)			Rikkidioksidi (SO ₂)			Hiilidioksidi (CO ₂)			Hiilidioksidiekvivalentti (CO ₂ -ekv.)		
	2014	2015	Muutos	2014	2015	Muutos	2014	2015	Muutos	2014	2015	Muutos
Raakaöljyalus	1,1	0,9	-23,4 %	197	100	-49,0 %	39 956	30 615	-23,4 %	40 370	30 933	-23,4 %
Tuotetankkeri, lyhyt etäisyys	5,8	6,3	+8,4 %	1 140	197	-82,7 %	207 674	223 718	+7,7 %	209 818	226 042	+7,7 %
Tuotetankkeri, pitkä etäisyys	4,9	2,2	-55,1 %	1 701	674	-60,4 %	174 625	78 247	-55,2 %	176 436	79 060	-55,2 %
Kemikaalialus	6,5	6,5	+0,6 %	1 393	635	-54,4 %	234 293	234 610	+0,1 %	236 699	237 030	+0,1 %
Bulkalus, lyhyt etäisyys	3,5	2,8	-20,0 %	731	244	-66,7 %	124 281	98 850	-20,5 %	125 568	99 879	-20,5 %
Bulkalus, pitkä etäisyys	14,6	9,2	-37,4 %	5 483	2 968	-45,9 %	523 243	327 238	-37,5 %	528 671	330 638	-37,5 %
Konttialus	20,9	18,0	-13,9 %	4 496	489	-89,1 %	748 836	641 008	-14,4 %	756 593	647 688	-14,4 %
Konttialus, paperi	3,5	3,9	+12,0 %	665	119	-82,2 %	124 719	138 844	+11,3 %	126 009	140 290	+11,3 %
Kuivalastialus, lyhyt etäisyys	24,9	24,3	-2,7 %	5 335	1 593	-70,1 %	894 684	865 944	-3,2 %	903 954	874 967	-3,2 %
Kuivalastialus, pitkä etäisyys	17,3	15,6	-10,1 %	6 137	4 642	-24,4 %	619 497	556 105	-10,2 %	625 926	561 887	-10,2 %
Roro lastialus	29,6	29,7	+0,4 %	5 728	782	-86,4 %	1 059 586	1 057 419	-0,2 %	1 070 574	1 068 454	-0,2 %
Roro lastialus, paperi	9,5	9,4	-1,4 %	1 950	479	-75,4 %	341 377	334 633	-2,0 %	344 918	338 124	-2,0 %
Roro matkustaja-alus	12,1	12,5	+3,7 %	2 267	285	-87,4 %	432 867	446 093	+3,1 %	437 345	450 738	+3,1 %
Muu alus	3,8	3,2	-16,1 %	1 308	943	-27,9 %	134 828	112 968	-16,2 %	136 224	114 140	-16,2 %
Yhteensä	158	144	-8,6 %	38 530	14 150	-63,3 %	5 660 466	5 146 292	-9,1 %	5 719 105	5 199 869	-9,1 %

Päästöt merialueilla vuosina 2014 ja 2015

Suomen kansainvälisen meriliikenteen tavarakuljetuksista aiheutuneista päästöistä kohdistui rikkidioksidipäästöjä lukuun ottamatta vuonna 2014 noin 56 % Itämerelle, noin 20 % Pohjanmerelle ja Englannin kanaalin merialueille, noin 23 % muille merialueille sekä noin 1 % Pohjois-Amerikan SECA-alueille. Rikkidioksidipäästöistä kohdistui vuonna 2014 noin 44 % Itämerelle, noin 16 % Pohjanmerelle ja Englannin kanaalin merialueille, noin 40 % muille merialueille sekä noin 1 % Pohjois-Amerikan SECA-alueille.

Vuonna 2015 rikkidioksidi- ja hiukkaspäästöjä lukuun ottamatta noin 59 % päästöistä kohdistui Itämerelle, noin 21 % Pohjanmerelle ja Englannin kanaalin merialueille, noin 19 % muille merialueille sekä noin 1 % Pohjois-Amerikan SECA-alueille. Rikkidirektiivistä johtuen rikkidioksidipäästöistä kohdistui vuonna 2015 enää noin 14 % Itämerelle, noin 5 % Pohjanmerelle ja Englannin kanaalin merialueille, noin 81 % muille merialueille sekä noin 1 % Pohjois-Amerikan SECA-alueille. Hiukkaspäästöistä kohdistui vuonna 2015 noin 47 % Itämerelle, noin 16 % Pohjanmerelle ja Englannin kanaalin merialueille, noin 36 % muille merialueille sekä alle 1 % Pohjois-Amerikan SECA-alueille.

Vuodesta 2014 vuoteen 2015 rikkidioksidipäästöt vähenivät SECA-alueilla lähes 90 % ja muilla merialueilla noin 26 % sekä hiukkaspäästöt vähenivät noin 60–63 % SECA-alueilla ja muilla merialueilla noin 26 %. Muut päästöt vähenivät SECA-alueilla noin 3–9 % ja muilla merialueilla noin 26 %. Rikkidioksidi- ja hiukkaspäästöjen väheneminen johtuu SECA-alueilla rikkidirektiivin mukaisen vähärikkisemmän polttoaineen tai pakokaasupesurin käytöstä ja osittain kuljetussuorituksen vähenemisestä. Muilla merialueilla päästöjen väheneminen johtuu kokonaiskuljetussuorituksen vähenemisestä ja kuljetussuorituksen jakauman muutoksesta eri alustyyppien kesken. (Taulukko 5)

Taulukko 5. Päästöt komponenteittain ja merialueittain vuosina 2014 ja 2015.

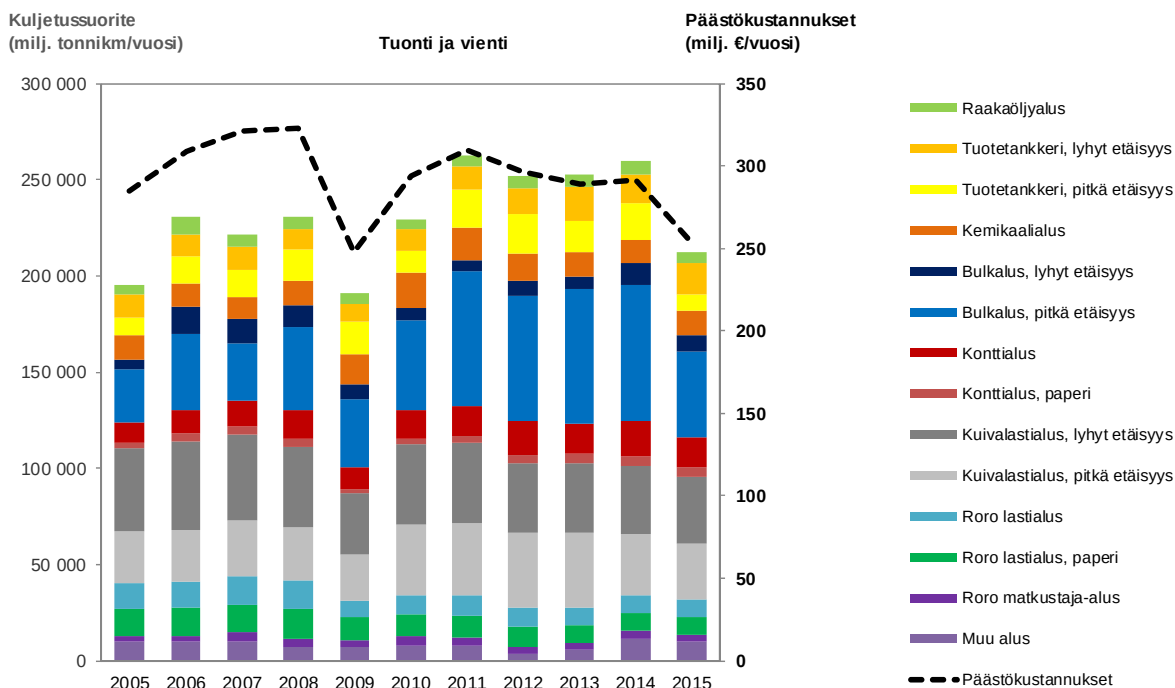
PÄÄSTÖT MERIALUEITTAIN (tonnia/vuosi) Merellä ja satamassa yhteensä	Hiilimonoksidi (CO)			Hiilivedyt (HC)			Typen oksidit (NO _x)			Hiukkaset (PM)			Metaani (CH ₄)		
	2014	2015	Muutos	2014	2015	Muutos	2014	2015	Muutos	2014	2015	Muutos	2014	2015	Muutos
Itämeri (Euroopan SECA)	2 647	2 559	-3,4 %	562,2	543,3	-3,4 %	72 775	70 331	-3,4 %	1 487	589	-60,4 %	260,5	251,8	-3,4 %
Pohjanmeri ja Englannin kanaali (Euroopan SECA)	944	908	-3,8 %	199,9	192,4	-3,8 %	26 018	25 028	-3,8 %	531	208	-60,9 %	93,0	89,5	-3,8 %
Muut merialueet	1 084	806	-25,7 %	226,8	168,8	-25,6 %	29 979	22 285	-25,7 %	617	459	-25,7 %	107,1	79,6	-25,7 %
Pohjois-Amerikan SECA	37	34	-8,7 %	7,9	7,2	-8,3 %	1 010	921	-8,8 %	21	8	-62,7 %	3,6	3,3	-8,7 %
Yhteensä	4 712	4 306	-8,6 %	997	912	-8,5 %	129 782	118 565	-8,6 %	2 656	1 263	-52,5 %	464,2	424,1	-8,6 %

PÄÄSTÖT MERIALUEITTAIN (tonnia/vuosi) Merellä ja satamassa yhteensä	Typpioksiduuli (N ₂ O)			Rikkidioksidi (SO ₂)			Hiilidioksidi (CO ₂)			Hiilidioksidiekvivalentti (CO ₂ -ekv.)		
	2014	2015	Muutos	2014	2015	Muutos	2014	2015	Muutos	2014	2015	Muutos
Itämeri (Euroopan SECA)	88,6	85,6	-3,4 %	16 780	1 930	-88,5 %	3 178 113	3 052 485	-4,0 %	3 211 018	3 084 287	-3,9 %
Pohjanmeri ja Englannin kanaali (Euroopan SECA)	31,6	30,4	-3,8 %	6 022	685	-88,6 %	1 134 119	1 084 248	-4,4 %	1 145 867	1 095 549	-4,4 %
Muut merialueet	36,4	27,1	-25,7 %	15 499	11 510	-25,7 %	1 304 129	969 544	-25,7 %	1 317 660	979 602	-25,7 %
Pohjois-Amerikan SECA	1,2	1,1	-8,7 %	230	25	-89,0 %	44 104	40 014	-9,3 %	44 560	40 430	-9,3 %
Yhteensä	157,8	144,2	-8,6 %	38 530	14 150	-63,3 %	5 660 466	5 146 292	-9,1 %	5 719 105	5 199 869	-9,1 %

