MERIMA – Suomen kansainvälisten merikuljetusten päästöt -tietokonemallit

Tulosraportti 2005-2012

Ilkka Salanne, Kari Mäkelä, Marko Tikkanen

Trafin julkaisuja
Trafis publikationer
Trafi Publications

16/2013

Trafin julkaisuja 16/2013

MERIMA – Suomen kansainvälisten merikuljetusten päästöt -tietokonemallit

Tulosraportti 2005-2012

Ilkka Salanne, Marko Tikkanen, Sito

Kari Mäkelä, VTT

Liikenteen turvallisuusvirasto Trafi
Trafiksäkerhetsverket Trafi
Helsinki Helsingfors 2013

ISBN 978-952-5893-82-3
ISSN 1799-0157 (verkko)

ALKUSANAT

Tulevaisuudessa merikuljetuksia koskevat entistä tiukemmat päästörajoitukset, jotka edellyttävät kansainvälisten merikuljetusten päästöjen kehittymisen seurantaa. 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, CH_4, N_2O, SO_2, CO_2, CO_2-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 kokonaismalliin lisättiin vuosia, alustyyppejä, aikasarjoja ja skenaario-ominaisuuksia. Lisäksi kehitettiin molempien mallien laskentaa ja käyttöliittymiä. Viimeisimmät versiot malleista valmistuivat kesäkuussa 2013. 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 toteuttivat yhteistyössä Sito ja VTT. Projektin työryhmään kuuluivat Ilkka Salanne (projektipäällikkö, Sito), Marko Tikkanen (Sito) ja Kari Mäkelä (VTT).

Helsingissä, 28. kesäkuuta 2013

Jorma Kämäräinen

Johtava asiantuntija
Liikenteen turvallisuusvirasto Trafi

FÖRORD

I framtiden kommer utsläppsbegränsningarna för maritima transporter att 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, CH_4, N_2O, SO_2, CO_2, CO_2e), 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 juni 2013. 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 och VTT. I projektets arbetsgrupp ingick Ilkka Salanne (projektchef, Sito), Marko Tikkanen (Sito) och Kari Mäkelä (VTT)

Helsingfors, den 28 juni 2013

Jorma Kämäräinen

Ledande expert
Trafiksäkerhetsverket Trafi

FOREWORD

More stringent emission limits will apply to maritime transport in the future 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, CH_4, N_2O, SO_2, CO_2, CO_2e), 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 June 2013. 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 and VTT (Technical Research Centre of Finland). The project team was as follows: Ilkka Salanne (Project leader, Sito), Marko Tikkanen (Sito) and Kari Mäkelä (VTT).

Helsinki, 28 June 2013

Jorma Kämäräinen

Senior Expert
Finnish Transport Safety Agency Trafi

Sisällysluettelo
Index

Tiivistelmä

Sammanfattning

Abstract

1 Johdanto 1

2 Mallit 2

2.1 Lähtötiedot ja toimintaperiaate 2

2.2 Kokonaispäästömalli 3

2.3 Päästövertailumalli 4

3 Tulokset 6

3.1 Päästöt 9

3.2 Päästökustannukset 15

3.3 Polttoainekustannukset 18

4 Skenaariot 20

4.1 Kokonaispäästömallilla tehdyt skenaariot 20

4.2 Päästövertailumallilla tehdyt skenaariot 26

5 Lähdeluettelo 31

TIIVISTELMÄ

Projektissa tuotettiin kaksi tietokonemallia, kokonaispäästömalli ja päästövertailumalli, Suomen ja ulkomaiden välisen meriliikenteen tavarakuljetusten päästöjen (CO, HC, NO_x, PM, CH_4, N_2O, SO_2, CO_2, CO_2-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 ja viimeisimmät versiot kesäkuussa 2013. Mallit sisältävät satamapäästöt lähtö- ja määräsatamissa sekä koko merimatkan päästöt Suomen ja ulkomaan satamien välillä.

Kokonaispäästömalli laskee Liikenneviraston meriliikennetilastojen avulla Suomen ja ulkomaiden välisen meriliikenteen tavarakuljetusten vuosien 2005-2012 kokonaispäästöt, päästökustannukset ja polttoainekustannukset alustyypeittäin tuonnissa ja viennissä. Kokonaismallissa voidaan muodostaa aikasarjoja eri perustein: alustyypit, 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 2012 liikenteen perusteella, kun laivan tyyppiä, kokoa, lastin osuutta DWT:stä, nopeutta tai polttoainetietoja muutetaan. Päästövertailumallin toisessa osassa voidaan valita vapaasti kuljetusmatka ja kuljetetun lastin määrä ja kolmannessa osassa päästöt lasketaan aluskäyntikohtaisesti.

Suomen kansainvälisessä meriliikenteessä kuljetetun lastin määrä on kasvanut tasaisesti vuodesta 2005 vuoteen 2007, vaihdellen vuosittain noin 83 miljoonasta tonnista noin 103 miljoonaan tonniin. 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. Vuonna 2012 kuljetun lastin määrä oli noin 93 miljoonaa tonnia. Kuljetussuorite on vaihdellut vuosina 2005-2012 noin 191 000 miljoonasta tonnikilometristä noin 262 000 miljoonaan tonnikilometriin. Viennin osuus kuljetussuoritteesta on suurempi kuin tuonnin.

Polttoaineen kulutus Suomen kansainvälisen meriliikenteen tavarakuljetuksissa vaihteli vuosina 2005-2012 noin 1,49 miljoonasta tonnista noin 1,94 miljoonaan tonniin (ml. raskas ja kevyt polttoöljy). Mallissa eri päästökomponenttien 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 (tonnikilometrit).

Suomen kansainvälisen meriliikenteen tavarakuljetuksista aiheutuneiden hiilidioksidipäästöjen määrä noudattelee liikenteen määrän kehitystä ja siinä näkyy taloudellisen taantuman vaikutus vuonna 2009. Vuotuisten hiilidioksidipäästöjen määrä on vaihdellut 2005-2012 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 rikkidioksidipäästöt jatkoivat vähenemistä raskaan polttoöljyn rikkipitoisuuden vähetessä. Rikkidioksidipäästöjen määrä on vaihdellut vuosittain noin 30 500 tonnista noin 48 600 tonniin.

Suomen kansainvälisten merikuljetusten päästökustannukset ovat vaihdelleet vuosina 2005-2012 noin 227 miljoonasta eurosta noin 295 miljoonaan euroon (vuoden 2010 hintataso). Päästökustannuksista selvästi suurin osa, lähes 80 % johtuu hiilidioksidipäästöistä. Vastaavalla aikajaksolla polttoainekustannukset ovat vaihdelleet noin 374 miljoonasta eurosta noin 1010 miljoonaan euroon. Kuljetetun lastin määrän, kuljetussuoritteen ja alustyypin lisäksi polttoainekustannuksiin vaikuttavat polttoaineiden hintojen vaihtelut.

Malleilla voidaan tehdä erilaisia skenaarioita. Seuraavana on esitetty skenaarioista joitakin esimerkkejä, joissa vertailuvuotena on kolmea viimeistä esimerkkiä lukuun ottamatta käytetty vuotta 2012:

- Lisättäessä roro -lastialuksilla kuljetettujen tonnien määrää 2,5 miljoonalla tonnilla kokonaisliikenne kasvaa 2,6 % ja vuotuiset kokonaishiilidioksidipäästöt peräti 6,0 %. Tämä johtuu roro -alusten muita alustyyppejä suuremmasta keskinopeudesta ja tästä johtuvasta suuremmasta keskikulutuksesta.
- Vastaavasti lisättäessä lyhyen matkan bulkalusten kuljettamaa lastia 1,3 miljoonaa tonnia lastin kokonaismäärä kasvaa 1,4 % ja vuotuiset hiilidioksidipäästöt vain noin 0,6 % johtuen alhaisesta keskinopeudesta ja vastaavasta alhaisesta polttoaineen keskikulutuksesta.
- Vähennettäessä kivihiilen ja koksin kuljetusmäärää (tuontia) 1,8 miljoonaa tonnia kokonaisliikenne vähenee 1,9 % ja kokonaisrikkidioksidipäästöt noin 1,6 %.
- Lisättäessä Aasiaan suuntautuvien merikuljetusten määrää 2,6 miljoonaa tonnia (nykyisestä kaksinkertaiseksi) kuljetetun lastin kokonaismäärä kasvaa 5,8 % ja vuotuiset kokonaisrikkidioksidipäästöt peräti 17,8 % johtuen pitkästä kuljetusmatkasta.
- Vähennettäessä kaikkien alustyyppien keskinopeutta 10 % kokonaispäästöt vähenevät noin 18-19 % päästökomponentista riippuen. Tällöin vastaava lasti kuljetetaan keskimäärin alhaisemmilla nopeuksilla.
- Suurennettaessa kaikkien alustyyppien keskikokoja 10 % päästöt vähenevät noin 7 %. Tällöin vastaava lasti kuljetetaan keskimäärin suuremmilla aluksilla.
- Pienennettäessä alusten käyttämän polttoaineen rikkipitoisuutta 1,0 %:sta 0,1 %:iin rikkidioksidipäästöt vähenevät 88 % ja kokonaispäästökustannukset 3,4 % (noin 9,4 milj. €). Polttoainekustannukset kasvavat noin 32 % eli noin 324 miljoonaa laivaliikenteen siirtyessä käyttämään vähärikkistä kevyttä polttoöljyä.
- 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 15-19 % päästökomponentista riippuen.
- Vähennettäessä polttoaineen rikkipitoisuutta 0,1 %:iin Helsingin ja Rostockin välisessä roro -matkustaja-alusliikenteessä rikkidioksidipäästöt vähenevät 88 %.
- Tuotaessa 500 000 tonnia raakaöljyä Venäjältä Suomenlahden alueelta Suomeen päästöt vähenevät 83-88 % verrattuna siihen, että sama määrä tuodaan Suomeen Etelä-Norjasta Pohjanmeren alueelta.
- 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, CH_4, N_2O, SO_2, CO_2, CO_2e), 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 och de senaste versionerna i juni 2013. Modellerna innefattar hamnutsläppen i avgångs- och destinationshamnarna samt utsläppen under hela sjöresan mellan Finland och de utländska hamnarna.

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 2005-2012. 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 2012 års trafik mellan det valda paret hamnar, då man ändrar båtens typ, storlek, fart eller bränsleuppgifter. I den andra delen av utsläppsjämförelsemodellen kan man fritt välja transportsträckan och den fraktade lastens mängd och I den tredje delen kan man räknä utsläppen för en besök av båt.

I Finlands internationella fartygstrafik har den fraktade lastens mängd ökat i jämn takt från 2005 till 2007, den har årligen varierat mellan ca 83 miljoner ton och ca 103 miljoner ton. År 2008 avstannade ökningen på grund av lågkonjunkturen och minskade 2009. I 2010 och 2011 lastens mängd ökade och 2012 minskade den. Transportprestationen har åren 2005-2012 varierat mellan ca 191 000 miljoner tonkilometer och ca 262 000 miljoner tonkilometer. Exportens andel av transportprestationen är större än importens.

Bränsleförbrukningen i varutransporterna i Finlands internationella maritima trafik varierade åren 2005-2012 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 dessutom 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 lågkonjunkturens inverkan i 2009. Mängden årliga koldioxidutsläpp har 2005-2012 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. Svaveldioxidutsläppens mängd har årligen varierat från ca 30 500 ton till ca 48 600 ton.

Utsläppskostnaderna för Finlands internationella maritima transporter har åren 2005-2012 varierat mellan ca 227 miljoner euro och ca 295 miljoner euro (årets 2010 prisnivå). Av utsläppskostnaderna härrör den klart största delen, nästan 80 % av koldioxidutsläppen. Under motsvarande tidsperiod har bränslekostnaderna varierat mellan ca 374 miljoner euro och ca 1010 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 som jämförelseår med undantag för de tre sista exemplen har använt år 2012:

- Då man ökar det antal ton som fraktas med ro-ro-lastfartyg med 2,5 miljoner ton ökar den totala trafiken med 2,6 % och de årliga koldioxidutsläppen med hela 6,0 %. 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 1,3 miljoner ton ökar totalmängden last med 1,4 % och de årliga koldioxidutsläppen med bara ca 0,6 % beroende på den låga medelfarten och motsvarande låga genomsnittliga bränsleförbrukning.
- Då man minskar fraktmängden av stenkol och koks (import) med 1,8 miljoner ton minskar den totala trafiken med 1,9 % och de totala svaldioxidutsläppen med ca 1,6 %.
- Då man ökar de maritima transporterna på Asien med 2,6 miljoner ton (till det dubbla jämfört med nuläget), ökar totalmängden fraktad last med 5,8 % och de årliga svaveldioxidutsläppen med hela 17,8 % beroende på den långa transportsträckan.
- 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 svavelhaltigheten i bränslet som används i fartygen från 1 % till 0,1 % minskar svaveldioxidutsläppen med 88 % och de totala utsläppskostnaderna med 3,4 % (cirka 9,4 miljoner euro). Bränslekostnaderna ökar med ca 32 %, alltså ungefär 324 miljoner euro när bränsle med låg svavelhaltighet börjar användas i fartygstrafiken.
- 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 15-19 % beroende på utsläppskomponent.
- Då man minskar bränslets svavelhalt till 0,1 % i ro-ro-passagerarfartygstrafik mellan Helsingfors och Rostock minskar svaveldioxidutsläppen med 88 %.
- Då man importerar 500 000 ton råolja från Ryssland, från Finska vikens område till Finland, minskar utsläppen 83-88 % i jämförelse med att samma mängd importeras till Finland från södra Norge, från Nordsjön.
- 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, CH_4, N_2O, SO_2, CO_2, CO_2e), 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 and the latest versions in June 2013. 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 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 2005-2012 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 2012 traffic, by changing the ship's type, size, percentage of cargo of DWT and speed or fuel data. In the second part of the emissions comparison model the transportation distance and volume of cargo can be freely defined and in the third part the emissions are calculated by ship visit.

The cargo volume of Finnish international shipping has increased steadily from 2005 to 2007, varying annually between about 83 million tonnes to about 103 million tonnes. In 2008, growth came to a halt and took a downturn due to economic recession. In 2010 and 2011 the cargo volume continued to grow until in 2012 when the cargo started to decrease. Transport volume fluctuated over the period of 2005-2012 from about 191,000 million tonne kilometres to about 262,000 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 2005-2012 (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 2005-2012.

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 the sulphur dioxide emissions continued to fell because the sulphur content of the heavy

fuel oil used by vessels decreased during the same period. Sulphur dioxide emissions have fluctuated from around 34,900 tonnes to around 48,600 tonnes.