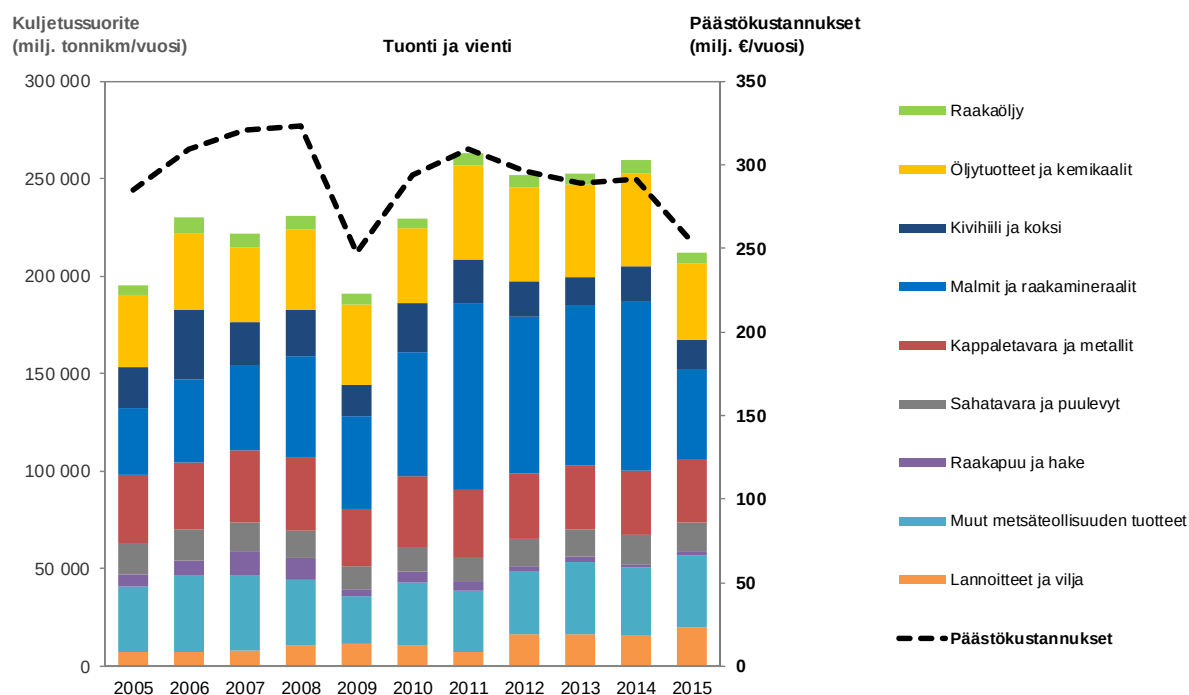
3.2 Päästökustannukset

Kokonaispäästömallilla lasketut päästökustannukset on laskettu Liikenneviraston Alusliikenteen yksikkökustannukset 2013, Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 41/2014 -julkaisussa esitettyjen päästökomponenttikohtaisten yksikkökustannusten perusteella. Julkaisussa esitettyjä yksikkökustannuksia on käytetty myös Suomen aluevesirajojen ulkopuolella. Julkaisussa yksikkökustannukset on määritetty hiilivedyt-, typen oksidi-, hiukkas-, metaani-, typen oksidi-, rikkidioksidi ja hiilidioksidipäästöille. Sekä yksikkökustannukset että mallin laskemat päästökustannukset ovat vuoden 2013 hintatasossa.

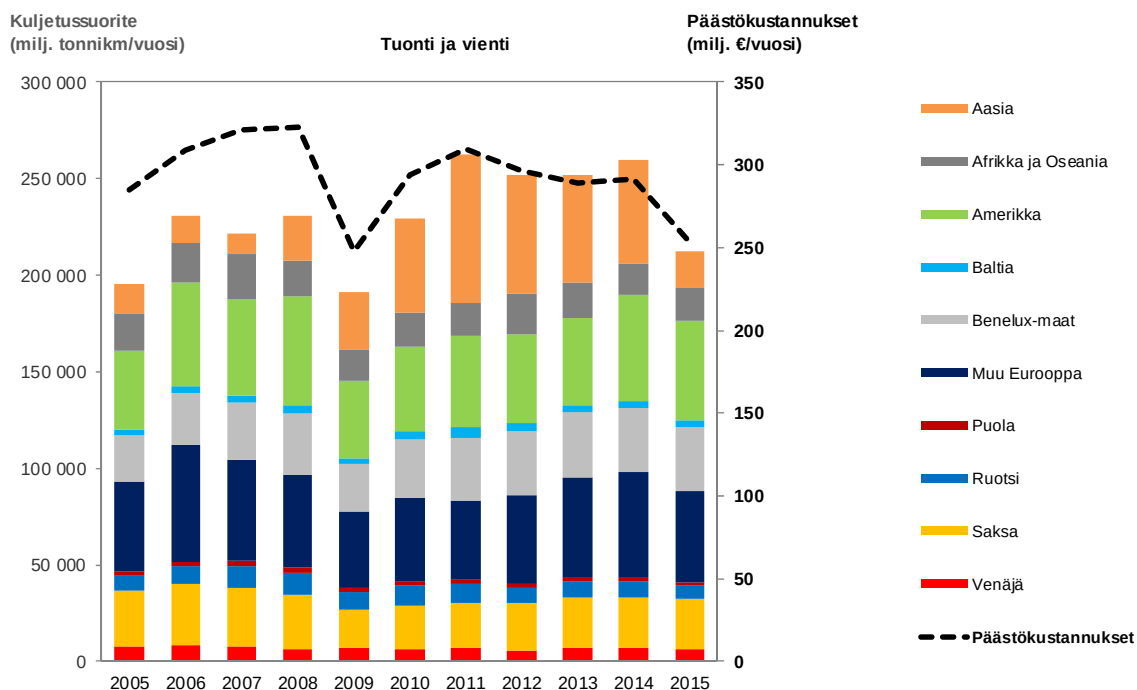
Suomen kansainvälisen meriliikenteen tavarakuljetuksista aiheutuvat päästökustannukset ovat vaihdelleet vuosina 2005–2015 noin 247 miljoonasta eurosta noin 323 miljoonaan euroon. Päästökustannuksista selvästi suurin osa, noin 80 % johtuu hiilidioksidipäästöistä, koska hiilidioksidipäästöjen määrä on selvästi suurin kaikista päästökomponenteista. Päästökustannusten kehitys noudattelee suunnilleen kuljetussuoritteiden kehitystä. (Kuva 19, Kuva 20, Kuva 21 ja Taulukko 4)



Kuva 19. Päästökustannukset vuosina 2005–2015. Kuljetussuoritteiden jakauma on esitetty alustyyppittäin.



Kuva 20. Päästökustannukset vuosina 2005–2015. Kuljetussuoritteiden jakauma on esitetty tavaralajeittain.



Kuva 21. Päästökustannukset vuosina 2005–2015. Kuljetussuoritteiden jakauma on esitetty liikennealueittain.

Vuodesta 2014 vuoteen 2015 Suomen kansainvälisen meriliikenteen tavarakuljetusten päästökustannukset vähenivät noin 13 %. Vuonna 2014 päästökustannukset olivat yhteensä noin 291 miljoonaa euroa ja vuonna 2015 noin 254 miljoonaa euroa. (Taulukko 6)

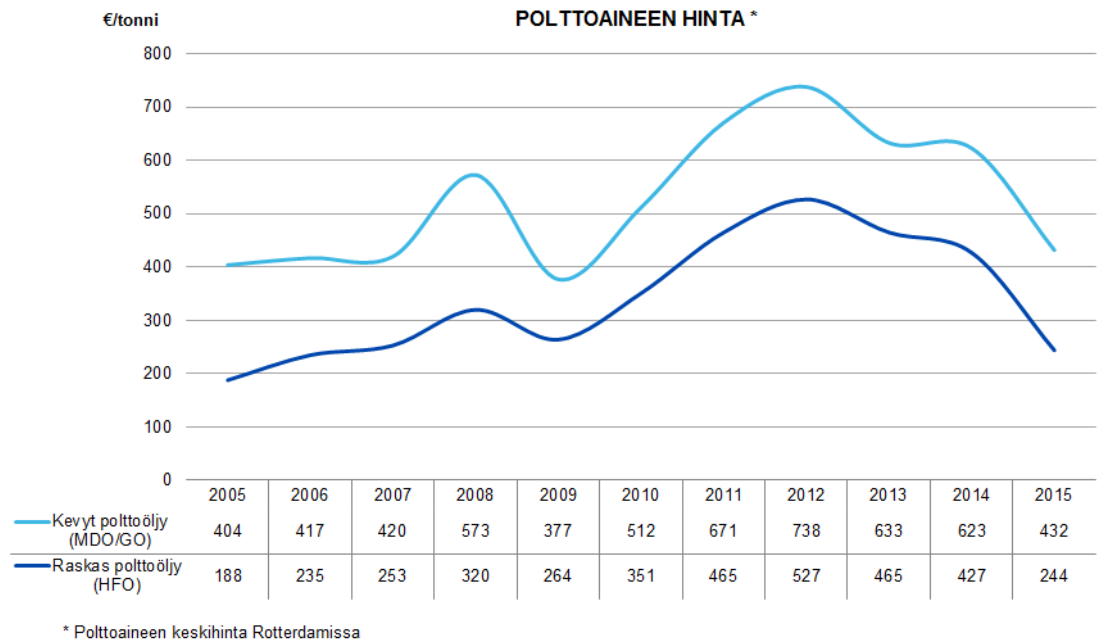
Taulukko 6. Päästökustannukset komponenteittain vuosina 2014 ja 2015.

PÄÄSTÖKUSTANNUKSET (milj. €/vuosi)	Hiilivedyt (HC)			Typen oksidit (NO _x)			Hiukkaset (PM)			Metaani (CH ₄)		
	2014	2015	Muutos	2014	2015	Muutos	2014	2015	Muutos	2014	2015	Muutos
Merellä	0,031	0,028	-8,7 %	38,59	35,22	-8,7 %	8,54	4,01	-53,0 %	0,380	0,347	-8,7 %
Satamassa	0,001	0,001	-4,2 %	0,86	0,82	-4,7 %	0,22	0,21	-5,9 %	0,009	0,009	-4,4 %
Yhteensä	0,032	0,029	-8,5 %	39,45	36,04	-8,6 %	8,76	4,22	-51,9 %	0,389	0,355	-8,6 %
Tuonti	0,012	0,012	-3,5 %	15,18	14,66	-3,4 %	3,36	1,66	-50,6 %	0,150	0,145	-3,4 %
Vienti	0,020	0,017	-11,7 %	24,27	21,38	-11,9 %	5,40	2,56	-52,6 %	0,239	0,211	-11,9 %
Yhteensä	0,032	0,029	-8,5 %	39,45	36,04	-8,6 %	8,76	4,22	-51,9 %	0,389	0,355	-8,6 %

PÄÄSTÖKUSTANNUKSET (milj. €/vuosi)	Typpioksiduuli (N ₂ O)			Rikkidioksidi (SO ₂)			Hiilidioksidi (CO ₂)			Kaikki päästökomponentit yhteensä		
	2014	2015	Muutos	2014	2015	Muutos	2014	2015	Muutos	2014	2015	Muutos
Merellä	1,91	1,74	-8,7 %	14,30	5,23	-63,4 %	220,75	200,43	-9,2 %	284,50	247,01	-13,2 %
Satamassa	0,04	0,04	-4,4 %	0,03	0,03	-4,4 %	5,67	5,42	-4,4 %	6,84	6,53	-4,4 %
Yhteensä	1,95	1,78	-8,6 %	14,33	5,26	-63,3 %	226,42	205,85	-9,1 %	291,34	253,55	-13,0 %
Tuonti	0,75	0,73	-3,4 %	5,03	1,87	-62,8 %	87,20	83,76	-3,9 %	112,21	103,17	-8,1 %
Vienti	1,20	1,06	-11,9 %	9,30	3,39	-63,5 %	139,21	122,09	-12,3 %	179,13	150,38	-16,1 %
Yhteensä	1,95	1,78	-8,6 %	14,33	5,26	-63,3 %	226,42	205,85	-9,1 %	291,34	253,55	-13,0 %

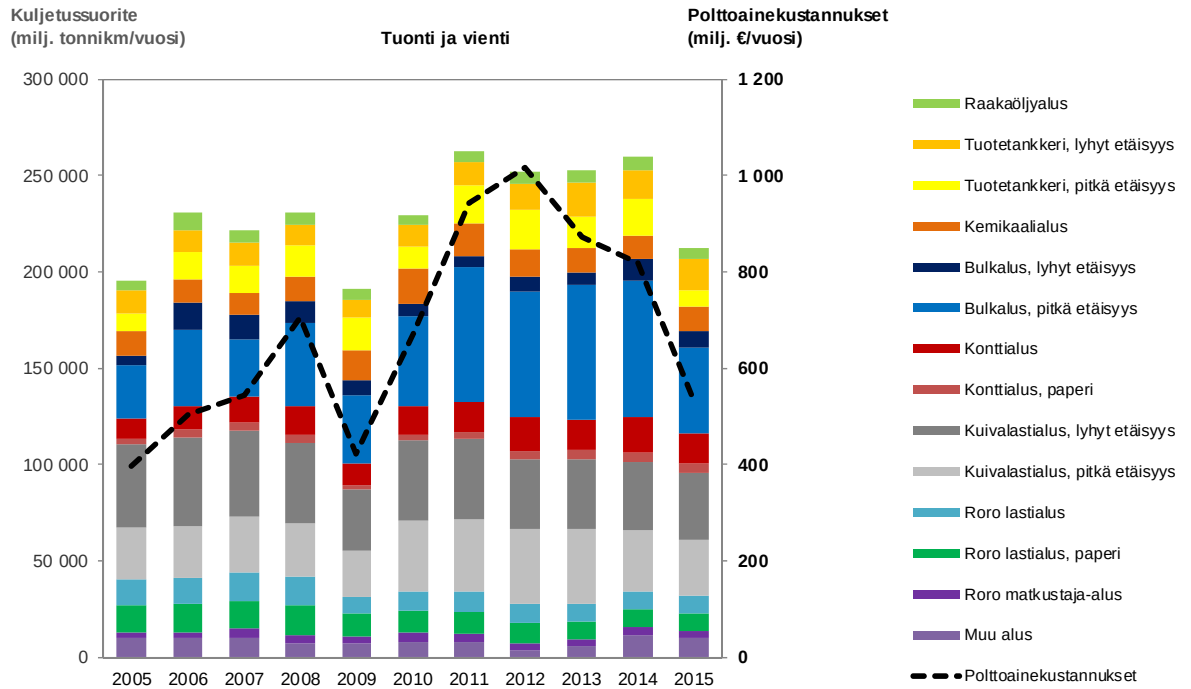
3.3 Polttoainekustannukset

Kuljetetun lastin määrän, kuljetussuoritteen ja alustyyppin lisäksi polttoainekustannuksiin vaikuttavat polttoaineiden hintojen vaihtelut. Polttoaineiden hinnat ovat laskeneet viime vuosina jyrkästi. Polttoaineiden hintoina malleissa on käytetty kunkin vuoden keskihintoja Rotterdamin satamassa. (Kuva 22)

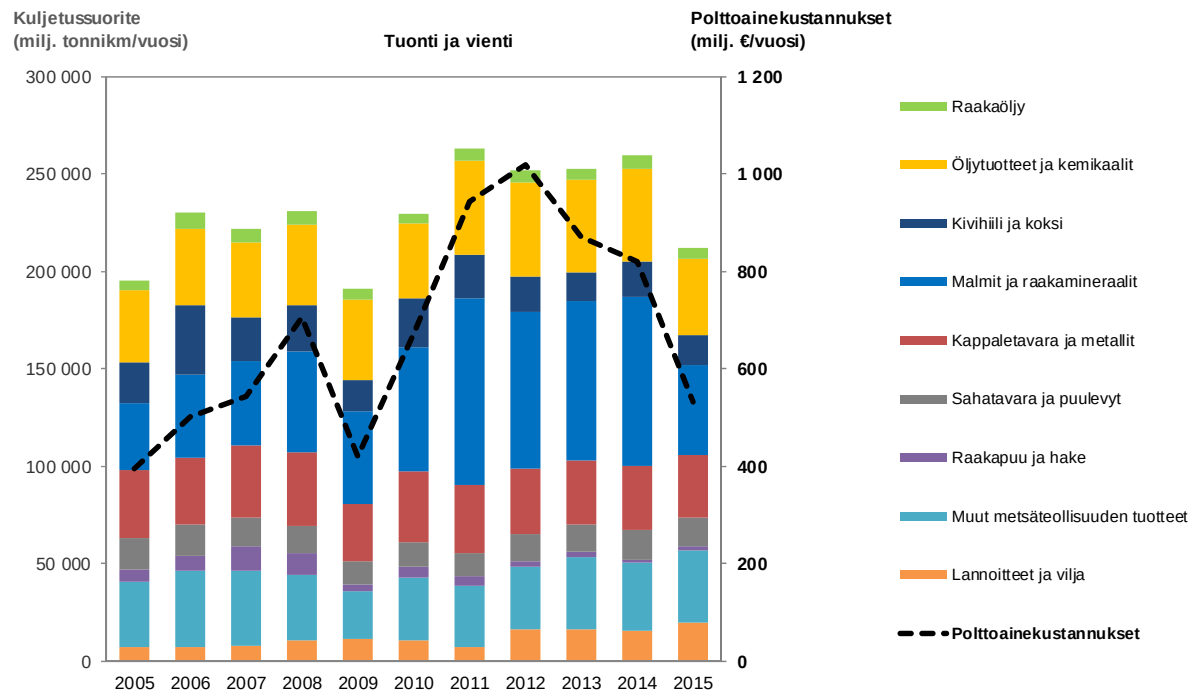


Kuva 22. Polttoaineiden keskihinnat Rotterdamin satamassa vuosina 2005–2015 (hintatiedot lähteet Bunker Index ja Ulstein Group).

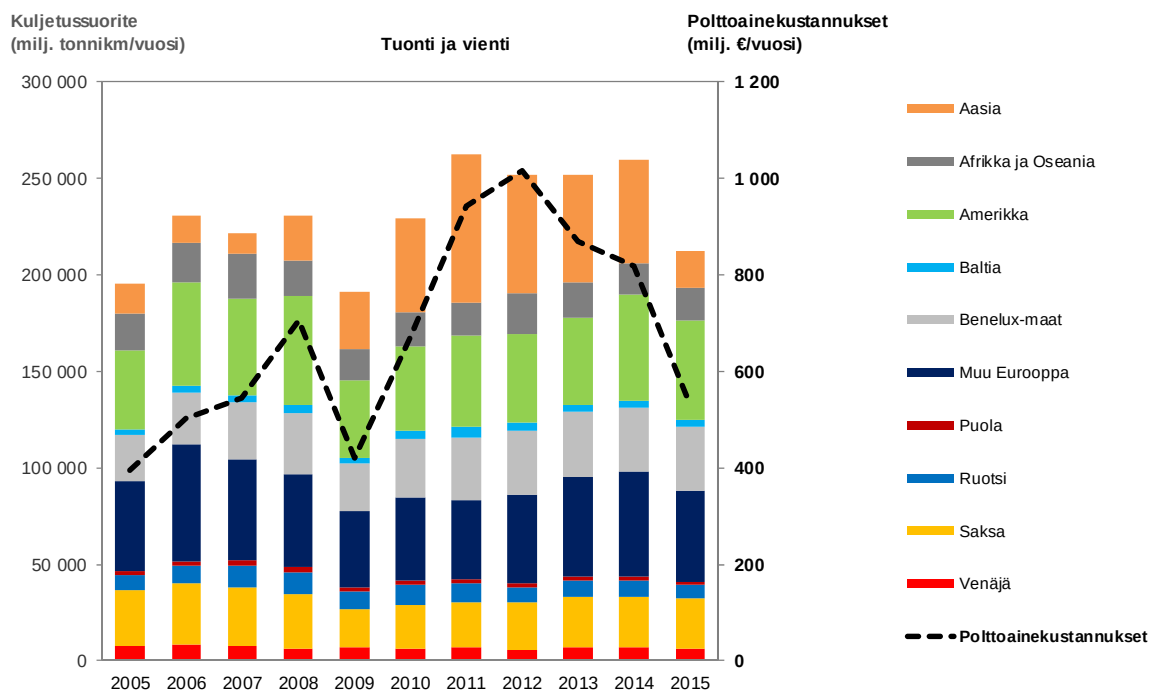
Suomen kansainvälisen meriliikenteen tavarakuljetusten polttoainekustannukset ovat vaihdelleet vuosina 2005–2015 noin 395 miljoonasta eurosta noin 1 017 miljoonaan euroon. (Kuva 23, Kuva 24 ja Kuva 25)



Kuva 23. Polttoainekustannukset vuosina 2005–2015. Kuljetussuoritteiden jakauma on esitetty alustyyppittain.



Kuva 24. Polttoainekustannukset vuosina 2005–2015. Kuljetussuoritteiden jakauma on esitetty tavaralajeittain.



Kuva 25. Polttoainekustannukset vuosina 2005–2015. Kuljetussuoritteiden jakauma on esitetty liikennealueittain.

Vuonna 2015 Suomen kansainvälisen meriliikenteen tavarakuljetusten polttoainekustannukset olivat yhteensä noin 533 miljoonaa euroa, josta raskaan polttoöljyn osuus oli noin 219 miljoonaa euroa ja kevyen polttoöljyn osuus noin 315 miljoonaa euroa. Laskelmissa raskaan polttoöljyn hintana on käytetty 244 euroa/polttoainetonne ja kevyen polttoöljyn hintana 432 euroa/polttoainetonne. (Taulukko 7)

Taulukko 7. Polttoainekustannukset polttoainelaaduittain vuonna 2015.

	Polttoainekustannukset (miljoonaa €/vuosi)		Yhteensä
	Raskas polttoöljy (HFO)	Kevyt polttoöljy (MDO/GO)	
Tuonti	86,9	131,8	218,7
Vienti	131,8	182,8	314,6
Yhteensä	218,7	314,6	533,3

4 Skenaariot

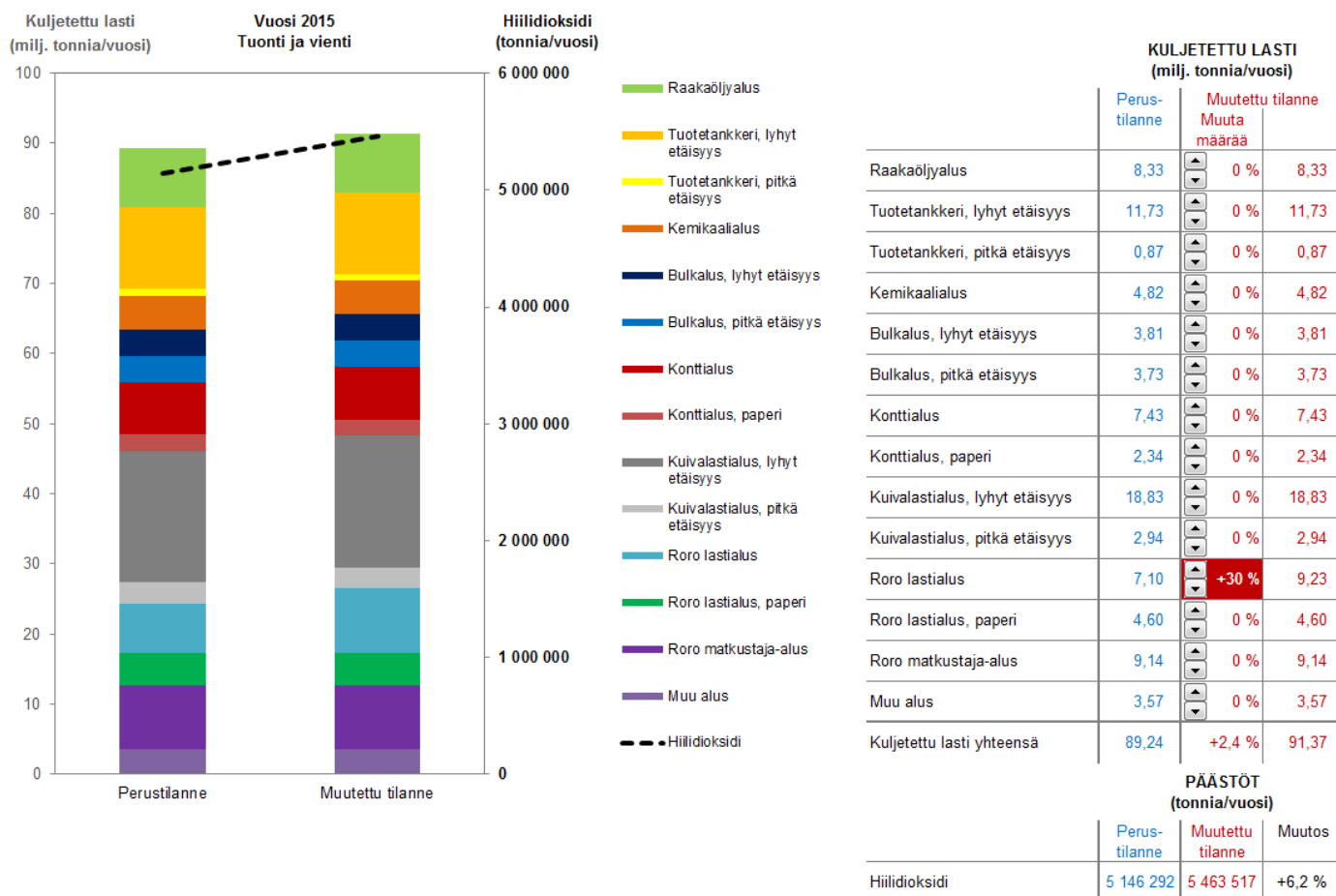
4.1 Kokonaispäästömallilla tehdyt skenaariot