Emission costs of Finnish international maritime transports have fluctuated during the period 2005-2012 from about EUR 227 million to about EUR 295 million (price level year 2010). 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 374 million to about EUR 1010 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 comparison year in all but the last three examples is 2012:

- When increasing the number of tonnes transported by RORO cargo ships by 2.5 million tonnes, total traffic grows by 2.6% and the total annual carbon dioxide emissions grow by as much as 6.0%. This is due to RORO vessels larger average ship sizes and the resulting higher average fuel consumption.
- Accordingly when adding 1.3 million tonnes of cargo to a short distance bulk ship, the total increase of cargo is 1.4% and the annual carbon dioxide emissions only about 0.6% due to the low average speed and thus low average fuel consumption.
- When coal and coke transportation volume (imports) is reduced by 1.8 million tonnes, the total traffic is reduced by 1.9% and total sulphur dioxide emissions by about 1.6%.
- When we add 2.6 million tonnes (double the current volume) to maritime transports to Asia, the increase in total cargo is 5.8% and total annual sulphur dioxide emissions increase by as much as 17.8% 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 0.1% from 1.0 % sulphur dioxide emissions are dropped by 88% and emission costs by 3,4 % (EUR 9.4 million). The fuel costs increase about 32% or EUR 324 million when the ships start to use low sulphur marine diesel oil instead of heavy fuel oil.
- 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 15-19%, depending on the emissions component.
- By reducing the sulphur content of fuel to 0.1% sulphur dioxide emissions in the traffic of RORO passenger ferries between Helsinki and Rostock dropped by 88%.
- When importing 500,000 tonnes of crude oil from Russia in the region of the Gulf of Finland to Finland the emissions are reduced 83-88% compared to if the same cargo is imported from southern Norway in the region on North Sea.
- 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

Tulevaisuudessa merikuljetuksia koskevat entistä tiukemmat päästörajoitukset, jotka edellyttävät kansainvälisten merikuljetusten päästöjen kehittymisen seurantaa. 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). MERIMA -projektissa tuotettiin kaksi tietokonemallia (kokonaispäästömalli ja päästövertailumalli) Suomen ja ulkomaiden välisen meriliikenteen tavarakuljetusten päästöjen (CO, HC, NO_x, PM, CH_4, N_2O, SO_2, CO_2, CO_2-ekv.[1]) ja niiden ulkoisten kustannusten sekä polttoainekustannusten laskentaan ja kehittymisen seurantaan. Mallit on tarkoitettu asiantuntijoiden, erityisesti merenkulkualan viranomaisten ja niiden sidosryhmien käyttöön.

IMO:n meriympäristön suojelukomitean 9.10.2008 hyväksymällä MARPOL 73/78 -yleissopimuksen uudistetun ilmasuojeluliitteen (VI) tavoitteena on rajoittaa alusliikenteen typpi- ja rikkioksidipäästöjä. Polttoaineen rikkipitoisuusraja on laskenut Itämeren, Pohjanmeren ja Englannin kanaalin käsittävillä erityisalueilla 1,5 %:sta 1,0 %:iin 1.7.2010 alkaen sekä laskee 0,1 %:iin vuoden 2015 alusta alkaen. Globaalilla tasolla polttoaineen korkein sallittu rikkipitoisuus laskee vuonna 2012 4,5 %:sta 3,5 %:iin ja vuonna 2020 tai viimeistään vuonna 2025 0,5 %:iin. Enimmäisrikkipitoisuudeltaan 0,1 %:in polttoaineeseen siirtyminen tarkoittaa käytännössä sitä, että alukset joutuvat siirtymään kaasuöljyn (MGO) käyttöön polttoaineenaan tai että laivoissa otetaan käyttöön muita teknisiä ratkaisuja kuten rikkipesureita. Kaasuöljy on valmistustavastaan johtuen huomattavasti kalliimpaa kuin raskas polttoöljy. (Merenkulkulaitos 2009)

Asiantuntijoiden mukaan laivojen pakokaasuista päätyy Itämereen vuosittain jätevesipäästöihin verrattuna merkittävästi suurempi määrä rehevöittävää typpeä 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 aiottuun 0,1 %:iin vuonna 2015 saattaa eräiden arvioiden mukaan merkitä jopa 0,8 mrd. euron lisäkustannuksia Suomeen liikennöiville aluksille. Kasvihuonepäästöjen (CO_2) rajaamisen hinnaksi on arvioitu noin 200 milj. euroa. Arvioitujen kokonaiskustannusten toteutumiseen vaikuttavat muun muassa liikennemäärien kasvu, vähärikkisten polttoaineiden hinta ja saatavuus, päästötonnin hinta sekä merenkulun päästötavoitteiden taso tulevina vuosina. (Valtioneuvosto)

[1] CO_2-ekv. = ekvivalenttinen hiilidioksidi. Kasvihuonekaasupäästöjen yhteismitta, jonka avulla voidaan laskea yhteen eri kasvihuonekaasujen päästöjen vaikutus kasvihuoneilmiön voimistumiseen. Lukuarvo saadaan lisäämällä CO_2 päästöihin metaani CH_4 kerrottuna luvulla 21 ja typpioksiduuli N_2O kerrottuna luvulla 310.

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 2005-2012 ja päästövertailumallissa vuodelta 2012 (Liikennevirasto 2012). Kuljetussuoritteiden laskentaa varten malleissa on etäisyysmatriisit, joissa on Suomen ja ulkomaiden satamien väliset etäisyydet (Liikennevirasto a ja b, World Ports Distances, World Shipping Register, Sea distances - voyage calculator). Muita lähtötietoja ovat polttoaineiden rikkipitoisuudet (VTT) ja hinnat (Bunker Index, Ulstein Group), tyyppialuskohtaiset yksikkökulutukset (ShipBroker Net) ja yksikköpäästöt (VTT) sekä päästöjen yksikkökustannukset (Liikenteen päästökustannukset).

Toimintaperiaate

Mallien laskenta perustuu satamaparien välillä kuljetettuihin tavaramääriin, satamaparien välisiin etäisyyksin sekä eri alustyyppien tonnikilometri- ja lastitonnikohtaisiin yksikköpäästöihin.

Malleissa päästöt merellä saadaan laskemalla alustyypin tonnikilometrit Suomen sataman ja ulkomaan sataman välillä ja kertomalla tonnikilometrit tyyppialuksen tonnikilometrikohtaisilla yksikköpäästöillä. Päästöt satamassa saadaan kertomalla tyyppialuksen kuljettamat lastitonnit tyyppialuksen lastitonnikohtaisilla yksikköpäästöillä. Päästökustannukset saadaan kertomalla päästökomponenteittain päästöjen yksikkökustannukset päästömäärillä. Polttoainekustannukset saadaan kertomalla tyyppialuksen tonnikilometrit tyyppialuksen polttoaineen yksikkökulutuksella.

Malleissa määritettiin 14 tyyppialusta, jotka ovat ominaisuuksiltaan keskimääräisiä aluksia. Mallin 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, paperinkuljetusroro - 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)

Skenaarioiden (luku 4) tekemistä varten tyyppialusten kokoja, lastien osuuksia DWT:stä ja oletusnopeuksia sekä alusten käyttämien polttoaineiden tietoja voidaan muuttaa.

Teknisesti mallit on toteutettu Excel -taulukkolaskentaohjelmalla. Malleissa voidaan valita kieleksi suomi tai englanti. Malleissa on toiminto, jonka avulla mallien tuottamia kuvia ja taulukoita voidaan kopioida tietokoneen leikepöydälle ja liittää leikepöydän kautta esim. diaesityksiin.

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

2.2 Kokonaispäästömalli

Kokonaispäästömalli laskee Suomen ja ulkomaiden välisen meriliikenteen tavarakuljetusten vuosien 2005-2012 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 ja satamille sekä Suomessa että ulkomailla.

Kokonaispäästömallissa (Kuva 1) on yhdeksän eri käyttöliittymää. Päästöt ja Päästökustannukset -käyttöliittymissä voidaan valita vertailtavaksi vuosista 2005-2012 kaksi vuotta tai tehdä skenaarioita halutulle vuodelle muuttamalla tyyppialusten kokoja, lastien osuuksia DWT:stä, nopeuksia sekä polttoaineiden osuuksia ja rikkipitoisuuksia.

Polttoainekustannukset -käyttöliittymässä malli laskee valitun vuoden polttoainekustannukset ja polttoaineen kulutuksen. Käyttöliittymässä voidaan tehdä vertailuja muuttamalla polttoaineiden hintoja ja osuuksia.

Kokonaispäästömallissa esitetään aikasarjat vuosilta 2005-2012 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.

Kuva 1. Kokonaispäästömallin etusivu.

2.3 Päästövertailumalli

Päästövertailumallissa (Kuva 2) on kolme käyttöliittymää. Mallilla voidaan vertailla päästömääriä, polttoaineen kulutusta sekä päästö- ja polttoainekustannuksia Suomen satamien ja ulkomaan satamien välisillä laivareiteillä.

Päästöjen vertailu reiteittäin -käyttöliittymässä voidaan tehdä vertailuja valitun Suomen ja ulkomaan satamaparin vuoden 2012 tavaraliikenteen perusteella, kun aluksen tyyppiä, kokoa, lastin osuutta DWT:stä, nopeutta, polttoaineiden osuuksia tai rikkipitoisuuksia muutetaan. Lisäksi voidaan haluttaessa syöttää lastimäärä ja polttoaineiden hinnat. Vertailujen tekemistä varten käyttöliittymässä on kaksi samanlaista osaa. Päästömäärät, polttoaineen kulutus sekä päästö- ja polttoainekustannukset lasketaan valitun satamaparin tavaraliikenteen ja muiden tehtyjen valintojen perusteella.

Päästöjen vertailu vapaasti etäisyyden perusteella -käyttöliittymässä voidaan valita vapaasti kuljetusmatka ja kuljetetun lastin määrä. Muuten valinnat ovat samat kuin Päästöjen vertailu reiteittäin -käyttöliittymässä.

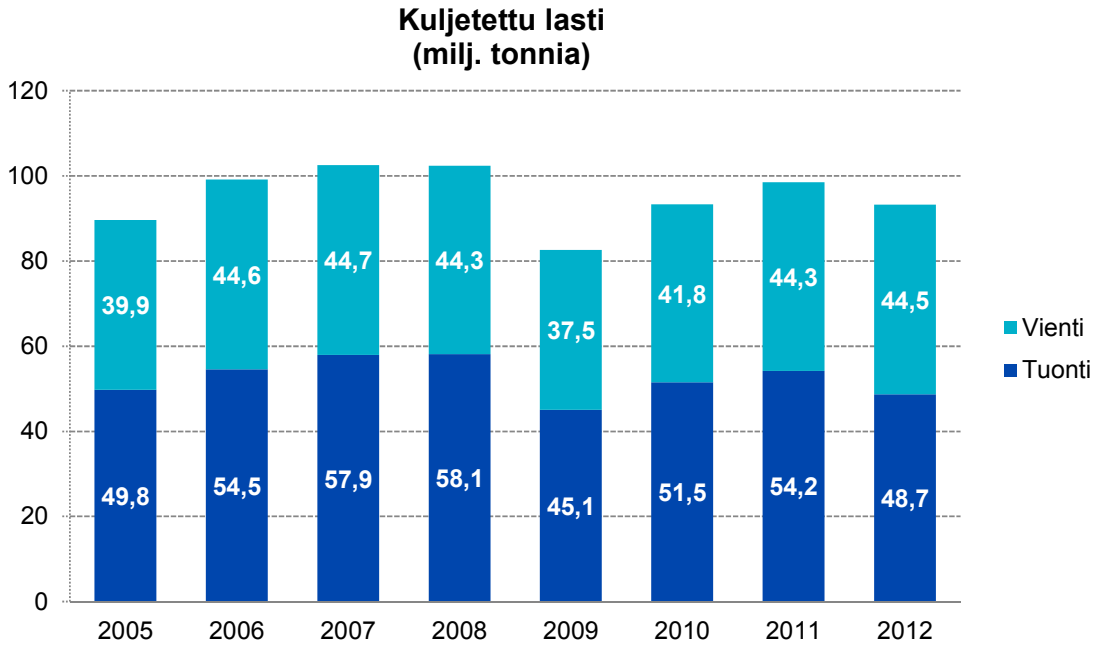
Päästöjen vertailu aluskäyntikohtaisesti -käyttöliittymä on muuten samanlainen kuin Päästöjen vertailu reiteittäin -käyttöliittymä, mutta päästö lasketaan yhdelle aluskäynnille ja lastien osuuksia DWT:stä voidaan muuttaa erikseen matkan molemmille suunnille. Muuten valinnat ovat samat kuin Päästöjen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

Kuva 2. Päästövertailumallin etusivu.

3 Tulokset

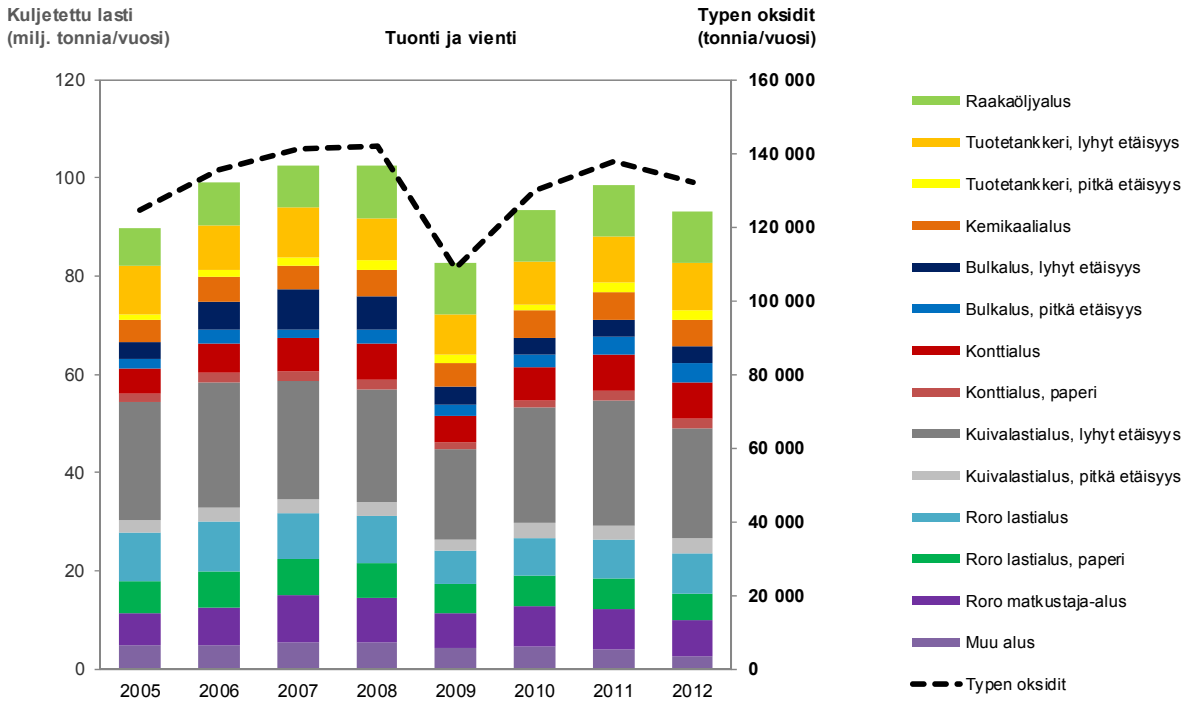
Kuljetettu lasti

Suomen kansainvälisessä meriliikenteessä kuljetetun lastin määrä on kasvanut tasaisesti vuodesta 2005 vuoteen 2007. Vuoden 2008 lopulla kasvu taloudellisen taantuman vuoksi pysähtyi ja lastin määrä laski edelleen vuonna 2009. Vuosina 2005-2012 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 transitoliikenteen. (Kuva 3)