Kokonaispäästömallilla voidaan tehdä valitun vuoden (2007–2015) liikennemäärään perustuen skenaarioita muuttamalla kuljetetun lastin määrää alustyypeittäin, tavara-lajeittain ja liikennealueittain. Myös alusten kokoa ja nopeutta sekä polttoaineiden rikkipitoisuutta voi muuttaa muilla merialueilla kuin SECA-alueilla.

Seuraavana on esitetty muutamia kokonaispäästömallilla tehtyjä esimerkkiskenaarioita. Luvussa 4.1 esitetyt skenaariot on tehty vuoden 2015 kokonaisliikenteellä.

Skenaarioesimerkki: roro-lastialuksilla kuljetetun lastin määrän lisääntymisen vaikutus hiilidioksidipäästöihin

Esimerkissä roro-lastialusten vuonna 2015 kuljettaman lastin määrää on lisätty 30 % eli noin 2,1 miljoonaa tonnia. Skenaariotilanteessa roro-lastialusten noin 2,1 miljoonan tonnin lastin määrän lisääntyminen lisää vuonna 2015 kuljetetun lastin kokonaismäärää noin 2,4 %, mutta vuotuiset kokonaishiilidioksidipäästöt kasvavat jopa noin 6 %. (Kuva 26) Tämä johtuu roro-lastialusten suuremmasta polttoaineen kulu- tuksesta verrattuna muihin alustyyppeihin. Se taas johtuu siitä, että roro-alukset aja- vat suuremmalla keskinopeudella. (Taulukko 1)

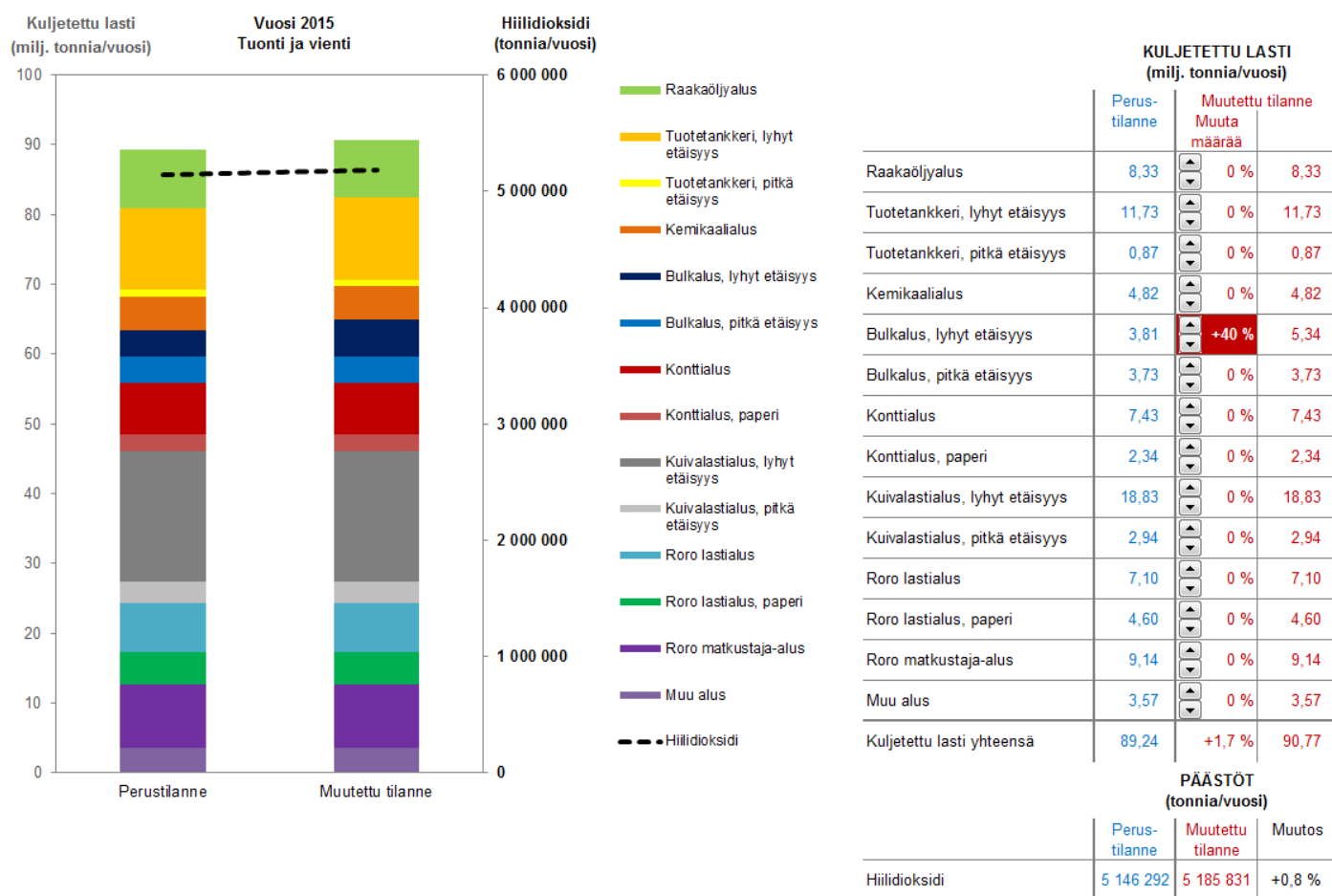


Kuva 26. Skenaarioesimerkki: roro-lastialuksilla kuljetetun lastin määrän lisääntymisen vaikutus hiilidioksidipäästöihin.

Skenaarioesimerkki: lyhyen etäisyyden bulkaluksilla kuljetetun lastin määrän lisääntymisen vaikutus hiilidioksidipäästöihin

Esimerkissä lyhyen etäisyyden bulkalusten vuonna 2015 kuljettaman lastin määrää on lisätty 40 % eli noin 1,5 miljoonaa tonnia. Skenaariotilanteessa lyhyen etäisyyden bulkalusten noin 1,5 miljoonan tonnin lastin määrän lisääntyminen lisää vuonna 2015 kuljetetun lastin kokonaismäärää noin 1,7 %, mutta vuotuiset kokonaishiilidioksidipäästöt kasvavat vain noin 0,8 %. (Kuva 27)

Pieni kokonaishiilidioksidipäästöjen lisääntyminen johtuu lyhyen etäisyyden bulkalusten pienestä polttoaineen kulutuksesta verrattuna muihin alustyyppeihin. Pieni alustyyppien polttoaineen kulutus johtuu pääosin bulkaluksille tyypillisestä alhaisesta nopeudesta. (Taulukko 1)

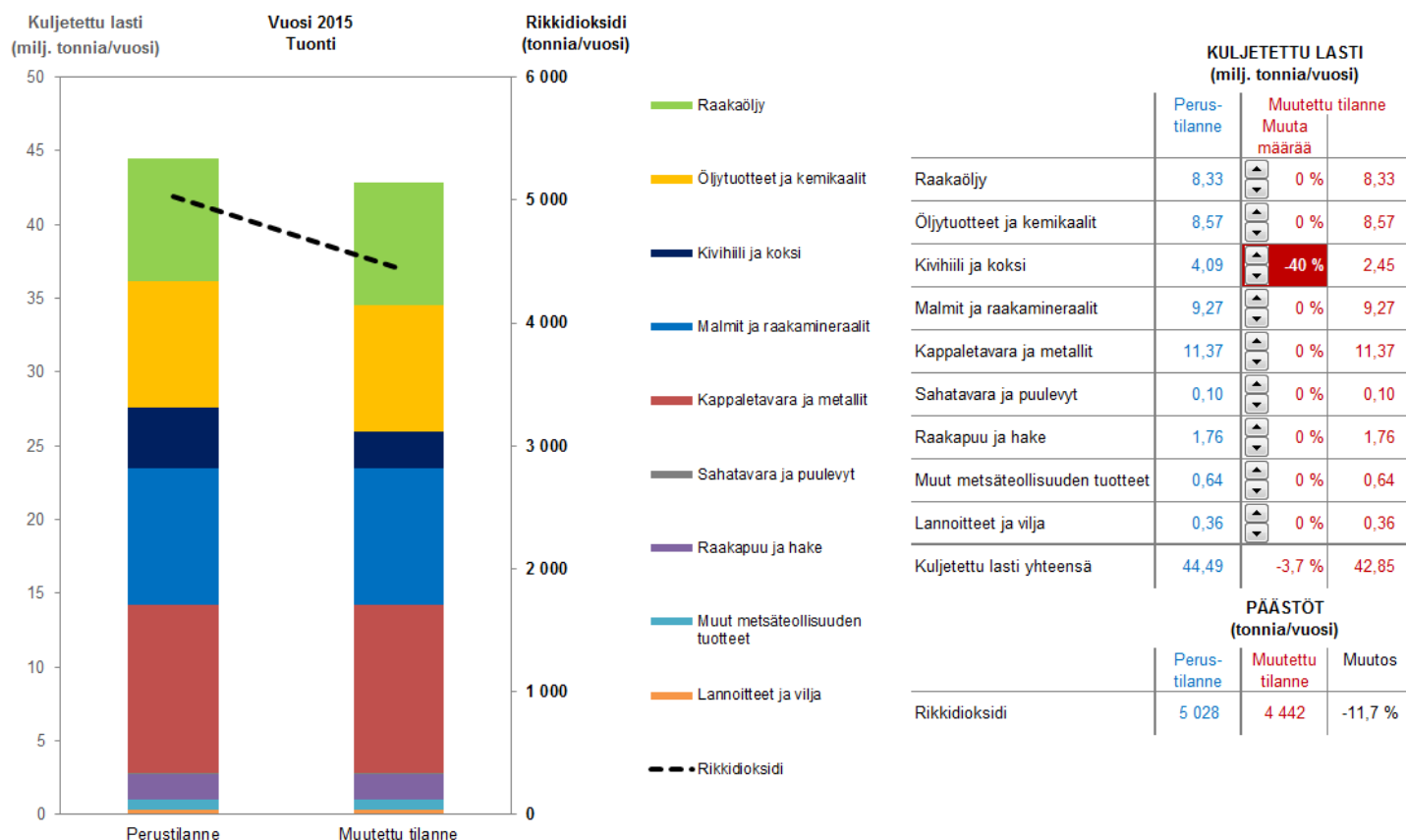


Kuva 27. Skenaarioesimerkki: lyhyen etäisyyden bulkaluksilla kuljetetun lastin määrän lisääntymisen vaikutus hiilidioksidipäästöihin.

Skenaarioesimerkki: kivihiilen ja koksen tuonnin vähenemisen vaikutus rikkidioksidipäästöihin

Esimerkissä kivihiilen ja koksen tuontia on vuonna 2015 vähennetty 40 % eli noin 1,6 miljoonaa tonnia. Skenaariotilanteessa noin 1,6 miljoonan tonnin kivihiilen ja koksen kuljetusmäärän väheneminen vähentää vuonna 2015 tuodun lastin kokonaismäärää noin 3,7 %, mutta vuotuiset tuonnista johtuvat rikkidioksidipäästöt vähenevät jopa noin 11,7 %. (Kuva 28)

Kivihiilestä ja koksista noin neljännes tuodaan Suomeen muualta kuin Euroopan SECA-alueen satamista (esim. Pohjois-Amerikan satamista). Alukset liikennöivät tällöin merialueilla, joilla voi käyttää rikkipitoisuudeltaan korkeampaa polttoainetta. Kuljetetun lastin vähentyessä kuljetussuorite vähenee pitkistä kuljetusetäisyyksistä johtuen muilla merialueilla noin 16 % ja kokonaisuutenakin noin 8 %, mikä selittää suhteellisen suurta rikkidioksidipäästöjen vähenemää.

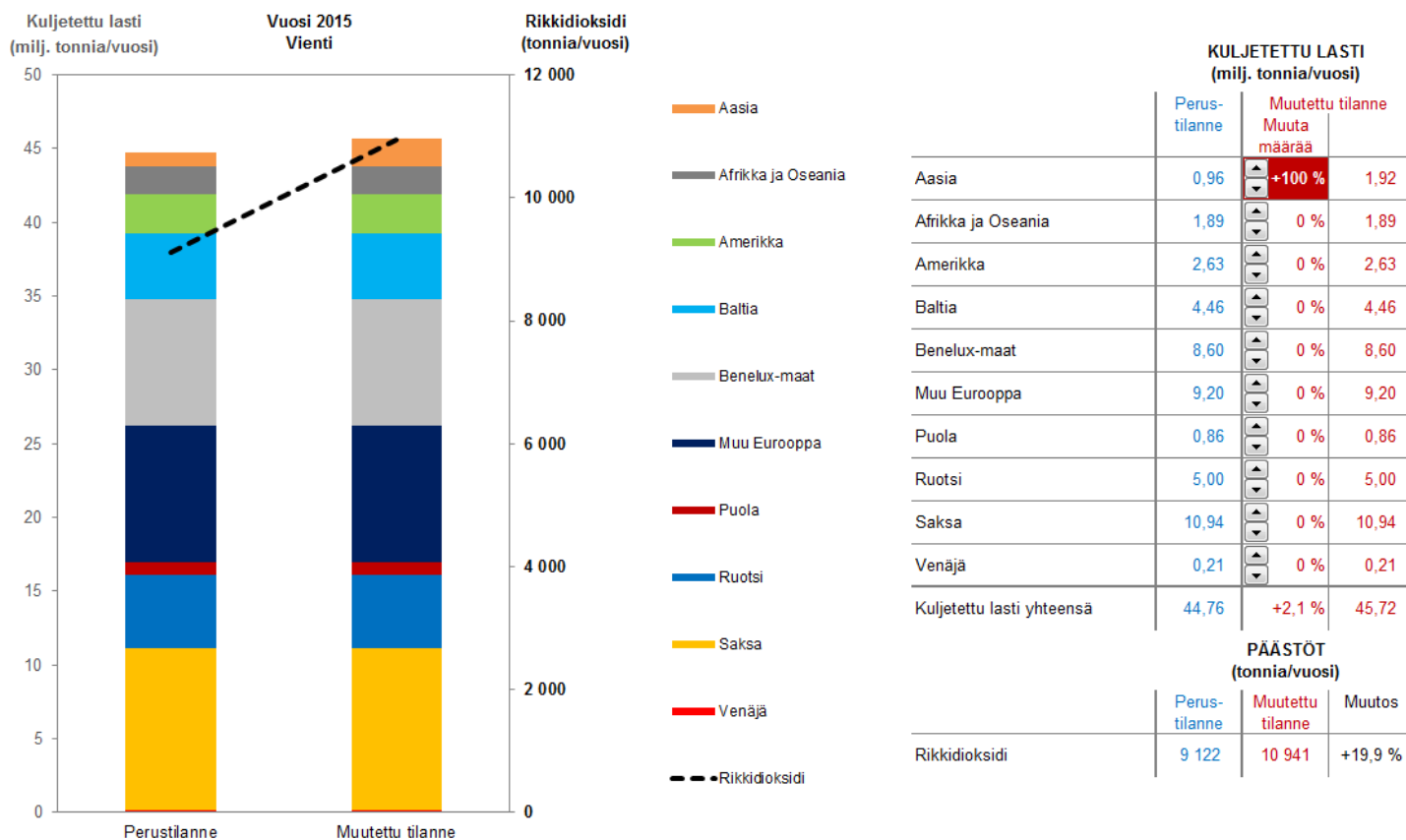


Kuva 28. Skenaarioesimerkki: kivihiilen ja koksen tuonnin vähenemisen vaikutus rikkidioksidipäästöihin.

Skenaarioesimerkki: Aasian viennin kuljetusmäärän lisääntymisen vaikutus rikkidioksidipäästöihin

Esimerkissä Suomesta Aasiaan vuonna 2015 viedyn lastin määrä on kaksinkertaistettu eli määrää on lisätty noin 0,9 miljoonaa tonnia. Skenaariotilanteessa noin miljoonan tonnin Aasian viennin lisääntyminen lisää vuonna 2015 kuljetetun lastin kokonaismäärää noin 2,1 %, mutta vuotuiset kokonaisrikkidioksidipäästöt kasvavat jopa noin 20 %. (Kuva 29)

Suuri kokonaisrikkidioksidipäästöjen lisääntyminen johtuu alusten liikennöinnistä merialueilla, joilla ne voivat käyttää rikkipitoisuudeltaan korkeampaa polttoainetta. Suomen ja Aasian välisestä pitkästä etäisyydestä johtuen kuljetussuorite kasvaa huomattavasti (erityisesti SECA-alueiden ulkopuolella), mikä lisää rikkidioksidipäästöjä suhteellisesti paljon.



Kuva 29. Skenaarioesimerkki: Aasian viennin kuljetusmäärän lisääntymisen vaikutus rikkidioksidipäästöihin.

Skenaarioesimerkki: alusten nopeuden pienentämisen vaikutus päästöihin

Esimerkissä on vuonna 2015 kaikkien alustyyppien nopeuksia pienennetty 10 %, jolloin vuotuiset päästöt vähenevät noin 18–19 %. (Taulukko 8)

Taulukko 8. Skenaarioesimerkki: alusten nopeuden pienentämisen 10 %:lla vaikutus päästöihin.

PÄÄSTÖT (tonnia/vuosi)	Hiilimonoksidi (CO)			Hiilivedyt (HC)			Typen oksidit (NO _x)			Hiukkaset (PM)			Metaani (CH ₄)		
	2015	2015	Muutos	2015	2015	Muutos	2015	2015	Muutos	2015	2015	Muutos	2015	2015	Muutos
Merellä	4 183	3 388	-19,0 %	871	706	-19,0 %	115 864	93 850	-19,0 %	1 232	998	-19,0 %	414,0	335,3	-19,0 %
Satamassa	123	123	0,0 %	40	40	0,0 %	2 701	2 701	0,0 %	30	30	0,0 %	10,2	10,2	0,0 %
Yhteensä	4 306	3 512	-18,5 %	912	746	-18,2 %	118 565	96 551	-18,6 %	1 263	1 028	-18,5 %	424,1	345,5	-18,5 %
Tuonti	1 753	1 431	-18,4 %	371,97	305	-18,0 %	48 228	39 313	-18,5 %	497	405	-18,4 %	172,6	140,7	-18,5 %
Vienti	2 553	2 080	-18,5 %	540	441	-18,3 %	70 337	57 238	-18,6 %	766	623	-18,6 %	251,6	204,8	-18,6 %
Yhteensä	4 306	3 512	-18,5 %	912	746	-18,2 %	118 565	96 551	-18,6 %	1 263	1 028	-18,5 %	424,1	345,5	-18,5 %

PÄÄSTÖT (tonnia/vuosi)	Typpioksiduuli (N ₂ O)			Rikkidioksidi (SO ₂)			Hiilidioksidi (CO ₂)			Hiilidioksidiekivalentti (CO ₂ -ekv.)		
	2015	2015	Muutos	2015	2015	Muutos	2015	2015	Muutos	2015	2015	Muutos
Merellä	140,7	114,0	-19,0 %	14 065	11 392	-19,0 %	5 010 815	4 058 760	-19,0 %	5 063 106	4 101 115	-19,0 %
Satamassa	3,5	3,5	0,0 %	86	86	0,0 %	135 477	135 477	0,0 %	136 763	136 763	0,0 %
Yhteensä	144,2	117,5	-18,5 %	14 150	11 478	-18,9 %	5 146 292	4 194 237	-18,5 %	5 199 869	4 237 879	-18,5 %
Tuonti	58,7	47,8	-18,5 %	5 028	4 081	-18,8 %	2 094 010	1 708 518	-18,4 %	2 115 807	1 726 291	-18,4 %
Vienti	85,5	69,6	-18,6 %	9 122	7 397	-18,9 %	3 052 281	2 485 719	-18,6 %	3 084 062	2 511 588	-18,6 %
Yhteensä	144,2	117,5	-18,5 %	14 150	11 478	-18,9 %	5 146 292	4 194 237	-18,5 %	5 199 869	4 237 879	-18,5 %

Skenaarioesimerkki: alusten koon suurentamisen vaikutus päästöihin

Esimerkissä on vuonna 2015 kaikkien alustyyppien keskikokoja suurennettu 10 %, jolloin vuotuiset päästöt ovat vähenevät noin 6–7 %. (Taulukko 9)

Taulukko 9. Skenaarioesimerkki: alusten koon suurentamisen 10 %:lla vaikutus päästöihin.