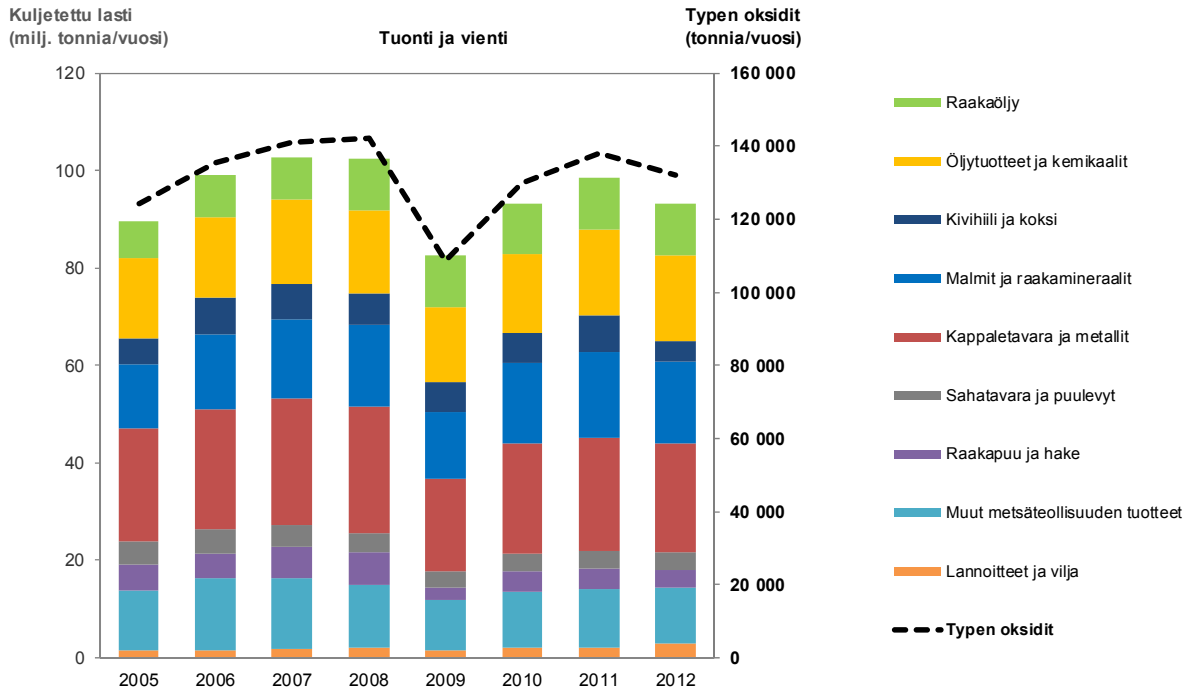


Kuva 3. Suomen ja ulkomaiden välillä kuljetettu lasti vuosina 2005-2012.

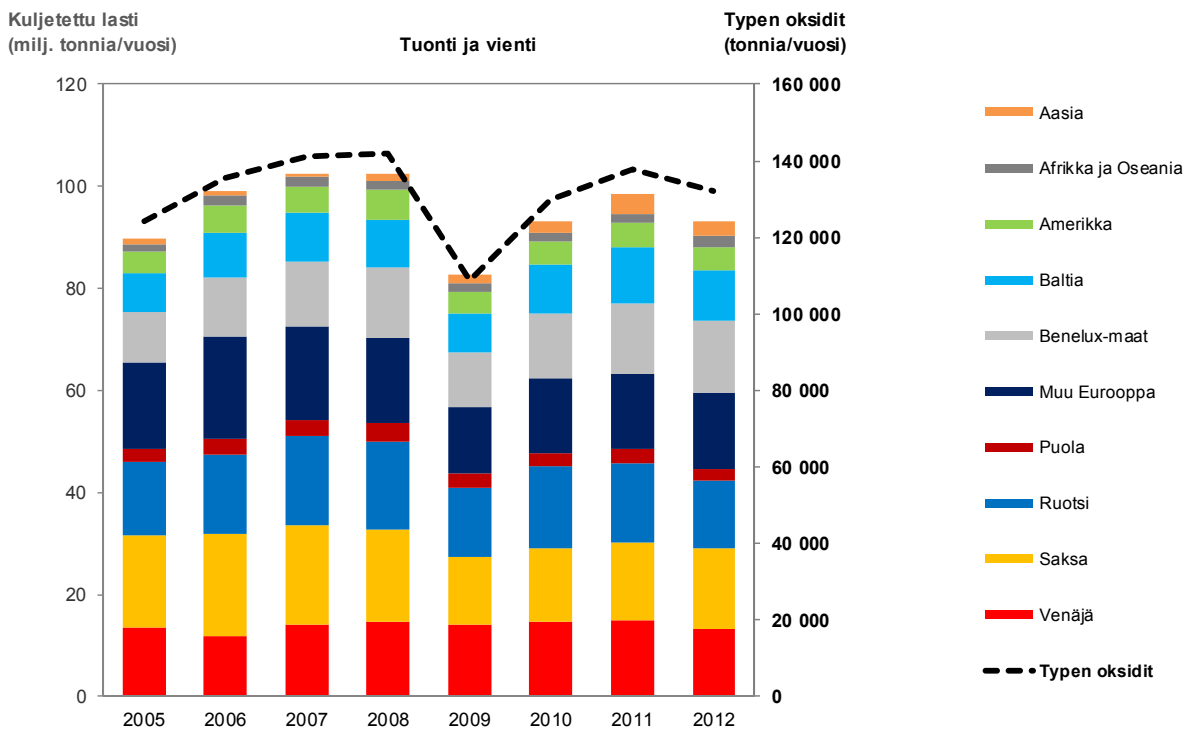
Kuljetetusta lastista suurin osa on ollut kappaletavaraa ja metalleja. Alustyypeistä eniten lastia on kuljetettu pitkän etäisyyden kuivalastialuksilla. Noin puolet lastista on kuljetettu Suomen ja Ruotsin, Suomen ja Saksan sekä Suomen ja Venäjän välillä. (Kuva 4, Kuva 5 ja Kuva 6)



Kuva 4. Vuosina 2005-2012 kuljetettu lasti alustyypeittäin. Kuvassa on esitetty myös typen oksidien päästöt.



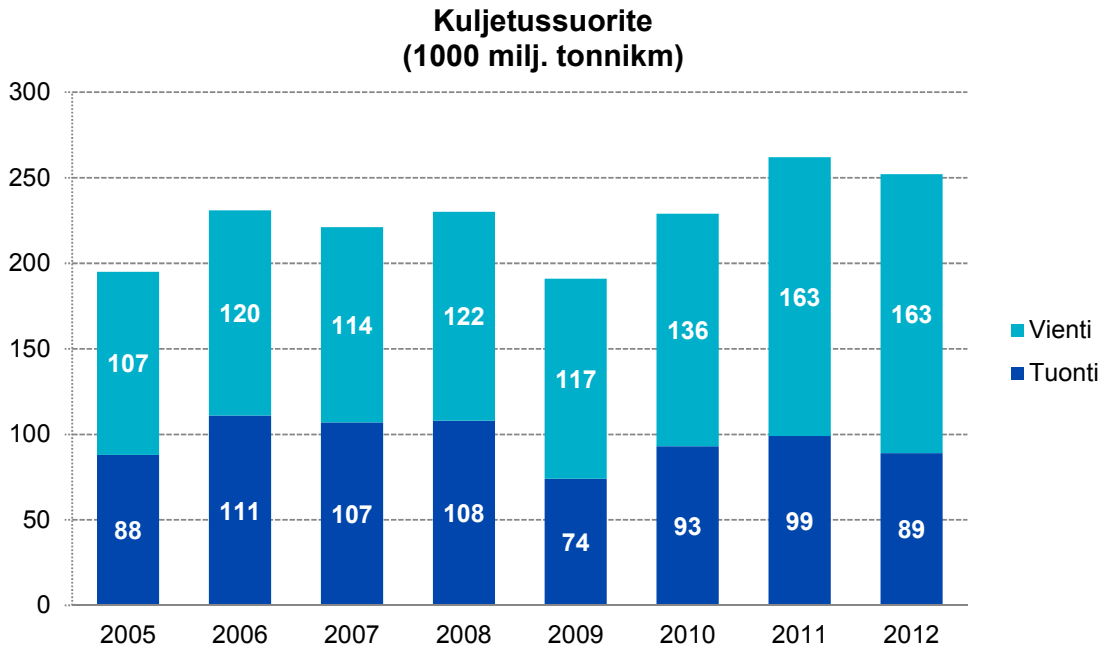
Kuva 5. Vuosina 2005-2012 kuljetettu lasti tavaralajeittain. Kuvassa on esitetty myös typen oksidien päästöt.



Kuva 6. Vuosina 2005-2012 kuljetettu lasti liikennealueittain. Kuvassa on esitetty myös typen oksidien päästöt.

Kuljetussuorite

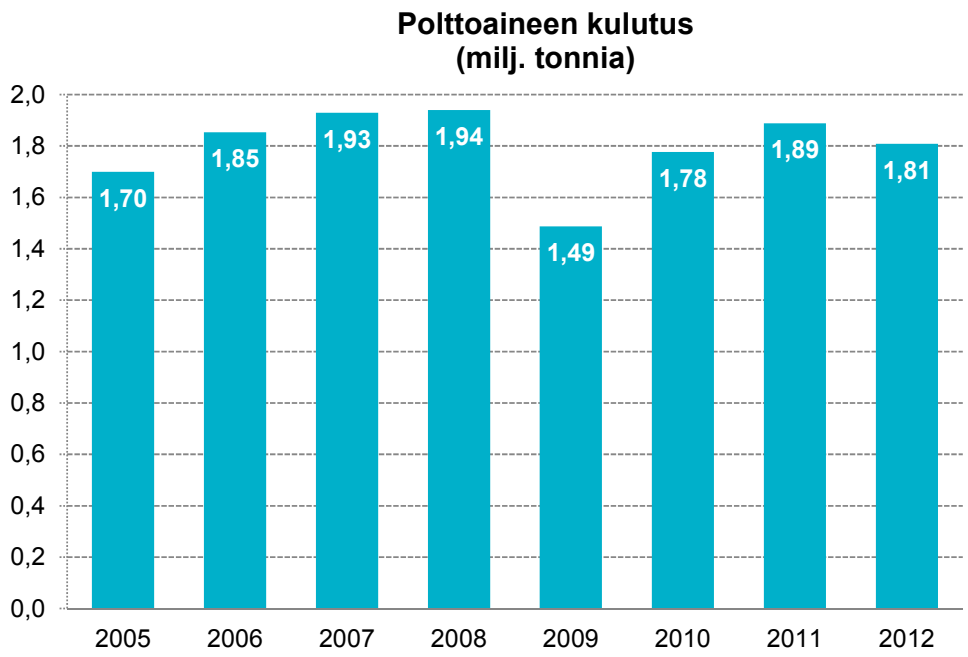
Suomen kansainvälisen meriliikenteen tavarakuljetusten kuljetussuorite on vaihdellut vuosina 2005-2012 noin 191 000 miljoonasta tonnikilometristä noin 263 000 miljoonaan tonnikilometriin. Viennin osuus kuljetussuoritteesta on suurempi kuin tuonnin. Luvun 3.1 kuvissa on esitetty kuljetussuorite myös alustyypeittäin, tavaralajeittain ja liikennealueittain. (Kuva 7)



Kuva 7. Kuljetussuorite Suomen ja ulkomaiden välillä vuosina 2005-2012.

Polttoaineen kulutus

Polttoaineen kulutus Suomen kansainvälisen meriliikenteen tavarakuljetuksissa vaihteli vuosina 2005-2012 noin 1,49 miljoonasta tonnista noin 1,94 miljoonaan tonniin. Määrä sisältää sekä raskaan että kevyen polttoöljyn kulutuksen. (Kuva 8)



Kuva 8. Polttoaineen kulutus vuosina 2005-2009.

3.1 Päästöt

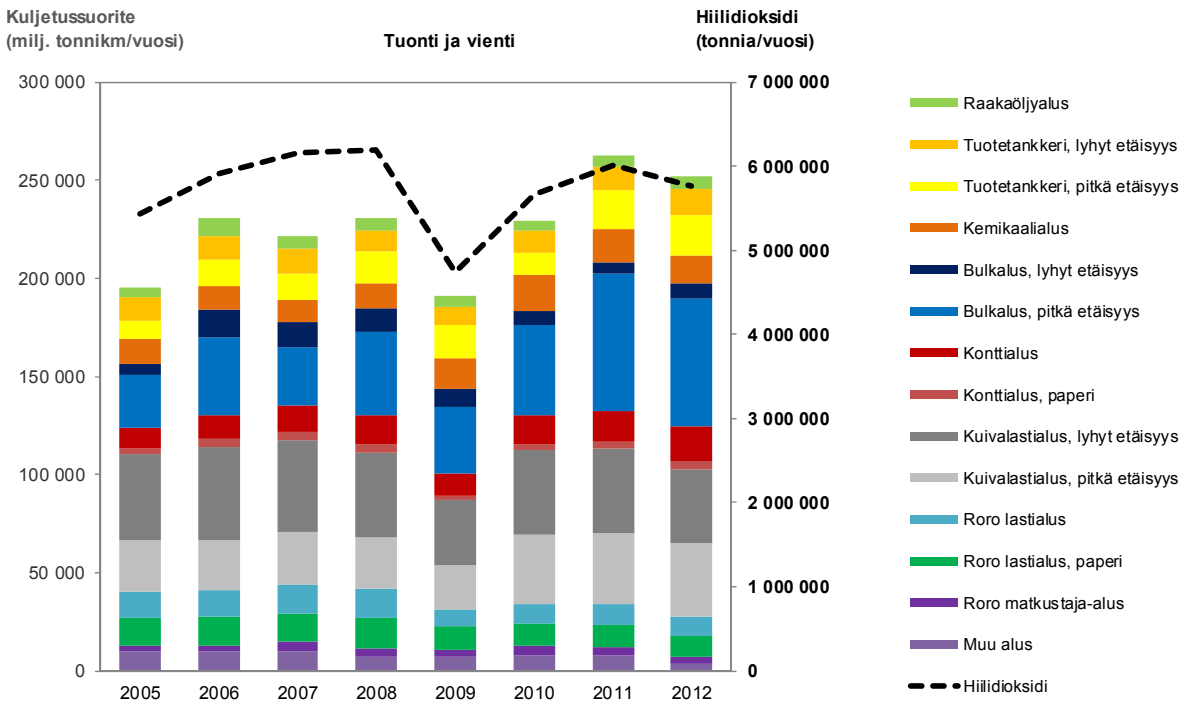
Mallissa eri päästökomponenttien päästöt muuttuvat samassa suhteessa kuin alusten polttoaineen kulutus. Rikkidioksidipäästöihin vaikuttaa lisäksi alusten käyttämien polttoaineiden rikkipitoisuudet. Polttoaineen rikkipitoisuus vaikuttaa hieman myös muihin päästökomponentteihin, mutta malleissa tätä vaikutusta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

Päästöjen laskenta perustuu malleissa eri alustyyppien yksikköpäästöihin tonnikilometriä 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).

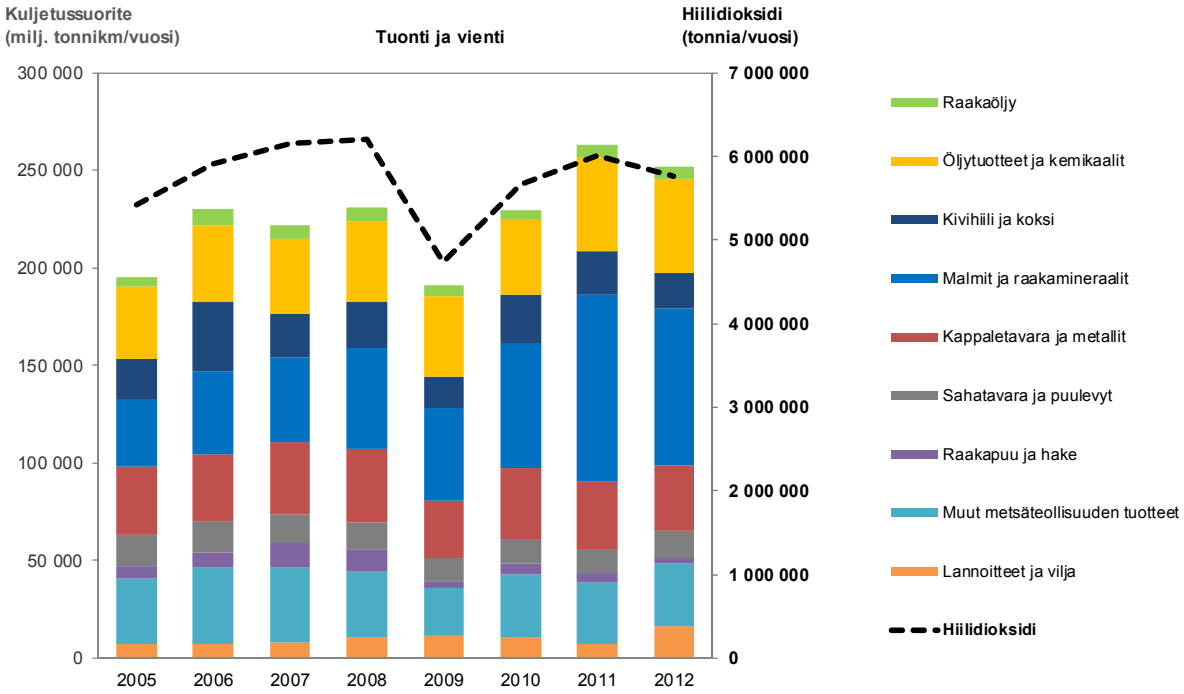
Seuraavassa on käsitelty hiilidioksidi- ja rikkidioksidipäästöjen kehittymistä vuosina 2005-2012. Kaikkien päästökomponenttien päästömäärät vuosilta 2011 ja 2012 on esitetty luvun lopussa olevissa taulukoissa (Taulukko 2 ja Taulukko 4).

Hiilidioksidipäästöt

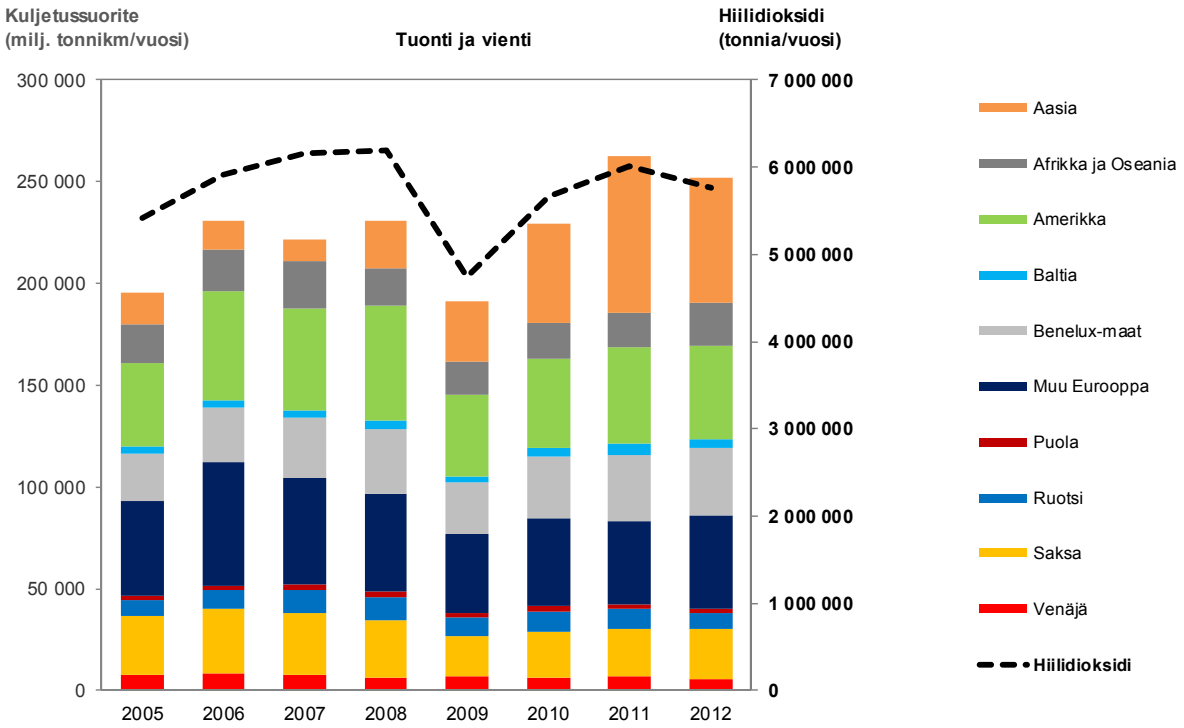
Suomen kansainvälisen meriliikenteen tavarakuljetuksista aiheutuneet hiilidioksidipäästöt kasvoivat tasaisesti vuodesta 2005 vuoteen 2008 saakka, jonka jälkeen hiilidioksidipäästöt vähenivät selvästi. Vuodesta 2009 vuoteen 2011 hiilidioksidipäästöt kasvoivat kunnes ne vähenivät hieman vuonna 2012. Hiilidioksidipäästöjen määrä on vaihdellut vuosittain noin 4,7 miljoonasta tonnista noin 6,2 miljoonaan tonniin. Vuosina 2005-2012 hiilidioksidipäästöt ovat muuttunut samalla tavalla kuin kuljetetun lastin määrä. Verrattuna kuljetussuoritteen 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). Vastaavasti kuljetussuorite on kasvanut vuodesta 2010 vuoteen 2011 enemmän kuin hiilidioksidipäästöt ovat kasvaneet. (Kuva 9, Kuva 10 ja Kuva 11)



Kuva 9. Hiilidioksidipäästöt vuosina 2005-2012. Kuljetussuoritteen jakauma on esitetty alustyypeittäin.



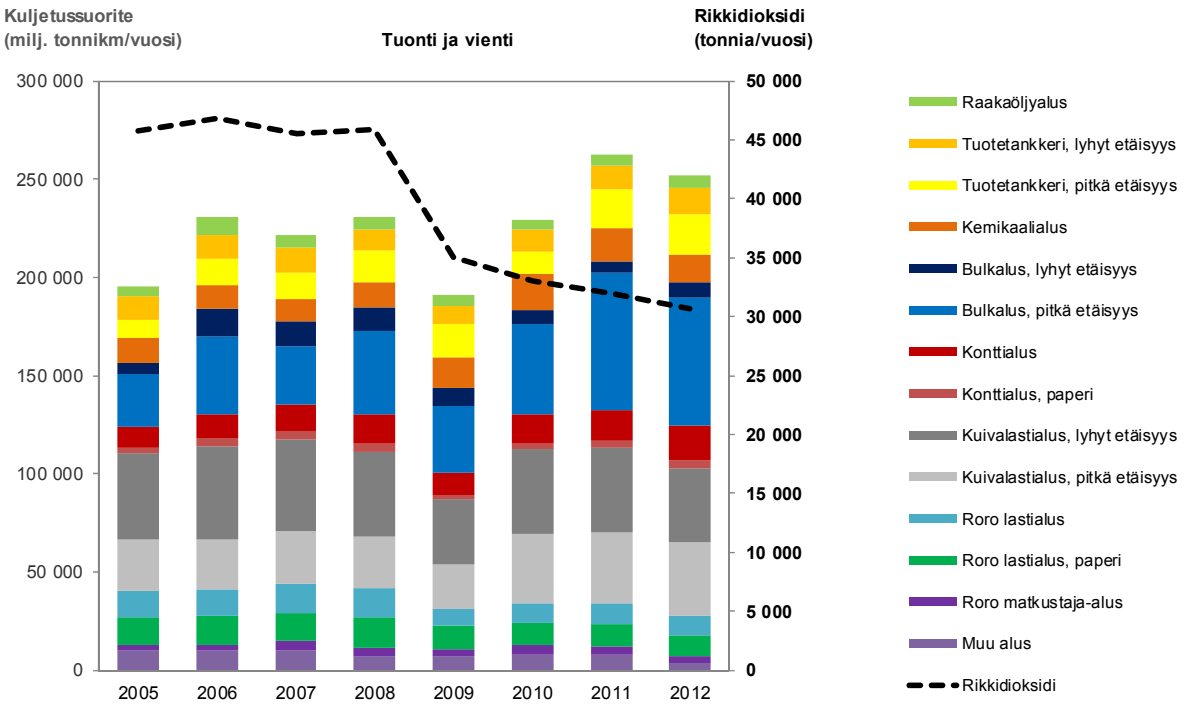
Kuva 10. Hiilidioksidipäästöt vuosina 2005-2012. Kuljetussuoritteen jakauma on esitetty tavaralajeittain.



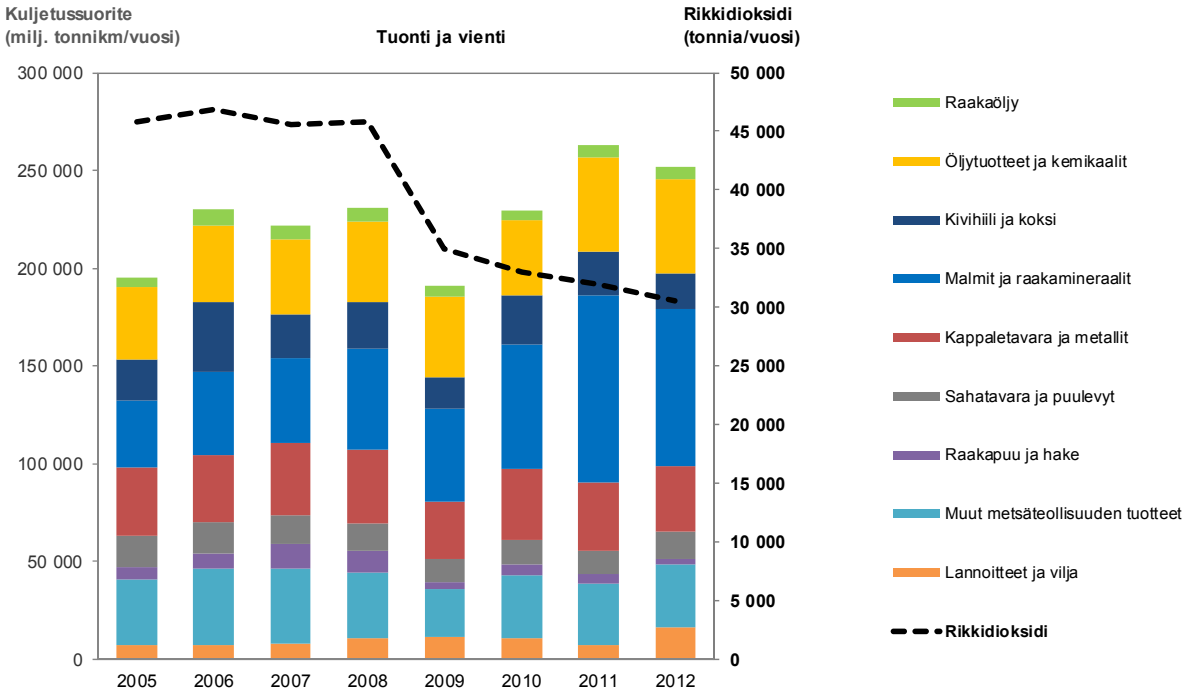
Kuva 11. Hiilidioksidipäästöt vuosina 2005-2012. Kuljetussuoritteen jakauma on esitetty liikennealueittain.