PÄÄSTÖT (tonnia/vuosi)	Hiilimonoksidi (CO)			Hiilivedyt (HC)			Typen oksidit (NO _x)			Hiukkaset (PM)			Metaani (CH ₄)		
	2015	2015	Muutos	2015	2015	Muutos	2015	2015	Muutos	2015	2015	Muutos	2015	2015	Muutos
Merellä	4 183	3 886	-7,1 %	871	810	-7,1 %	115 864	107 624	-7,1 %	1 232	1 150	-6,7 %	414,0	384,5	-7,1 %
Satamassa	123	123	0,0 %	40	40	0,0 %	2 701	2 701	0,0 %	30	30	0,0 %	10,2	10,2	0,0 %
Yhteensä	4 306	4 009	-6,9 %	912	850	-6,8 %	118 565	110 325	-6,9 %	1 263	1 181	-6,5 %	424,1	394,7	-6,9 %
Tuonti	1 753	1 658	-5,5 %	371,97	352	-5,4 %	48 228	45 580	-5,5 %	497	471	-5,1 %	172,6	163,1	-5,5 %
Vienti	2 553	2 351	-7,9 %	540	498	-7,8 %	70 337	64 746	-7,9 %	766	709	-7,4 %	251,6	231,6	-7,9 %
Yhteensä	4 306	4 009	-6,9 %	912	850	-6,8 %	118 565	110 325	-6,9 %	1 263	1 181	-6,5 %	424,1	394,7	-6,9 %

PÄÄSTÖT (tonnia/vuosi)	Typpioksiduuli (N ₂ O)			Rikkidioksidi (SO ₂)			Hiilidioksidi (CO ₂)			Hiilidioksidiekivalentti (CO ₂ -ekv.)		
	2015	2015	Muutos	2015	2015	Muutos	2015	2015	Muutos	2015	2015	Muutos
Merellä	140,7	130,7	-7,1 %	14 065	13 287	-5,5 %	5 010 815	4 654 589	-7,1 %	5 063 106	4 703 161	-7,1 %
Satamassa	3,5	3,5	0,0 %	86	86	0,0 %	135 477	135 477	0,0 %	136 763	136 763	0,0 %
Yhteensä	144,2	134,2	-6,9 %	14 150	13 373	-5,5 %	5 146 292	4 790 066	-6,9 %	5 199 869	4 839 924	-6,9 %
Tuonti	58,7	55,5	-5,5 %	5 028	4 819	-4,2 %	2 094 010	1 979 517	-5,5 %	2 115 807	2 000 119	-5,5 %
Vienti	85,5	78,7	-7,9 %	9 122	8 554	-6,2 %	3 052 281	2 810 549	-7,9 %	3 084 062	2 839 806	-7,9 %
Yhteensä	144,2	134,2	-6,9 %	14 150	13 373	-5,5 %	5 146 292	4 790 066	-6,9 %	5 199 869	4 839 924	-6,9 %

Skenaarioesimerkki: polttoaineen rikkipitoisuuden pienentäminen muilla merialueilla

Esimerkissä alusten muilla merialueilla kuin SECA-alueilla käyttämien polttoaineiden rikkipitoisuuksia (raskas polttoöljy 2,1 % ja kevyt polttoöljy 0,8 %) on pienennetty 0,5 %:iin vuoden 2015 liikenteessä, jolloin vuotuiset rikkidioksidipäästöt vähenivät kokonaisuutena noin 60 % ja muilla merialueilla noin 74 %. (Taulukko 10)

Taulukko 10. Skenaarioesimerkki: alusten muilla merialueilla kuin SECA-alueilla käyttämien polttoaineiden rikkipitoisuuden (raskas polttoöljy 2,1 % ja kevyt polttoöljy 0,8 %) pienentämisen 0,5 %:iin vaikutus rikkidioksidipäästöihin.

PÄÄSTÖT MERIALUEITTAIN (tonnia/vuosi) Merellä ja satamassa yhteensä	Rikkidioksidi (SO ₂)		
	2015	2015	Muutos
Itämeri (Euroopan SECA)	1 930	1 930	0,0 %
Pohjanmeri ja Englannin kanaali (Euroopan SECA)	685	685	0,0 %
Muut merialueet	11 505	3 023	-73,7 %
Pohjois-Amerikan SECA	25	25	0,0 %
Yhteensä	14 146	5 664	-60,0 %

Myös rikkidioksidipäästöjen vuotuiset päästökustannukset vähenivät kokonaisuutena noin 3,15 miljoonaa euroa eli noin 74 %. Vuotuiset kokonaispäästökustannukset (ml. kaikki päästökomponentit) vähenivät tällöin noin 1,2 %. Vuonna 2015 rikkidioksidipäästöjen päästökustannukset olivat noin 5,26 miljoonaa euroa ja kokonaispäästökustannukset noin 253,55 miljoonaa euroa.

Tässä ei ole varsinaisesti tarkasteltu ns. rikkidirektiivin laajempia vaikutuksia. Tällöin olisi huomioitava vaikutukset investointeihin eri liikenne- ja alustyyppisiin, kuljetusmuotoihin ja -reitteihin sekä ennakoitava kevyen polttoöljyn hintakehitystä tulevaisuudessa.

4.2 Päästövertailumallilla tehdyt skenaariot

Päästövertailumallin käyttöliittymissä voidaan tehdä vertailuja ja skenaarioita perustuen valitun satamaparin kokonaisliikenteeseen eri alustyypeillä ja aluskäyntikohtaisesti valittujen satamaparien välillä.

Käyttöliittymästä riippuen päästövertailumallissa voidaan valita Suomen ja ulkomaan satamat, valita alustyyppi, muuttaa alustyyppin kokoa ja lastin osuutta DWT:stä, syöttää oma lastimäärä ja muuttaa aluksen nopeutta.

Seuraavana on esitetty muutamia mallilla tehtyjä esimerkkejä vertailuista ja skenaarioista.

Skenaarioesimerkki: konttialusten koon suurentamisen vaikutus päästöihin (Päästöjen vertailu reiteittäin -käyttöliittymä)

Esimerkissä on tehty skenaario konttialusten koon suurentamisen vaikutuksesta päästöihin vuoden 2015 Haminan-Kotkan ja Rotterdamin satamien välisessä liikenteessä. Kuljetus 2 -osassa alusten kokoa on suurennettu 20 %, jolloin vuotuiset päästöt vähenisivät 6–7 %. (Kuva 30)

KULJETUS 1 1) Valitse reitti Valitse Suomen satama Hamina/Kotka (FI-HMN) Valitse ulkomaan satama Rotterdam (NLRTM) Valittu reittiä vuonna 2015 kuljetettu lasti alustyyppittäin (tonnia) Raakaöljy 0 Konttialus 592 772 Roro lastialus, paperi 0 Tuotetankkeri 47 480 Konttialus, paperi 178 351 Roro matkustaja-alus 0 Kemikaalialus 347 396 Kuivalastialus 10 900 Roro lastialus 1 530 Bulkialus 6 910					KULJETUS 2 1) Valitse reitti Valitse Suomen satama Hamina/Kotka (FI-HMN) Valitse ulkomaan satama Rotterdam (NLRTM) Valittu reittiä vuonna 2015 kuljetettu lasti alustyyppittäin (tonnia) Raakaöljy 0 Konttialus 592 772 Roro lastialus, paperi 0 Tuotetankkeri 47 480 Konttialus, paperi 178 351 Roro matkustaja-alus 0 Kemikaalialus 347 396 Kuivalastialus 10 900 Roro lastialus 1 530 Bulkialus 6 910				
2) Valitse aluksen tyyppi, koko täyttöaste ja lastin määrä Valitse alustyyppi Konttialus Muuta aluksen kokoa Suurennä Pienennä ±0 % Aluksen koko (DWT) 12 000 Muuta lastin osuutta DWT:stä Lisää Vähennä 32 % Kuljetettu lasti (tonnia/v.) 592 772 Syötä oma lastimäärä (tonnia/v.) 592 772					2) Valitse aluksen tyyppi, koko täyttöaste ja lastin määrä Valitse alustyyppi Konttialus Muuta aluksen kokoa Suurennä Pienennä +20 % Aluksen koko (DWT) 14 400 Muuta lastin osuutta DWT:stä Lisää Vähennä 32 % Kuljetettu lasti (tonnia/v.) 592 772 Syötä oma lastimäärä (tonnia/v.) 592 772				
3) Valitse aluksen keskimääräinen matkanopeus Oletusnopeus 19,0 solmua 35,2 km/h Muuta oletusnopeutta Lisää Vähennä 0 % Uusi nopeus 19,0 solmua 35,2 km/h					3) Valitse aluksen keskimääräinen matkanopeus Oletusnopeus 19,0 solmua 35,2 km/h Muuta oletusnopeutta Lisää Vähennä 0 % Uusi nopeus 19,0 solmua 35,2 km/h				
ALUSTEN TIEDOT Tyypin Koko (DWT) Lastin osuus DWT:stä Keskimääräinen matkanopeus (solmua) Kuljetus 1 Konttialus 12 000 32 % 19,0					ALUSTEN TIEDOT Tyypin Koko (DWT) Lastin osuus DWT:stä Keskimääräinen matkanopeus (solmua) Kuljetus 2 Konttialus 14 400 32 % 19,0				
TULOKSET Merialue Reitti- ja lastitiedot Polttoainetiedot * Päästöt (tonnia/vuosi) Kuljetettu lasti (tonnia/v.) Pituus (km) Suorite (milj. tonnikm/v.) Kulutus (tonnia/v.) Kustannus (milj. €/v.) Hiili-monoksidi (CO) Hiilivedyt (HC) Typen oksidit (NOx) Hiukkaset (PM) Metaani (CH4) Typpi-oksidi (N2O) Rikidioksidi (SO2) Hiilidioksidi (CO2) Hiilidioksidi-ekvivalentti (CO2-ekv.) Kuljetus 1 Itämeri (Euroopan SECA) 1 395 826,7 10 660,2 3 625 28,24 5,97 779,20 6,42 2,78 0,95 21,32 33 729 34 080 Hamina/Kotka-Pohjanmeri ja Englannin kanaali (Euroopan SECA) 845 500,6 6 548,3 2 235 17,37 3,70 478,01 3,93 1,71 0,58 13,10 20 719 20 935 Rotterdam Muut merialueet Pohjois-Amerikan SECA Yhteensä 592 772 2 239 1 327,3 17 208,5 5 861 45,61 9,67 1 257,21 10,35 4,49 1,53 34,42 54 448 55 015 Kuljetus 2 Itämeri (Euroopan SECA) 1 395 826,7 9 949,9 3 385 26,36 5,58 727,18 5,99 2,60 0,88 19,90 31 482 31 810 Hamina/Kotka-Pohjanmeri ja Englannin kanaali (Euroopan SECA) 845 500,6 6 118,3 2 090 16,23 3,47 446,51 3,67 1,60 0,54 12,24 19 358 19 560 Rotterdam Muut merialueet Pohjois-Amerikan SECA Yhteensä 592 772 2 239 1 327,3 16 068,2 5 475 42,59 9,04 1 173,68 9,66 4,19 1,43 32,14 50 840 51 370 * Polttoainetiedot hintoina ovat keskihinnat Rotterdamin satamassa vuonna 2015: raskas polttoöljy 244 €/tonni ja kevyt polttoöljy 432 €/tonni Ero (Kuljetus 1 miinus Kuljetus 2) -1 140,3 -0,385 -3,02 -0,63 -83,53 -0,69 -0,30 -0,10 -2,28 -3 608 -3 646 Ero % (Kuljetus 1 miinus Kuljetus 2) -7 % -7 % -7 % -6 % -7 % -7 % -7 % -7 %					PÄÄSTÖKUSTANNUKSET ** TULOKSET Päästökustannukset (€) Mallin käyttämät yksikkökustannukset (€/päästötonni) Hiilivedyt (HC) Typen oksidit (NOx) Hiukkaset (PM) Metaani (CH4) Typpi-oksidi (N2O) Rikidioksidi (SO2) Hiilidioksidi (CO2) Yhteensä Hiilivedyt (HC) Typen oksidit (NOx) Hiukkaset (PM) Metaani (CH4) Typpi-oksidi (N2O) Rikidioksidi (SO2) Hiilidioksidi (CO2) Kuljetus 1 309 382 192 34 451 3 765 18 904 12 803 2 177 907 2 630 331 32 304 6 813 838 12 376 372 40 Kuljetus 2 289 356 800 32 204 3 515 17 648 11 955 2 033 591 2 456 001 32 304 3 254 838 12 376 372 40 Ero -20,10 -25 392 -2 247 -250 -1 256 -848 -144 317 -174 331 Ero % -6 % -7 % -7 % -7 % -7 % -7 % -7 %				

Kuva 30. Skenaarioesimerkki: konttialusten koon suurentamisen vaikutus päästöihin.