Rikkidioksidipäästöt

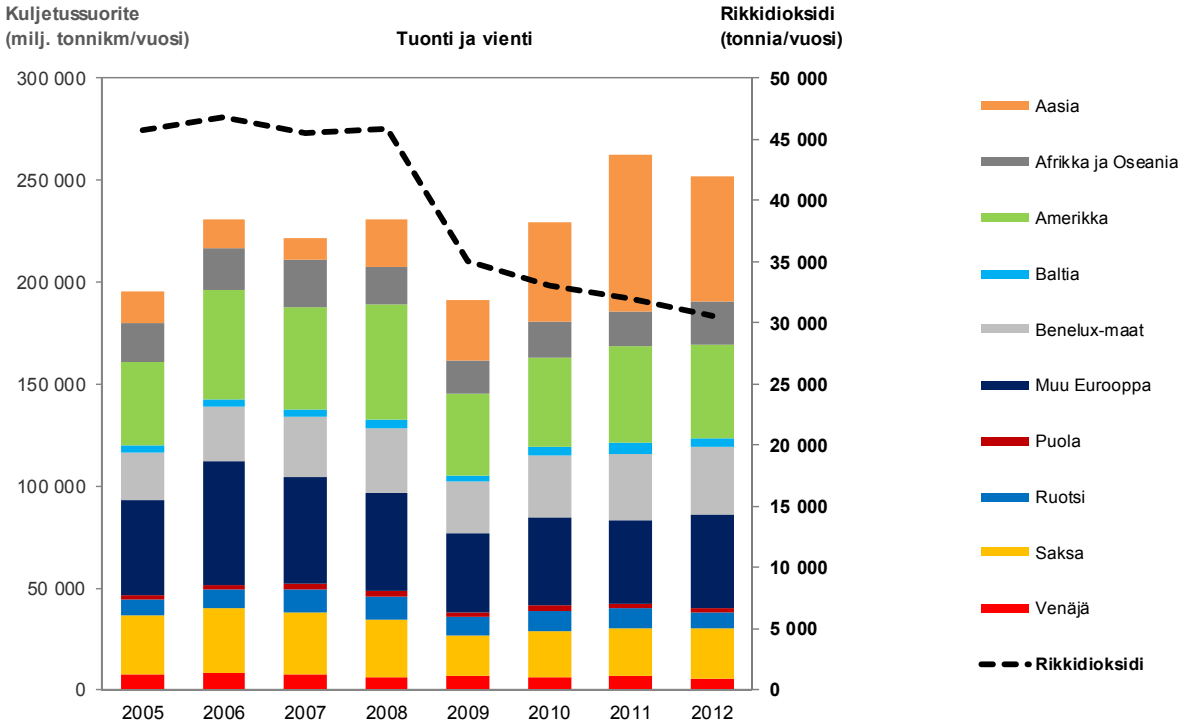
Suomen kansainvälisen meriliikenteen tavarakuljetuksista aiheutuneet rikkidioksidipäästöt ovat pysyneet vuosina 2005-2008 suunnilleen samalla tasolla siitä huolimatta, että kuljetetun lastin määrä on kasvanut vuosina 2005-2007. Rikkidioksidipäästöt ovat pysyneet samalla tasolla, koska alusten polttoaineena käyttämän raskaan polttoöljyn rikkipitoisuus väheni samalla ajanjaksolla 1,6 %:sta 1,4 %:iin. Vuonna 2009 rikkidioksidipäästöt vähenivät selvästi verrattuna vuoteen 2008. Rikkidioksidipäästöt jatkoivat vähenemistä vuosina 2010-2012 siitä huolimatta, että kuljetetun lastin määrä kasvoi. Samalla ajanjaksolla raskaan polttoöljyn rikkipitoisuus väheni 1,1 %:sta 1,0 %:iin. Verrattuna kuljetussuoritteen muutokseen rikkidioksidipäästöjen muutokseen vaikuttaa kuljetussuoritteen alustyypeittäinen jakauma samalla tavalla kuin hiilidioksidipäästöissä. Rikkidioksidipäästöjen määrä on vaihdellut vuosittain noin 30 600 tonnista noin 48 600 tonniin. (Kuva 12, Kuva 13 ja Kuva 14)



Kuva 12. Rikkidioksidipäästöt vuosina 2005-2012. Kuljetussuoritteen jakauma on esitetty alustyypeittäin.



Kuva 13. Rikkidioksidipäästöt vuosina 2005-2012. Kuljetussuoritteen jakauma on esitetty tavaralajeittain.



Kuva 14. Rikkidioksidipäästöt vuosina 2005-2012. Kuljetussuoritteen jakauma on esitetty liikennealueittain.

Päästöt vuosina 2011 ja 2012

Vuodesta 2011 vuoteen 2012 Suomen kansainvälisen meriliikenteen tavarakuljetuksista aiheutuneet päästöt vähenivät noin 4 % (Taulukko 2). Kuljetetun lastin määrä väheni samalla ajanjaksolla noin 5 % ja kuljetussuorite noin 4 % (Taulukko 3).

Taulukko 2. Päästöt päästökomponenteittain vuosina 2011 ja 2012.

PÄÄSTÖT (tonnia/vuosi)	Hiilimonoksidi (CO)			Hiilivedyt (HC)			Typen oksidit (NO_x)			Hiukkaset (PM)			Metaani (CH_4)		
	2011	2012	Muutos	2011	2012	Muutos	2011	2012	Muutos	2011	2012	Muutos	2011	2012	Muutos
Merellä	4 870	4 666	-4,2 %	1 015	972	-4,2 %	134 898	129 235	-4,2 %	2 788	2 671	-4,2 %	482	462	-4,2 %
Satamassa	134	128	-4,8 %	44	42	-5,0 %	2 955	2 813	-4,8 %	32	31	-2,5 %	11	11	-4,9 %
Yhteensä	**5 004**	**4 794**	**-4,2 %**	**1 058**	**1 014**	**-4,2 %**	**137 853**	**132 048**	**-4,2 %**	**2 820**	**2 702**	**-4,2 %**	**493**	**472**	**-4,2 %**
Tuonti	2 182	2 001	-8,3 %	463	424	-8,3 %	60 058	55 077	-8,3 %	1 226	1 125	-8,3 %	215	197	-8,3 %
Vienti	2 822	2 792	-1,1 %	596	589	-1,1 %	77 795	76 971	-1,1 %	1 594	1 578	-1,0 %	278	275	-1,1 %
Yhteensä	**5 004**	**4 794**	**-4,2 %**	**1 058**	**1 014**	**-4,2 %**	**137 853**	**132 048**	**-4,2 %**	**2 820**	**2 702**	**-4,2 %**	**493**	**472**	**-4,2 %**

PÄÄSTÖT (tonnia/vuosi)	Typpioksiduuli (N_2O)			Rikkidioksidi (SO_2)			Hiilidioksidi (CO_2)			Hiilidioksidiekvivalentti (CO2-ekv.)		
	2011	2012	Muutos	2011	2012	Muutos	2011	2012	Muutos	2011	2012	Muutos
Merellä	163,9	157,0	-4,2 %	31 860	30 522	-4,2 %	5 864 360	5 618 198	-4,2 %	5 925 280	5 676 560	-4,2 %
Satamassa	3,8	3,6	-4,9 %	93	89	-4,9 %	148 663	141 431	-4,9 %	150 067	142 767	-4,9 %
Yhteensä	**167,6**	**160,6**	**-4,2 %**	**31 953**	**30 611**	**-4,2 %**	**6 013 023**	**5 759 629**	**-4,2 %**	**6 075 347**	**5 819 328**	**-4,2 %**
Tuonti	73,1	67,0	-8,3 %	13 864	12 715	-8,3 %	2 621 116	2 403 799	-8,3 %	2 648 273	2 428 705	-8,3 %
Vienti	94,6	93,6	-1,1 %	18 089	17 896	-1,1 %	3 391 907	3 355 830	-1,1 %	3 427 074	3 390 622	-1,1 %
Yhteensä	**167,6**	**160,6**	**-4,2 %**	**31 953**	**30 611**	**-4,2 %**	**6 013 023**	**5 759 629**	**-4,2 %**	**6 075 347**	**5 819 328**	**-4,2 %**

Taulukko 3. Kuljetetut lastit ja kuljetussuoritteet vuosina 2011 ja 2012.

	KULJETETTU LASTI (milj. tonnia/vuosi)			KULJETUSSUORITE (milj. tonnikm/vuosi)		
	2011	2012	Muutos	2011	2012	Muutos
Raakaöljyalus	10,6	10,6	0,0 %	5 716	6 098	6,7 %
Tuotetankkeri, lyhyt etäisyys	9,1	9,7	5,6 %	12 069	13 691	13,4 %
Tuotetankkeri, pitkä etäisyys	2,1	1,9	-8,0 %	20 085	20 173	0,4 %
Kemikaalialus	5,6	5,3	-4,9 %	16 879	14 189	-15,9 %
Bulkalus, lyhyt etäisyys	3,4	3,4	-2,5 %	5 739	7 956	38,6 %
Bulkalus, pitkä etäisyys	3,7	4,0	8,1 %	69 582	65 272	-6,2 %
Konttialus	7,5	7,6	1,6 %	15 551	17 208	10,7 %
Konttialus, paperi	1,8	2,0	7,7 %	3 858	4 240	9,9 %
Kuivalastialus, lyhyt etäisyys	25,4	22,2	-12,6 %	43 186	37 647	-12,8 %
Kuivalastialus, pitkä etäisyys	3,1	3,3	7,9 %	36 236	37 860	4,5 %
Roro lastialus	7,9	8,2	3,4 %	10 343	10 060	-2,7 %
Roro lastialus, paperi	6,1	5,3	-12,6 %	11 527	10 061	-12,7 %
Roro matkustaja-alus	8,3	7,3	-11,8 %	4 348	3 794	-12,7 %
Muu alus	4,0	2,6	-34,9 %	7 575	3 535	-53,3 %
Yhteensä	**98,5**	**93,2**	**-5,4 %**	**262 694**	**251 784**	**-4,2 %**
Tuonti	54,2	48,7	-10,2 %	99 204	88 646	**-10,6 %**
Vienti	44,3	44,5	0,5 %	163 491	163 139	**-0,2 %**
Yhteensä	**98,5**	**93,2**	**-5,4 %**	**262 694**	**251 784**	**-4,2 %**

Vuodesta 2011 vuoteen 2012 Suomen kansainvälisen meriliikenteen tavarakuljetuksista aiheutuneet päästöt muuttuivat eri alustyypeillä eri tavalla. Selvästi eniten vähenivät alustyypin muu alus (n. 52-53 %) päästöt. Keskimääräistä selvästi enemmän vähenivät myös kemikaalialusten (n. 14-15 %), lyhyen etäisyyden kuivalastialusten (n. 13 %), paperinkuljetus-roro -lastialusten (n. 13 %) ja roro -matkustaja-alusten (n. 13 %) päästöt. Eniten kasvoivat lyhyen etäisyyden bulkalusten (n. 36-38 %), lyhyen etäisyyden tuotetankkereiden (n. 13 %) ja konttialusten (n. 10 %) päästöt. Päästömäärien erilaiset muutokset eri alustyypeillä johtuu erilaisista kuljetussuoritteen muutoksista alustyypeillä. (Taulukko 4 ja Taulukko 3)

Taulukko 4. Päästöt alustyypeittäin ja päästökomponenteittain vuosina 2011 ja 2012.

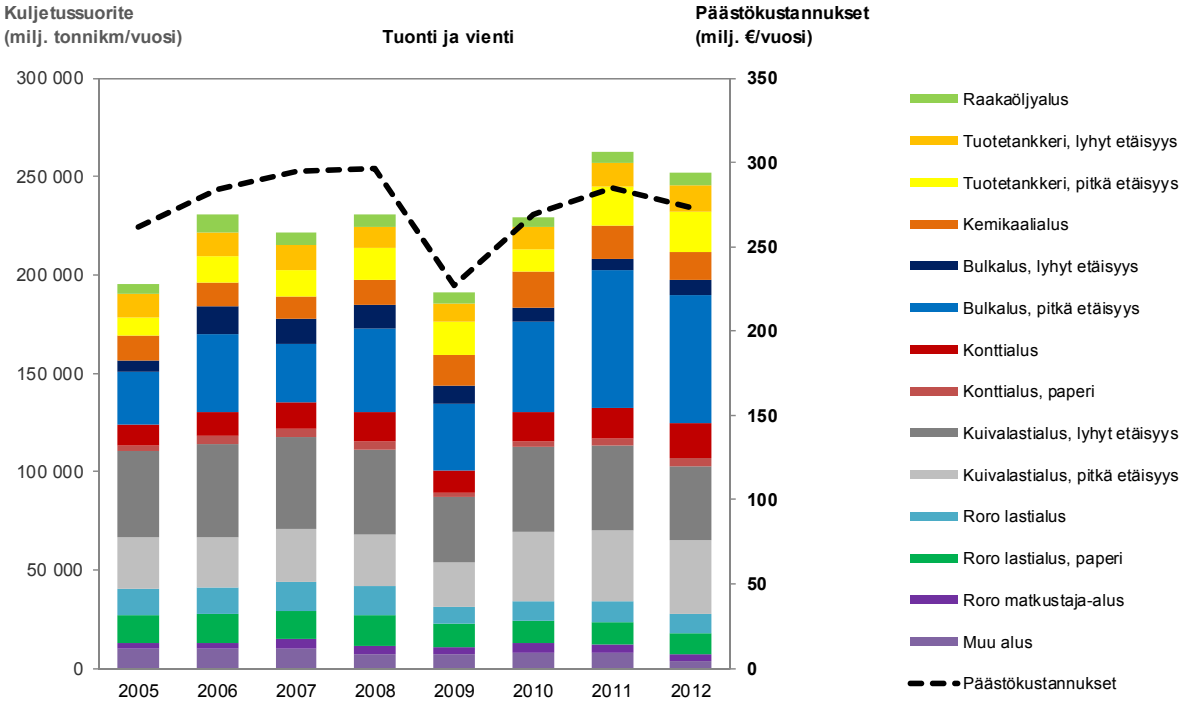
PÄÄSTÖT ALUSTYYPEITTÄIN (tonnia/vuosi) Merellä ja satamassa yhteensä	Hiilimonoksidi (CO)			Hiilivedyt (HC)			Typen oksidit (NO_x)			Hiukkaset (PM)			Metaani (CH_4)		
	2011	2012	Muutos	2011	2012	Muutos	2011	2012	Muutos	2011	2012	Muutos	2011	2012	Muutos
Raakaöljyalus	28	29	5,4 %	6	6	5,4 %	762	804	5,5 %	17	17	5,2 %	3	3	5,5 %
Tuotetankkeri, lyhyt etäisyys	141	159	13,0 %	30	34	12,9 %	3 857	4 362	13,1 %	84	94	12,7 %	14	16	13,1 %
Tuotetankkeri, pitkä etäisyys	157	158	0,3 %	33	33	0,3 %	4 347	4 363	0,4 %	91	91	0,3 %	16	16	0,4 %
Kemikaalialus	258	221	-14,6 %	58	50	-13,9 %	7 015	5 977	-14,8 %	135	114	-15,5 %	25	21	-14,8 %
Bulkalus, lyhyt etäisyys	56	76	36,9 %	12	16	35,9 %	1 532	2 102	37,2 %	31	43	38,1 %	5	8	37,1 %
Bulkalus, pitkä etäisyys	423	397	-6,1 %	88	83	-6,1 %	11 698	10 982	-6,1 %	241	226	-6,2 %	42	39	-6,1 %
Konttialus	536	591	10,4 %	114	125	10,2 %	14 757	16 294	10,4 %	300	331	10,6 %	53	58	10,4 %
Konttialus, paperi	88	96	9,8 %	19	21	9,8 %	2 416	2 654	9,8 %	49	54	9,9 %	9	9	9,8 %
Kuivalastialus, lyhyt etäisyys	907	790	-12,8 %	192	167	-12,8 %	25 000	21 795	-12,8 %	509	444	-12,8 %	89	78	-12,8 %
Kuivalastialus, pitkä etäisyys	582	608	4,5 %	122	127	4,5 %	16 113	16 838	4,5 %	332	347	4,5 %	58	60	4,5 %
Roro lastialus	990	963	-2,7 %	208	202	-2,6 %	27 285	26 553	-2,7 %	561	546	-2,7 %	98	95	-2,7 %
Roro lastialus, paperi	350	306	-12,7 %	73	64	-12,7 %	9 670	8 440	-12,7 %	199	174	-12,7 %	35	30	-12,7 %
Roro matkustaja-alus	415	362	-12,7 %	88	77	-12,7 %	11 362	9 917	-12,7 %	232	202	-12,7 %	41	36	-12,7 %
Muu alus	74	35	-52,4 %	16	8	-51,9 %	2 039	968	-52,5 %	41	19	-53,1 %	7	3	-52,5 %
Yhteensä	**5 004**	**4 794**	**-4,2 %**	**1 058**	**1 014**	**-4,2 %**	**137 853**	**132 048**	**-4,2 %**	**2 820**	**2 702**	**-4,2 %**	**493**	**472**	**-4,2 %**