Skenaarioesimerkki: kemikaalialusten nopeuden pienentämisen vaikutus päästöihin (Päästöjen vertailu reiteittäin -käyttöliittymä)

Esimerkissä on tehty skenaario kemikaalialusten keskinopeuden vähentämisen vaikutuksesta päästöihin vuoden 2015 Haminan-Kotkan ja Rotterdamin satamien välisessä liikenteessä. Kuljetus 2 -osassa aluksen nopeutta on pienennetty 10 %, jolloin vuotuiset päästöt vähenisivät päästökompontentista riippuen 15–17 %. (Kuva 31)

KULJETUS 1 1) Valitse reitti Valitse Suomen satama HaminaKotka (FI-HM) Valitse ulkomaan satama Rotterdam (NLRTM) Valitulla reitillä vuonna 2015 kuljetettu lasti alustyyppittain (tonnia) Raakaöljy 0 Tuotetankkeri 47 480 Kemikaalialus 347 396 Bulkaalus 6 910 Konttialus 592 772 Konttialus, paperi 178 351 Kuivalastialus 10 900 Roro lastialus 1 530 Roro lastialus, paperi 0 Roro matkustaja-alus 0 Muu alus 0					KULJETUS 2 1) Valitse reitti Valitse Suomen satama HaminaKotka (FI-HM) Valitse ulkomaan satama Rotterdam (NLRTM) Valitulla reitillä vuonna 2015 kuljetettu lasti alustyyppittain (tonnia) Raakaöljy 0 Tuotetankkeri 47 480 Kemikaalialus 347 396 Bulkaalus 6 910 Konttialus 592 772 Konttialus, paperi 178 351 Kuivalastialus 10 900 Roro lastialus 1 530 Roro lastialus, paperi 0 Roro matkustaja-alus 0 Muu alus 0				
2) Valitse aluksen tyyppi, koko täyttöaste ja lastin määrä Valitse alustyyppi Kemikaalialus Muuta aluksen kokoa Suurena ±0 % Pienennä ±0 % Aluksen koko (DWT) 8 000 Muuta lastin osuutta DWT:stä Lisää 50 % Vähennä 50 % Kuljetettu lasti (tonnia/v.) 347 396 Syötä oma lastimäärä (tonnia/v.)					2) Valitse aluksen tyyppi, koko täyttöaste ja lastin määrä Valitse alustyyppi Kemikaalialus Muuta aluksen kokoa Suurena ±0 % Pienennä ±0 % Aluksen koko (DWT) 8 000 Muuta lastin osuutta DWT:stä Lisää 50 % Vähennä 50 % Kuljetettu lasti (tonnia/v.) 347 396 Syötä oma lastimäärä (tonnia/v.)				
3) Valitse aluksen keskimääräinen matkanopeus Oletusnopeus 13,0 solmua 24,1 km/h Muuta oletusnopeutta Lisää 0 % Vähennä 0 % Uusi nopeus 13,0 solmua 24,1 km/h					3) Valitse aluksen keskimääräinen matkanopeus Oletusnopeus 13,0 solmua 24,1 km/h Muuta oletusnopeutta Lisää -10 % Vähennä -10 % Uusi nopeus 11,7 solmua 21,7 km/h				
ALUSTEN TIEDOT Tyyppi Koko (DWT) Lastin osuus DWT:stä Keskimääräinen matkanopeus (solmua)					ALUSTEN TIEDOT Tyyppi Koko (DWT) Lastin osuus DWT:stä Keskimääräinen matkanopeus (solmua)				
Kuljetus 1 Kemikaalialus 8 000 50 % 13,0					Kuljetus 2 Kemikaalialus 8 000 50 % 11,7				
TULOKSET Merialue Reitti- ja lastitiedot Kuljetettu lasti (tonnia/v.) Pituus (km) Suorite (milj. tonnikm/v.) Päästöt (tonnia/vuosi) Kulutus (tonnia/v.) Kustannus (milj. €/v.) Hiili-monoksidi (CO) Hiilivedyt (HC) Tyypen oksidit (NOx) Hiukkaset (PM) Metaani (CH4) Typpi-oksidi (N2O) Rikkidioksidi (SO2) Hiilidioksidi (CO2) Hiilidioksidiekvivalentti (CO2-ekv.)					TULOKSET Merialue Reitti- ja lastitiedot Kuljetettu lasti (tonnia/v.) Pituus (km) Suorite (milj. tonnikm/v.) Päästöt (tonnia/vuosi) Kulutus (tonnia/v.) Kustannus (milj. €/v.) Hiili-monoksidi (CO) Hiilivedyt (HC) Tyypen oksidit (NOx) Hiukkaset (PM) Metaani (CH4) Typpi-oksidi (N2O) Rikkidioksidi (SO2) Hiilidioksidi (CO2) Hiilidioksidiekvivalentti (CO2-ekv.)				
Kuljetus 1 Itämeri (Euroopan SECA) HaminaKotka-Pohjanmeri ja Englannin kanaali (Euroopan SECA) Rotterdam Muut merialueet Pohjois-Amerikan SECA Yhteensä 347 396 2 239 777,8 4 633,7 1,630 12,40 2,82 334,64 2,71 1,20 0,41 9,27 14 661 14 812					Kuljetus 2 Itämeri (Euroopan SECA) HaminaKotka-Pohjanmeri ja Englannin kanaali (Euroopan SECA) Rotterdam Muut merialueet Pohjois-Amerikan SECA Yhteensä 347 396 2 239 777,8 4 633,7 1,630 12,40 2,82 334,64 2,71 1,20 0,41 9,27 14 661 14 812				
Kuljetus 2 Itämeri (Euroopan SECA) HaminaKotka-Pohjanmeri ja Englannin kanaali (Euroopan SECA) Rotterdam Muut merialueet Pohjois-Amerikan SECA Yhteensä 347 396 2 239 777,8 4 633,7 1,630 12,40 2,82 334,64 2,71 1,20 0,41 9,27 14 661 14 812					Kuljetus 2 Itämeri (Euroopan SECA) HaminaKotka-Pohjanmeri ja Englannin kanaali (Euroopan SECA) Rotterdam Muut merialueet Pohjois-Amerikan SECA Yhteensä 347 396 2 239 777,8 4 633,7 1,630 12,40 2,82 334,64 2,71 1,20 0,41 9,27 14 661 14 812				
* Polttoaineen hintoina ovat keskihinnat Rotterdamin satamassa vuonna 2015: raskas polttoöljy 244 €/tonni ja kevyt polttoöljy 432 €/tonni Ero (Kuljetus 1 miinus Kuljetus 2) -751,9 -0,254 -1,99 -0,41 -55,08 -0,46 -0,20 -0,07 -1,50 -2 379 -2 404 Ero % (Kuljetus 1 miinus Kuljetus 2) -16 % -16 % -16 % -15 % -16 % -17 % -16 % -16 % -16 % -16 % -16 %					* Polttoaineen hintoina ovat keskihinnat Rotterdamin satamassa vuonna 2015: raskas polttoöljy 244 €/tonni ja kevyt polttoöljy 432 €/tonni Ero (Kuljetus 1 miinus Kuljetus 2) -751,9 -0,254 -1,99 -0,41 -55,08 -0,46 -0,20 -0,07 -1,50 -2 379 -2 404 Ero % (Kuljetus 1 miinus Kuljetus 2) -16 % -16 % -16 % -15 % -16 % -17 % -16 % -16 % -16 % -16 % -16 %				
PÄÄSTÖKUSTANNUKSET ** TULOKSET Hiilivedyt (HC) Tyypen oksidit (NOx) Hiukkaset (PM) Metaani (CH4) Typpi-oksidi (N2O) Rikkidioksidi (SO2) Hiilidioksidi (CO2) Yhteensä Kuljetus 1 90 101 732 9 905 1 003 5 036 3 447 586 437 707 650 Kuljetus 2 77 84 989 8 424 838 4 208 2 888 491 280 592 703 Ero -13,26 -16 743 -1 482 -165 -828 -559 -95 158 -114 948 Ero % -15 % -16 % -15 % -16 % -16 % -16 % -16 %					PÄÄSTÖKUSTANNUKSET ** TULOKSET Hiilivedyt (HC) Tyypen oksidit (NOx) Hiukkaset (PM) Metaani (CH4) Typpi-oksidi (N2O) Rikkidioksidi (SO2) Hiilidioksidi (CO2) Yhteensä Kuljetus 1 90 101 732 9 905 1 003 5 036 3 447 586 437 707 650 Kuljetus 2 77 84 989 8 424 838 4 208 2 888 491 280 592 703 Ero -13,26 -16 743 -1 482 -165 -828 -559 -95 158 -114 948 Ero % -15 % -16 % -15 % -16 % -16 % -16 % -16 %				
Mallin käyttämät yksikkökustannukset (€/päästötonni) Satama Väylä 32 304 6 813 838 12 376 372 40					Mallin käyttämät yksikkökustannukset (€/päästötonni) Satama Väylä 32 304 6 813 838 12 376 372 40				
** Vuoden 2013 hintataso					** Vuoden 2013 hintataso				

Kuva 31. Skenaarioesimerkki: kemikaalialusten nopeuden pienentämisen vaikutus päästöihin.

Skenaarioesimerkki: nopeuden vaikutus ro-ro-lastialuksen päästöihin (Päästöjen vertailu aluskäyntikohtaisesti -käyttöliittymä)

Esimerkissä on tehty skenaario ro-ro-lastialuksen keskinopeuden vähentämisen vaikutuksesta päästöihin Haminan-Kotkan ja Lybeckin satamien välisessä liikenteessä. Kuljetus 2 -osassa aluksen nopeutta on pienennetty 20 %, jolloin päästöt vähenisivät päästökomponentista riippuen 35–36 %. (Kuva 32)

KULJETUS 1 1) Valitse reitti tai syötä etäisyys Valitse Suomen satama HaminaKotka (FHHN) Valitse ulkomaan satama Lybeck (DELC) Satamien välinen etäisyys 1 248 km					KULJETUS 2 1) Valitse reitti tai syötä etäisyys Valitse Suomen satama HaminaKotka (FHHN) Valitse ulkomaan satama Lybeck (DELC) Satamien välinen etäisyys 1 248 km				
2) Valitse aluksen tyyppi ja täyttöaste Valitse alustyyppi Roro lastialus Aluksen koko (DWT) 10000 Valitse lastin osuus DWT:stä Menomatka Lisää Vähennä 25 % Paluumatka Lisää Vähennä 25 % Keskimääräinen lastin osuus DWT:stä 25 %					2) Valitse aluksen tyyppi ja täyttöaste Valitse alustyyppi Roro lastialus Aluksen koko (DWT) 10000 Valitse lastin osuus DWT:stä Menomatka Lisää Vähennä 25 % Paluumatka Lisää Vähennä 25 % Keskimääräinen lastin osuus DWT:stä 25 %				
3) Valitse aluksen keskimääräinen matkanopeus Oletusnopeus 20,0 solmua 37,0 km/h Muuta oletusnopeutta Lisää Vähennä 0 % Uusi nopeus 20,0 solmua 37,0 km/h					3) Valitse aluksen keskimääräinen matkanopeus Oletusnopeus 20,0 solmua 37,0 km/h Muuta oletusnopeutta Lisää Vähennä -20,0 % Uusi nopeus 16,0 solmua 29,6 km/h				
ALUSTEN TIEDOT Tyyppi Roro lastialus Koko (DWT) 10 000 Lastin osuus DWT:stä 25 % Keskimääräinen matka-nopeus (solmua) 20,0					Tyyppi Roro lastialus Koko (DWT) 10 000 Lastin osuus DWT:stä 25 % Keskimääräinen matka-nopeus (solmua) 16,0				
TULOKSET Merialue Reitti- ja lastitiedot Kuljetettu lasti (tonnia) Edes-takainen pituus (km) Suorite (milj. tonnikm) Polttoainetiedot * Kulutus (tonnia) Kustannus (milj. €/v.) Hiili-monoksidi (CO) Hiilivedyt (HC) Tyypen oksidit (NOx) Hiukkaset (PM) Metaani (CH4) Typpi-oksidiuuli (N2O) Rikkidioksidi (SO2) Hiilidioksidi (CO2) Hiilidioksidiekvivalentti (CO2-ekv.)					Päästöt (tonnia) Metaani (CH4) Typpi-oksidiuuli (N2O) Rikkidioksidi (SO2) Hiilidioksidi (CO2) Hiilidioksidiekvivalentti (CO2-ekv.)				
Kuljetus 1 Itämeri (Euroopan SECA) HaminaKotka- Lybeck Pohjanmeri ja Englannin kanaali (Euroopan SECA) Muut merialueet Pohjois-Amerikan SECA Yhteensä					Kuljetus 2 Itämeri (Euroopan SECA) HaminaKotka- Lybeck Pohjanmeri ja Englannin kanaali (Euroopan SECA) Muut merialueet Pohjois-Amerikan SECA Yhteensä				
* Polttoaineen hintoina ovat keskihinnat Rotterdamin satamassa vuonna 2015: raskas polttoöljy 244 €/tonni ja kevyt polttoöljy 432 €/tonni					Ero (Kuljetus 1 minus Kuljetus 2) Ero % (Kuljetus 1 minus Kuljetus 2)				
PÄÄSTÖKUSTANNUKSET ** TULOKSET Päästökustannukset (€) Hiilivedyt (HC) Tyypen oksidit (NOx) Hiukkaset (PM) Metaani (CH4) Typpi-oksidiuuli (N2O) Rikkidioksidi (SO2) Hiilidioksidi (CO2) Yhteensä					Mallin käyttämät yksikkökustannukset (€/päästötonni) Hiilivedyt (HC) Tyypen oksidit (NOx) Hiukkaset (PM) Metaani (CH4) Typpi-oksidiuuli (N2O) Rikkidioksidi (SO2) Hiilidioksidi (CO2)				
Kuljetus 1 4,02 5 007 448 49 248 168 28 565 34 491					Kuljetus 2 2,60 3 222 290 32 160 108 18 420 22 235				
Ero -1,41 -1 785 -158 -18 -88 -60 -10 146 -12 256					Ero % -35 % -36 % -35 % -36 % -36 % -36 % -36 % -36 %				
** Vuoden 2013 hintataso									

Kuva 32. Skenaarioesimerkki: ro-ro-lastialusten nopeuden pienentämisen vaikutus päästöihin.

5 Kysely varustamoille alusten polttoaineiden käytöstä

Projektin yhteydessä toteutettiin keväällä 2016 suomalaisille varustamoille suunnattu internet-kysely alusten polttoaineiden käytöstä SECA-alueella. Kysely lähetettiin varustamoille Suomen Varustamot ry:n toimesta.

Kyselyyn saatiin vastauksia yhteensä yhdeksältä varustamolta, joista viisi toimi hakurahtiliikenteessä ja neljä linjaliikenteessä. Aluksia varustamoilla oli yhteensä 90. Yhden varustamon vastauksia alusten tiedoista täydennettiin varustamon vuosikertomuksesta, joka löytyi varustamon internet-sivuilta.

Kyselyyn vastanneiden varustamoiden aluksista suurin osa, 41 alusta (noin 46 % kaikista aluksista) käytti Euroopan SECA-alueella polttoaineena matalarikkistä dieselöljyä. Raskasta polttoöljyä ja pakokaasupesuria käytti 24 alusta (27 %), SECA-dieselöljyä 22 alusta (24 %), erittäin vähärikkistä dieselöljyä kaksi alusta (2 %) ja kaasua yksi alus (1 %). (Taulukko 11)

Taulukko 11. Kyselyyn vastanneiden varustamoiden eri polttoainetta käyttävien alustyyppien lukumäärät Euroopan SECA-alueella vuonna 2015.

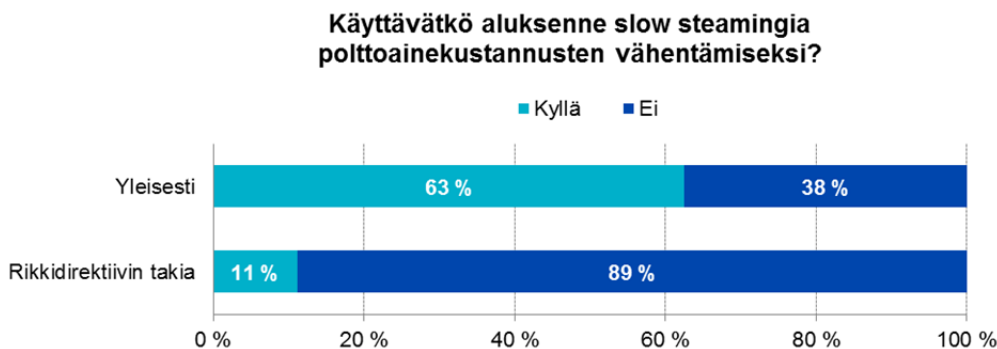
Alustyyppi	Polttoainetta käyttävien alusten lukumäärä				
	Matala- rikkinen dieselöljy (0,1 %, MDO/MGO)	Raskas polttoöljy (HFO) ja pakokaasu- pesuri	SECA- dieselöljy (hybridi- polttoaine)	Kaasu (LNG)	Muu
Raakaöljyalus	2	-	2	-	-
Tuotetankkeri	-	-	-	-	-
Kemikaalialus	6	2	6	-	-
Bulkalus	-	-	-	-	-
Konttialus	1	5	3	-	-
Kuivalastialus	8	-	-	-	-
Roro-lastialus	3	13	5	-	-
Roro-matkustaja-alus	6	4	6	1	-
Muu alus (hinaaja, jäänmurtaja)	15	-	-	-	2*
Yhteensä	41	24	22	1	2*

- Yhdelläkään kyselyyn vastanneista varustamoista ei ole alustyyppiä laivastossaan

* Erittäin vähärikkinen dieselöljy (ULSD, rikkipitoisuus alle 15 ppm)

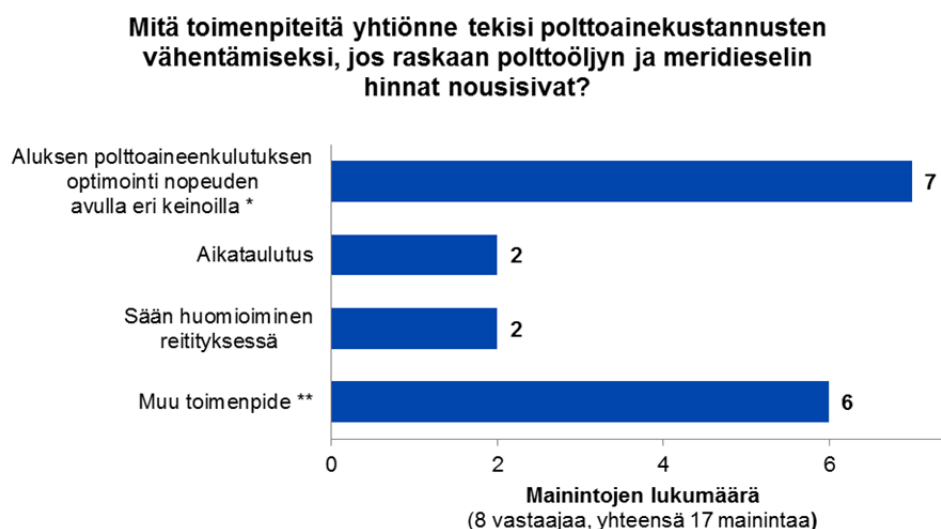
Vastanneista varustamoista suurimman osan (noin 78 %) alukset eivät vaihda koskaan käyttämäänsä polttoainetta raskaaksi polttoöljyksi poistuessaan Euroopan SECA-alueelta. Vastaajien mukaan alukset liikkuvat joko kokonaan tai suurimmaksi osaksi Euroopan SECA-alueella tai aluksissa käytettiin polttoaineena aina matalarikkistä dieselöljyä.

Vastanneista varustamoista noin 63 % käytti yleisesti slow steamingia polttoainekustannusten alentamiseksi. Selvästi suurin osa (noin 89 %) varustamoista ei käyttänyt slow steamingia polttoainekustannusten alentamiseksi rikkidirektiivin takia. (Kuva 33)



Kuva 33. Kyselyyn vastanneiden varustamoiden slow steamingin käyttäminen.

Jos raskaan polttoöljyn ja meridieselin hinnat nousisivat, varustamot reagoisivat hintojen nousuun aluksen polttoaineen kulutusta optimoivilla toimenpiteillä kuten slow steamingiin siirtymisellä ja aluskohtaisella kulutuksen seurannalla. Muita keinoja olisivat optimaalisempi aikataulutus ja sään entistä parempi huomiointi reitityksissä. (Kuva 34)



* Mm. slow steaming ja aluskohtainen kulutuksen seuranta

** Hybrididieselpolttoaineen käyttäminen, pitkien painolastireittien ja vajaiden lastien välttäminen, tehokkuus terminaalitoiminnoissa, miehistön motivointi, huomion kiinnittäminen energiatehokkuuteen

Kuva 34. Kyselyyn vastanneiden varustamoiden toimenpiteet polttoainekustannusten vähentämiseksi, jos raskaan polttoöljyn ja meridieselin hinnat nousisivat.

Vastanneet varustamot ovat jo tehneet useita alusten energiatehokkuutta parantavia ja polttoaineen kulutusta alentavia toimenpiteitä. Varustamoiden eniten tekemiä toimenpiteitä ovat mm. aikataulujen muuttaminen (neljä varustamoa), slow steaming (2) ja pakokaasupesureiden asentaminen (2). Muita yksittäisiä toimenpiteitä olivat esimerkiksi aluksen pohjan puhdistaminen ja käsittely silikonilla, potkurin lapojen uusiminen, huoltojen tekeminen suunnitellusti ja shorepowerin käyttäminen aina kun mahdollista.

6 Lähdeluettelo

Valtioneuvosto. Liikenne- ja viestintävaliokunnan lausunto 23/2009 valtioneuvoston selontekoon Itämeren haasteista ja Itämeri-politiikasta 2009

Merenkululaitos 2009. Aluskustannukset 2009. Merenkululaitoksen julkaisuja 3/2009. 50 s.

Elektroniset lähteet

Alusliikenteen yksikkökustannukset 2013. Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 41/2014

http://www.utu.fi/fi/yksikot/mkk/hankkeet/Documents/lts_2014-41_alusliikenteen_yksikkokustannukset_web.pdf (Viitattu keväällä 2016)

Bunker Index

<http://www.bunkerindex.com/> (Viitattu alkuvuonna 2016)

GoogleMaps

<https://maps.google.com/> (Viitattu keväällä 2016)

Liikennevirasto a. Reittipituudet Suomen satamista kolmikantapisteeseen.

Liikennevirasto b. Suomen ja ulkomaiden keskimääräiset meriväyläetäisyydet.

MarineTraffic

<http://www.marinetraffic.com> (viitattu keväällä 2016)

Ports.com

<http://ports.com/> (Viitattu keväällä 2016)

Sea Route Finder

<http://www.searoutefinder.com/> (Viitattu keväällä 2016)

Sea-Distances.org

<http://www.sea-distances.org/> (Viitattu keväällä 2016)

Sea distances – voyage calculator

<http://sea-distances.com/> (Viitattu keväällä 2013)

SECA – one year after its entry into force. Baltic Ports Organization (BPO). June 2016. 14 s.

ShipBroker Net

<http://www.shipbroker.net/list/list1.asp> (Viitattu alkuvuonna 2011).

Ulstein Group, kalvosarja

<http://www.komvekst.no/files/dmfile/PerIvarRoaldUlsteinInternationalAS.pdf> (Viitattu alkuvuonna 2011)

Vesseldistances

<http://www.vesseldistance.com/> (Viitattu keväällä 2016)

VTT LIPASTO järjestelmän yksikköpäästöosio.

<http://lipasto.vtt.fi/meeri/index.htm> (Viitattu keväällä 2016)

World Ports Distances

<http://www.distances.com/> (Viitattu vuonna 2009)

World Shipping Register

<http://e-ships.net/dist.htm> (Viitattu alkuvuonna 2011)

Tilastot

Liikennevirasto (2016). Suomen kansainvälisen tavaraliikenteen vuositilastot alus-tyypeittäin tuonnissa ja viennissä vuosilta 2005–2015.