PÄÄSTÖT ALUSTYYPEITTÄIN (tonnia/vuosi) Merellä ja satamassa yhteensä	Typpioksiduuli (N_2O)			Rikkidioksidi (SO_2)			Hiilidioksidi (CO_2)			Hiilidioksidiekvivalentti (CO2-ekv.)		
	2011	2012	Muutos	2011	2012	Muutos	2011	2012	Muutos	2011	2012	Muutos
Raakaöljyalus	0,9	1,0	5,5 %	152	162	6,5 %	33 226	35 047	5,5 %	33 570	35 410	5,5 %
Tuotetankkeri, lyhyt etäisyys	4,7	5,3	13,1 %	878	995	13,4 %	168 325	190 341	13,1 %	170 064	192 307	13,1 %
Tuotetankkeri, pitkä etäisyys	5,3	5,3	0,4 %	1 019	1 024	0,4 %	189 117	189 803	0,4 %	191 079	191 773	0,4 %
Kemikaalialus	8,5	7,3	-14,8 %	1 507	1 270	-15,8 %	308 315	263 023	-14,7 %	311 485	265 724	-14,7 %
Bulkalus, lyhyt etäisyys	1,9	2,6	37,1 %	351	485	38,4 %	66 865	91 608	37,0 %	67 557	92 557	37,0 %
Bulkalus, pitkä etäisyys	14,2	13,3	-6,1 %	2 751	2 581	-6,2 %	508 822	477 712	-6,1 %	514 105	482 671	-6,1 %
Konttialus	17,9	19,8	10,4 %	3 405	3 766	10,6 %	643 344	710 197	10,4 %	650 010	717 556	10,4 %
Konttialus, paperi	2,9	3,2	9,8 %	554	609	9,9 %	105 404	115 758	9,8 %	106 495	116 957	9,8 %
Kuivalastialus, lyhyt etäisyys	30,4	26,5	-12,8 %	5 788	5 046	-12,8 %	1 089 437	949 787	-12,8 %	1 100 729	959 631	-12,8 %
Kuivalastialus, pitkä etäisyys	19,6	20,5	4,5 %	3 792	3 962	4,5 %	700 804	732 313	4,5 %	708 081	739 917	4,5 %
Roro lastialus	33,2	32,3	-2,7 %	6 394	6 219	-2,7 %	1 190 371	1 158 699	-2,7 %	1 202 723	1 170 721	-2,7 %
Roro lastialus, paperi	11,8	10,3	-12,7 %	2 269	1 981	-12,7 %	421 597	367 968	-12,7 %	425 973	371 787	-12,7 %
Roro matkustaja-alus	13,9	12,1	-12,7 %	2 631	2 296	-12,7 %	498 360	435 033	-12,7 %	503 522	439 539	-12,7 %
Muu alus	2,5	1,2	-52,5 %	463	217	-53,2 %	89 035	42 339	-52,4 %	89 956	42 776	-52,4 %
Yhteensä	**167,6**	**160,6**	**-4,2 %**	**31 953**	**30 611**	**-4,2 %**	**6 013 023**	**5 759 629**	**-4,2 %**	**6 075 347**	**5 819 328**	**-4,2 %**

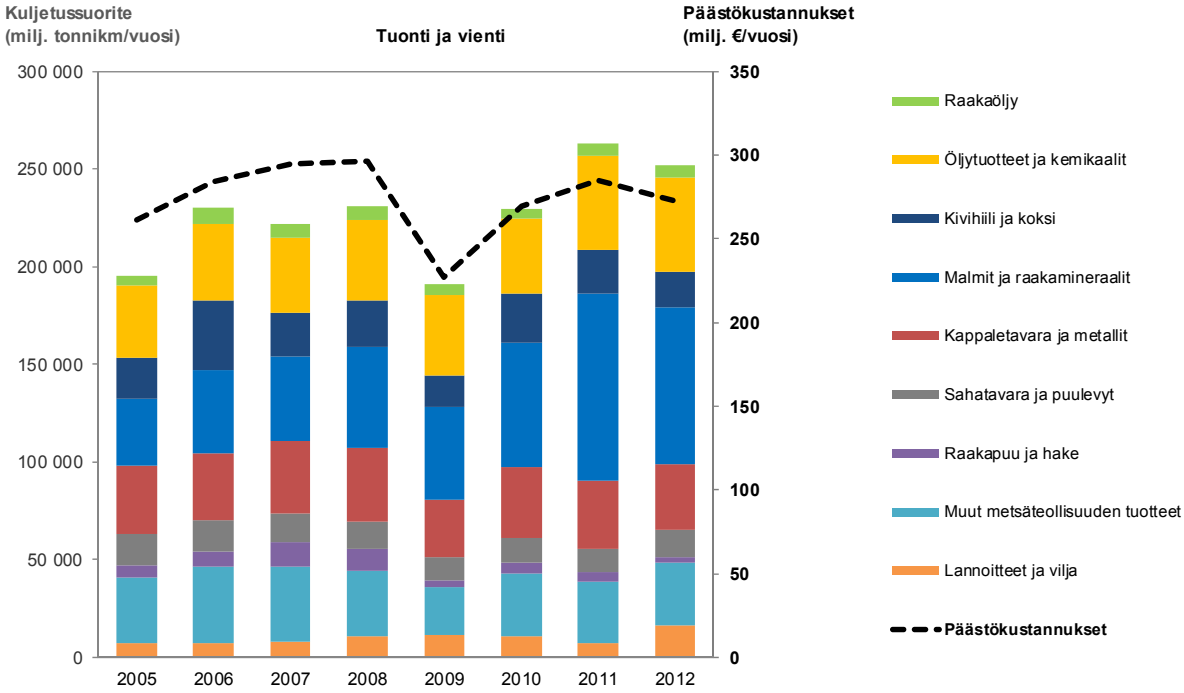
3.2 Päästökustannukset

Kokonaispäästömallilla lasketut päästökustannukset on laskettu Liikenneviraston Liikenteen päästökustannukset, Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 23/2012 -julkaisussa esitettyjen päästökomponenttikohtaisten yksikkökustannusten perusteella. Julkaisussa yksikköarvot on määritetty hiilivety-, typen oksidi-, hiukkas-, metaani-, typen oksidi-, rikkidioksidi ja hiilidioksidipäästöille. Sekä yksikkökustannukset että mallin laskemat päästökustannukset ovat vuoden 2010 hintatasossa.

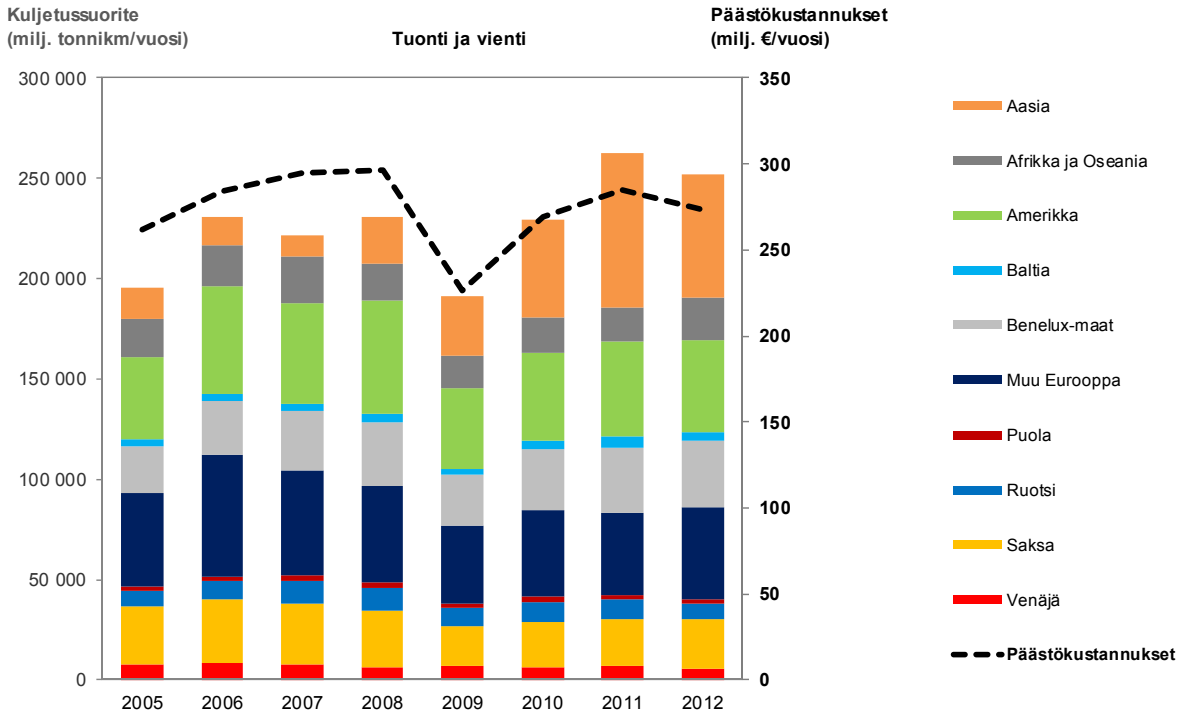
Suomen kansainvälisen meriliikenteen tavarakuljetuksista aiheutuvat päästökustannukset ovat vaihdelleet vuosina 2005-2012 noin 227 miljoonasta eurosta noin 295 miljoonaan euroon. Päästökustannuksista selvästi suurin osa, lähes 80 % johtuu hiilidioksidipäästöistä, koska hiilidioksidipäästöjen määrä on selvästi suurin kaikista päästökomponenteista. Päästökustannusten kehitys noudattelee suunnilleen kuljetetun lastin määrän kehitystä. (Kuva 15, Kuva 16, Kuva 17 ja Taulukko 4)



Kuva 15. Päästökustannukset vuosina 2005-2012. Kuljetussuoritteen jakauma on esitetty alustyypeittäin.



Kuva 16. Päästökustannukset vuosina 2005-2012. Kuljetussuoritteen jakauma on esitetty tavaralajeittain.



Kuva 17. Päästökustannukset vuosina 2005-2012. Kuljetussuoritteen jakauma on esitetty liikennealueittain.

Vuodesta 2011 vuoteen 2012 Suomen kansainvälisen meriliikenteen tavarakuljetusten päästökustannukset vähenivät noin 4 % eli saman verran kuin päästöt vähenivät samalla ajanjaksolla. Vuonna 2011 päästökustannukset olivat yhteensä noin 285 miljoonaa euroa ja vuonna 2012 noin 273 miljoonaa euroa. (Taulukko 5)

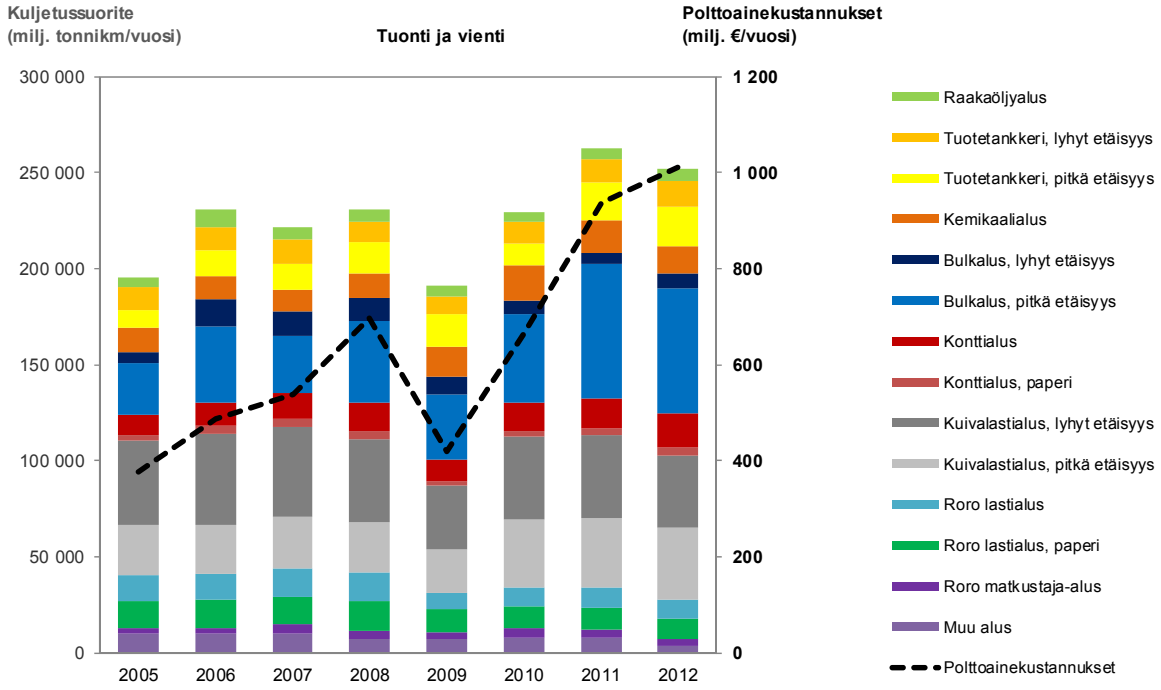
Taulukko 5. Päästökustannukset päästökomponenteittain vuosina 2011 ja 2012.

PÄÄSTÖKUSTANNUKSET (milj. €/vuosi)	Hiilivedyt (HC)			Typen oksidit (NO_x)			Hiukkaset (PM)			Metaani (CH_4)		
	2011	2012	Muutos	2011	2012	Muutos	2011	2012	Muutos	2011	2012	Muutos
Merellä	0,031	0,029	-4,2 %	38,27	36,66	-4,2 %	8,46	8,10	-4,2 %	0,38	0,36	-4,2 %
Satamassa	0,001	0,001	-5,0 %	0,83	0,79	-4,8 %	0,20	0,20	-2,5 %	0,01	0,01	-4,9 %
Yhteensä	**0,032**	**0,031**	**-4,2 %**	**39,11**	**37,45**	**-4,2 %**	**8,66**	**8,30**	**-4,2 %**	**0,39**	**0,37**	**-4,2 %**
Tuonti	0,014	0,013	-8,3 %	17,03	15,62	-8,3 %	3,77	3,46	-8,2 %	0,17	0,15	-8,3 %
Vienti	0,018	0,018	-1,1 %	22,07	21,84	-1,1 %	4,89	4,84	-1,0 %	0,22	0,22	-1,1 %
Yhteensä	**0,032**	**0,031**	**-4,2 %**	**39,11**	**37,45**	**-4,2 %**	**8,66**	**8,30**	**-4,2 %**	**0,39**	**0,37**	**-4,2 %**

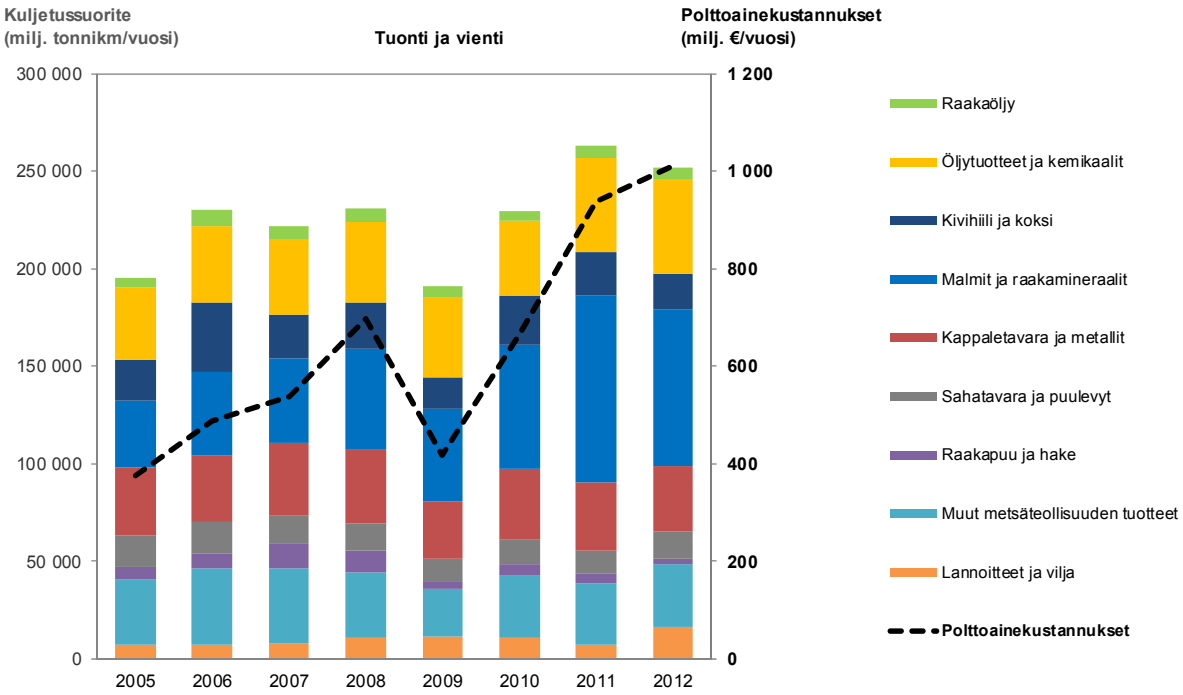
PÄÄSTÖKUSTANNUKSET (milj. €/vuosi)	Typpioksiduuli (N_2O)			Rikkidioksidi (SO_2)			Hiilidioksidi (CO_2)			Kaikki päästökomponentit yhteensä		
	2011	2012	Muutos	2011	2012	Muutos	2011	2012	Muutos	2011	2012	Muutos
Merellä	1,89	1,81	-4,2 %	11,06	10,59	-4,2 %	218,31	209,10	-4,2 %	278,40	266,66	-4,2 %
Satamassa	0,04	0,04	-4,9 %	0,03	0,03	-4,9 %	5,50	5,23	-4,9 %	6,62	6,30	-4,8 %
Yhteensä	**1,93**	**1,85**	**-4,2 %**	**11,09**	**10,62**	**-4,2 %**	**223,81**	**214,34**	**-4,2 %**	**285,02**	**272,96**	**-4,2 %**
Tuonti	0,84	0,77	-8,3 %	4,81	4,41	-8,3 %	97,53	89,43	-8,3 %	124,17	113,86	-8,3 %
Vienti	1,09	1,08	-1,1 %	6,28	6,21	-1,1 %	126,28	124,91	-1,1 %	160,85	159,10	-1,1 %
Yhteensä	**1,93**	**1,85**	**-4,2 %**	**11,09**	**10,62**	**-4,2 %**	**223,81**	**214,34**	**-4,2 %**	**285,02**	**272,96**	**-4,2 %**

3.3 Polttoainekustannukset

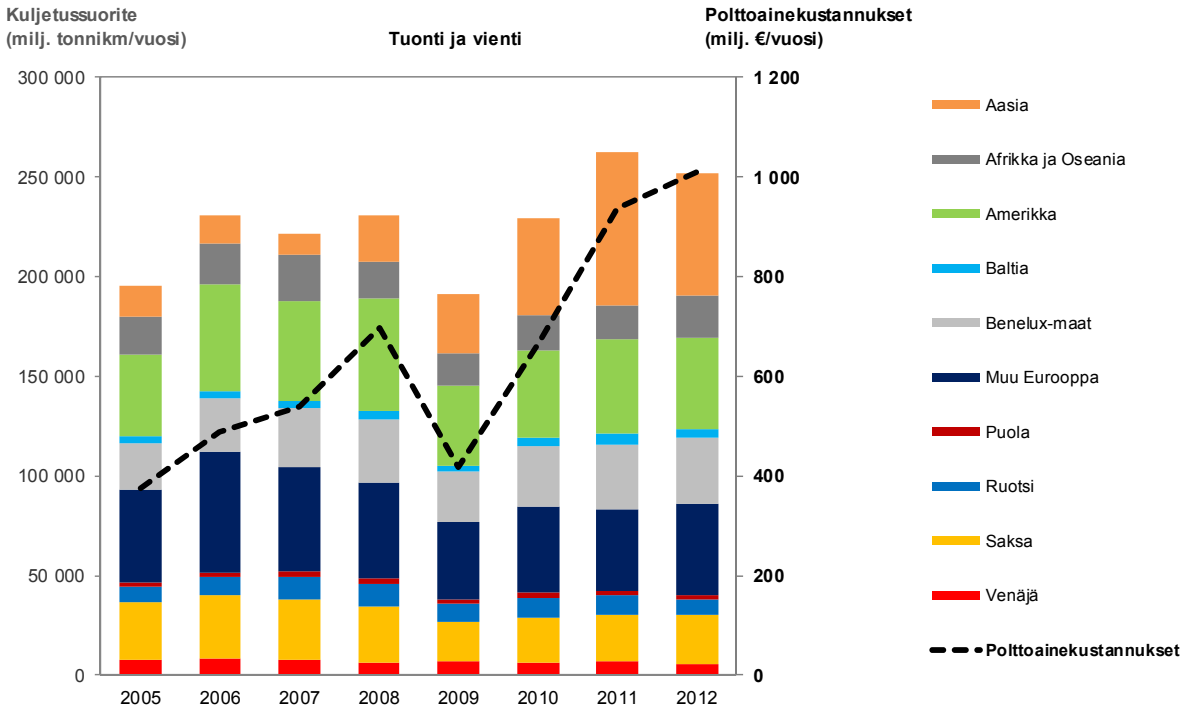
Suomen kansainvälisen meriliikenteen tavarakuljetusten polttoainekustannukset ovat vaihdelleet vuosina 2005-2012 noin 374 miljoonasta eurosta noin 1 010 miljoonaan euroon. Kuljetetun lastin määrän, kuljetussuoritteen ja alustyypin lisäksi polttoaine-kustannuksiin vaikuttavat polttoaineiden hintojen vaihtelut. Polttoaineen hinta on noussut viime vuosina jyrkästi. Kokonaispäästömallissa polttoaineiden hintoina on käytetty kunkin vuoden keskihintoja Rotterdamin satamassa. (Kuva 18, Kuva 19 ja Kuva 20)



Kuva 18. Polttoainekustannukset vuosina 2005-2012. Kuljetussuoritteen jakauma on esitetty alustyypeittäin.



Kuva 19. Polttoainekustannukset vuosina 2005-2012. Kuljetussuoritteen jakauma on esitetty tavaralajeittain.



Kuva 20. Polttoainekustannukset vuosina 2005-2012. Kuljetussuoritteen jakauma on esitetty liikennealueittain.

Vuonna 2012 Suomen kansainvälisen meriliikenteen tavarakuljetusten polttoainekustannukset olivat yhteensä noin 1 010 miljoonaa euroa, josta raskaan polttoöljyn osuus oli noin 810 miljoona euroa ja kevyen polttoöljyn osuus noin 200 miljoonaa euroa. Laskelmissa raskaan polttoöljyn hintana on käytetty 527 euroa/polttoainetonni ja kevyen polttoöljyn hintana 738 euroa/polttoainetonni. (Taulukko 6)

Taulukko 6. Polttoainekustannukset vuonna 2012.

	Polttoainekustannukset (miljoonaa €/vuosi)		
	Raskas polttoöljy (HFO)	Kevyt polttoöljy (MDO/GO)	Yhteensä
Tuonti	338	84	422
Vienti	472	117	589
Yhteensä	810	200	1 010

4 Skenaariot

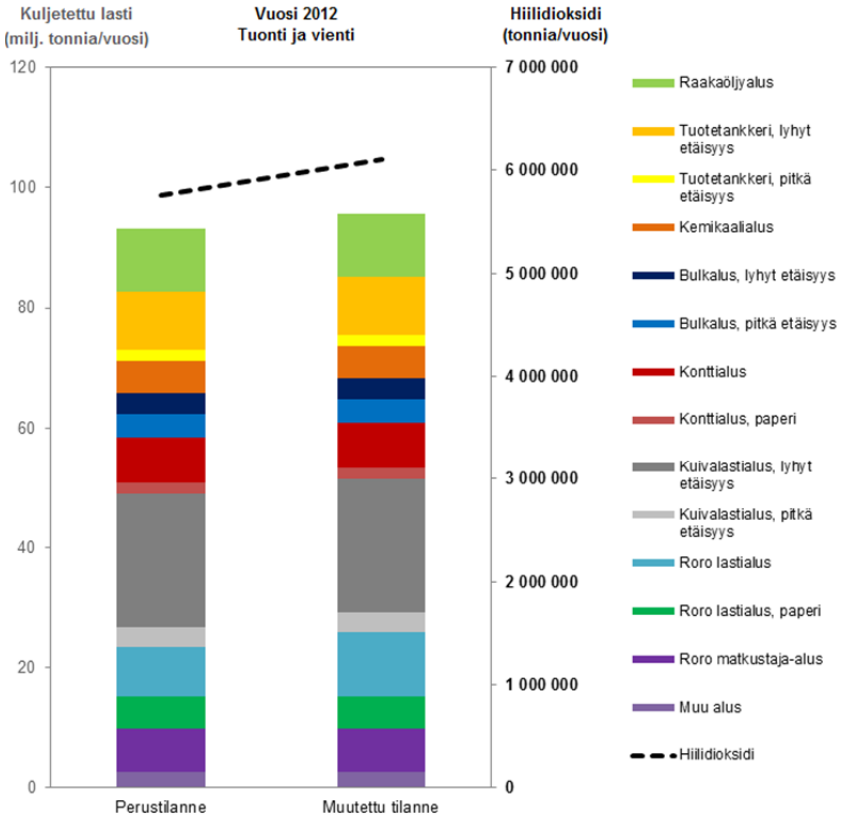
4.1 Kokonaispäästömallilla tehdyt skenaariot

Kokonaispäästömallilla voidaan tehdä valitun vuoden (2005-2012) liikennemäärään perustuen skenaarioita muuttamalla kuljetetun lastin määrää alustyypeittäin, tavaralajeittain ja liikennealueittain. Muuttaa voi myös alusten kokoa ja nopeutta sekä polttoaineiden hintaa ja rikkipitoisuutta.

Seuraavana on esitetty muutamia kokonaispäästömallilla tehtyjä esimerkkiskenaarioita. Luvussa 4.1 esitetyt skenaariot on tehty vuoden 2012 kokonaisliikenteellä.

Skenaarioesimerkki: roro -lastialuksilla kuljetetun lastin määrän lisääntymisen vaikutus hiilidioksidipäästöihin

Esimerkissä roro -lastialusten vuonna 2012 kuljettaman lastin määrää on lisätty 30 % eli noin 2,5 miljoonaa tonnia. Skenaariotilanteessa roro -lastialusten noin 2,5 miljoonan tonnin lastin määrän lisääntyminen lisää vuonna 2012 kuljetetun lastin kokonaismäärää noin 2,6 %, mutta vuotuiset kokonaishiilidioksidipäästöt kasvavat jopa noin 6 %. (Kuva 21) Tämä johtuu roro -lastialusten suuremmasta polttoaineen kulutuksesta verrattuna muihin alustyyppeihin. Se taas johtuu siitä, että roro -alukset ajavat suuremmalla keskinopeudella. (Taulukko 1)



KULJETETTU LASTI (milj. tonnia/vuosi)

	Perus-tilanne	Muutettu tilanne: Muuta määrää	Muutettu tilanne
Raakaöljyalus	10,56	0 %	10,56
Tuotetankkeri, lyhyt etäisyys	9,66	0 %	9,66
Tuotetankkeri, pitkä etäisyys	1,89	0 %	1,89
Kemikaalialus	5,35	0 %	5,35
Bulkalus, lyhyt etäisyys	3,36	0 %	3,36
Bulkalus, pitkä etäisyys	3,98	0 %	3,98
Konttialus	7,58	0 %	7,58
Konttialus, paperi	1,97	0 %	1,97
Kuivalastialus, lyhyt etäisyys	22,21	0 %	22,21
Kuivalastialus, pitkä etäisyys	3,29	0 %	3,29
Roro lastialus	8,16	30 %	10,60
Roro lastialus, paperi	5,31	0 %	5,31
Roro matkustaja-alus	7,30	0 %	7,30
Muu alus	2,61	0 %	2,61
Kuljetettu lasti yhteensä	93,23	2,62 %	95,67

PÄÄSTÖT (tonnia/vuosi)

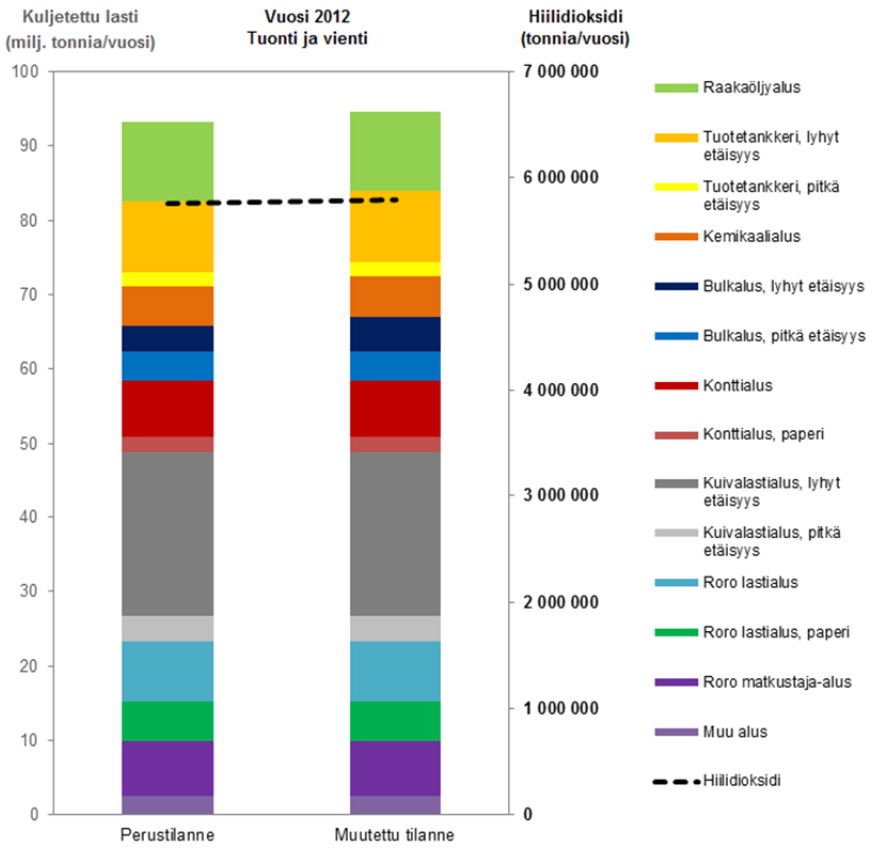
	Perus-tilanne	Muutettu tilanne	Muutos
Hiilidioksidi	5 759 629	6 107 238	6,04 %

Kuva 21. Skenaarioesimerkki: roro -lastialuksilla kuljetetun lastin määrän lisääntymisen vaikutus hiilidioksidipäästöihin.

Skenaarioesimerkki: lyhyen etäisyyden bulkaluksilla kuljetetun lastin määrän lisääntymisen vaikutus hiilidioksidipäästöihin

Esimerkissä lyhyen etäisyyden bulkalusten vuonna 2012 kuljettaman lastin määrää on lisätty 40 % eli noin 1,3 miljoonaa tonnia. Skenaariotilanteessa lyhyen etäisyyden bulkalusten noin 1,3 miljoonan tonnin lastin määrän lisääntyminen lisää vuonna 2012 kuljetetun lastin kokonaismäärää noin 1,4 %, mutta vuotuiset kokonaishiilidioksidipäästöt kasvavat vain noin 0,6 %. (Kuva 22)

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



KULJETTU LASTI (milj. tonnia/vuosi)

	Perus-tilanne	Muutettu tilanne Muuta määrää	
Raakaöljyalus	10,56	0 %	10,56
Tuotetankkeri, lyhyt etäisyys	9,66	0 %	9,66
Tuotetankkeri, pitkä etäisyys	1,89	0 %	1,89
Kemikaalialus	5,35	0 %	5,35
Bulkalus, lyhyt etäisyys	3,36	40 %	4,70
Bulkalus, pitkä etäisyys	3,98	0 %	3,98
Konttialus	7,58	0 %	7,58
Konttialus, paperi	1,97	0 %	1,97
Kuivalastialus, lyhyt etäisyys	22,21	0 %	22,21
Kuivalastialus, pitkä etäisyys	3,29	0 %	3,29
Roro lastialus	8,16	0 %	8,16
Roro lastialus, paperi	5,31	0 %	5,31
Roro matkustaja-alus	7,30	0 %	7,30
Muu alus	2,61	0 %	2,61
Kuljetettu lasti yhteensä	93,23	1,44 %	94,57

PÄÄSTÖT (tonnia/vuosi)

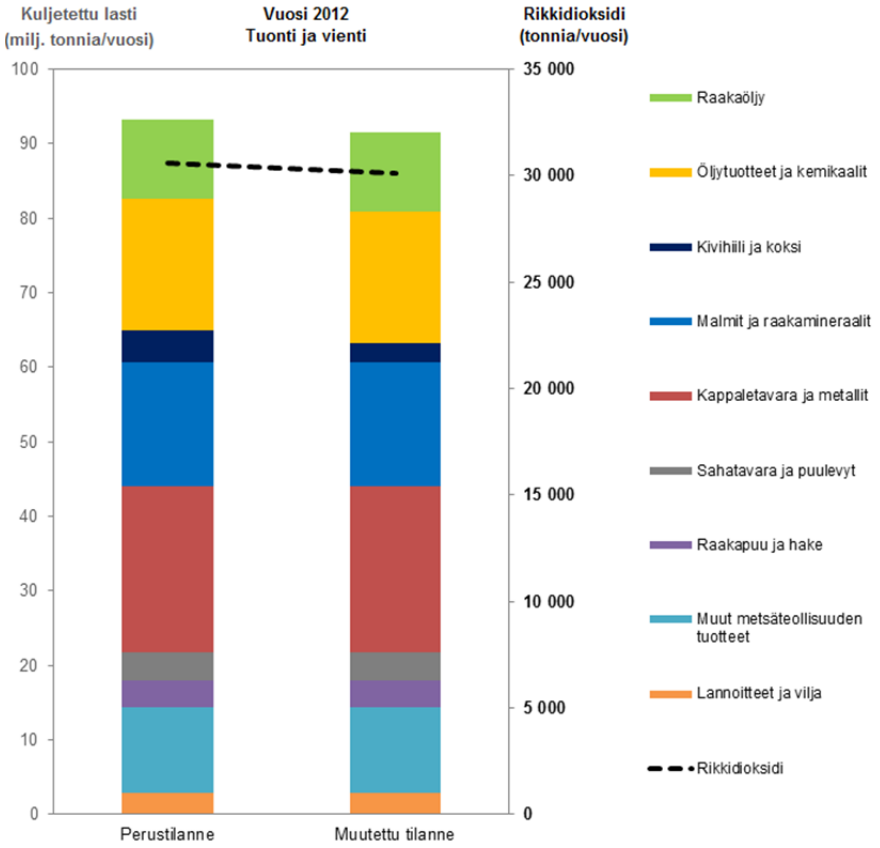
	Perus-tilanne	Muutettu tilanne	Muutos
Hiilidioksidi	5 759 629	5 796 272	0,64 %

Kuva 22. Skenaarioesimerkki: lyhyen etäisyyden bulkaluksilla kuljetetun lastin määrän lisääntymisen vaikutus hiilidioksidipäästöihin.

Skenaarioesimerkki: kivihiilen ja koksin kuljetusmäärän vähenemisen vaikutus rikkidioksidipäästöihin

Esimerkissä kivihiilen ja koksin vuonna 2012 kuljetettua määrää on vähennetty 40 % eli noin 1,8 miljoonaa tonnia. Skenaariotilanteessa noin 1,8 miljoonan tonnin kivihiilen ja koksin kuljetusmäärän väheneminen vähentää vuonna 2012 kuljetetun lastin kokonaismäärää noin 1,9 %, mutta vuotuiset kokonaisrikkidioksidipäästöt vähenevät vain noin 1,6 %. (Kuva 23).

Lähes kaikki kivihiili ja koksi kuljetettiin kolmella alustyypillä: bulkaluksilla (osuus n. 37 %), kuivalastialuksilla (n. 54 %) ja muilla aluksilla (n. 9 %). Kaikkien kolmen alustyypin polttoaineen kulutus verrattuna muihin alustyyppeihin on pieni (Taulukko 1), mikä selittää suhteellisen pientä kokonaisrikkidioksidipäästöjen vähenemistä.



KULJETETTU LASTI (milj. tonnia/vuosi)

	Perus-tilanne	Muutettu tilanne: Muuta määrää	Muutettu tilanne
Raakaöljy	10,56	0 %	10,56
Öljytuotteet ja kemikaalit	17,65	0 %	17,65
Kivihiili ja koksi	4,38	-40 %	2,63
Malmit ja raakamineraalit	16,52	0 %	16,52
Kappaletavara ja metallit	22,37	0 %	22,37
Sahatavara ja puulevyt	3,80	0 %	3,80
Raakapuu ja hake	3,55	0 %	3,55
Muut metsäteollisuuden tuotteet	11,41	0 %	11,41
Lannoitteet ja vilja	2,98	0 %	2,98
Kuljetettu lasti yhteensä	93,23	-1,88 %	91,48

PÄÄSTÖT (tonnia/vuosi)

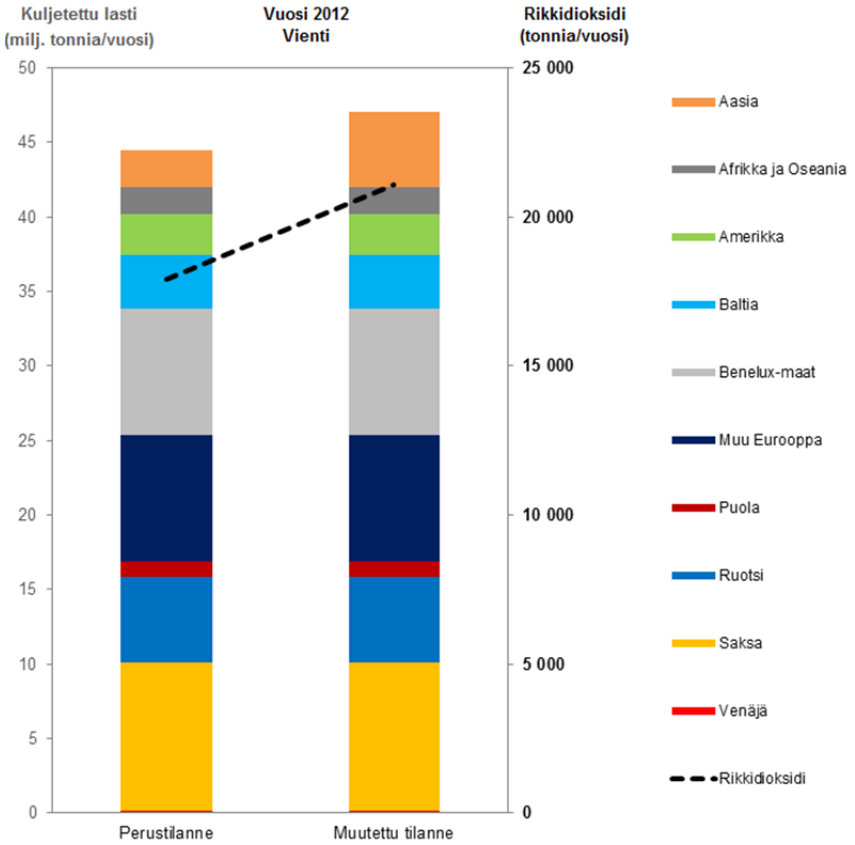
	Perus-tilanne	Muutettu tilanne	Muutos
Rikkidioksidi	30 611	30 116	-1,62 %

Kuva 23. Skenaarioesimerkki: kivihiilen ja koksin kuljetusmäärän vähenemisen vaikutus rikkidioksidipäästöihin.

Skenaarioesimerkki: Aasian viennin kuljetusmäärän lisääntymisen vaikutus rikkidioksidipäästöihin

Esimerkissä Suomesta Aasiaan vuonna 2012 viedyn lastin määrä on kaksinkertaistettu eli määrää on lisätty noin 2,6 miljoonaa tonnia. Skenaariotilanteessa noin 2,6 miljoonan tonnin Aasian viennin lisääntyminen lisää vuonna 2012 kuljetetun lastin kokonaismäärää noin 5,8 %, mutta vuotuiset kokonaisrikkidioksidipäästöt kasvavat jopa noin 17,8 %. (Kuva 24)

Suuri kokonaisrikkidioksidipäästöjen lisääntyminen johtuu pitkästä etäisyydestä Suomen ja Aasian välillä. Lähes kaikki Suomen ja Aasian välillä kuljetettu lasti kuljetettiin pitkän etäisyyden bulkaluksilla (n. 42 %) ja pitkän etäisyyden kuivalastialuksilla (n. 56 %).



KULJETETTU LASTI (milj. tonnia/vuosi)

	Perus-tilanne	Muutettu tilanne: Muuta määrää	Muutettu tilanne
Aasia	2,56	100 %	5,13
Afrikka ja Oseania	1,73	0 %	1,73
Amerikka	2,80	0 %	2,80
Baltia	3,53	0 %	3,53
Benelux-maat	8,50	0 %	8,50
Muu Eurooppa	8,53	0 %	8,53
Puola	1,01	0 %	1,01
Ruotsi	5,73	0 %	5,73
Saksa	9,92	0 %	9,92
Venäjä	0,19	0 %	0,19
Kuljetettu lasti yhteensä	44,52	5,76 %	47,08

PÄÄSTÖT (tonnia/vuosi)

	Perus-tilanne	Muutettu tilanne	Muutos
Rikkidioksidi	17 896	21 086	17,83 %

Kuva 24. Skenaarioesimerkki: Aasian viennin kuljetusmäärän lisääntymisen vaikutus rikkidioksidipäästöihin.

Skenaarioesimerkki: alusten nopeuden pienentämisen vaikutus päästöihin

Esimerkissä on vuonna 2012 kaikkien alustyyppien nopeuksia pienennetty 10 %, jolloin vuotuiset päästöt vähenevät noin 18-19 %. (Taulukko 7)

Taulukko 7. Skenaarioesimerkki: alusten nopeuden pienentämisen 10 %:lla vaikutus päästöihin.

PÄÄSTÖT (tonnia/vuosi)	Hiilimonoksidi (CO)			Hiilivedyt (HC)			Typen oksidit (NO_x)			Hiukkaset (PM)			Metaani (CH_4)		
	2012	2012	Muutos	2012	2012	Muutos	2012	2012	Muutos	2012	2012	Muutos	2012	2012	Muutos
Merellä	4 666	3 779	-19,0 %	972	787	-19,0 %	129 235	104 681	-19,0 %	2 671	2 164	-19,0 %	462	374	-19,0 %
Satamassa	128	128	0,0 %	42	42	0,0 %	2 813	2 813	0,0 %	31	31	0,0 %	11	11	0,0 %
Yhteensä	**4 794**	**3 907**	**-18,5 %**	**1 014**	**829**	**-18,2 %**	**132 048**	**107 494**	**-18,6 %**	**2 702**	**2 195**	**-18,8 %**	**472**	**385**	**-18,6 %**
Tuonti	2 001	1 633	-18,4 %	424	348	-18,1 %	55 077	44 885	-18,5 %	1 125	914	-18,7 %	197	161	-18,5 %
Vienti	2 792	2 274	-18,6 %	589	481	-18,3 %	76 971	62 609	-18,7 %	1 578	1 281	-18,8 %	275	224	-18,6 %
Yhteensä	**4 794**	**3 907**	**-18,5 %**	**1 014**	**829**	**-18,2 %**	**132 048**	**107 494**	**-18,6 %**	**2 702**	**2 195**	**-18,8 %**	**472**	**385**	**-18,6 %**

PÄÄSTÖT (tonnia/vuosi)	Typpioksiduuli (N_2O)			Rikkidioksidi (SO_2)			Hiilidioksidi (CO_2)			Hiilidioksidiekvivalentti (CO2-ekv.)		
	2012	2012	Muutos	2012	2012	Muutos	2012	2012	Muutos	2012	2012	Muutos
Merellä	157,0	127,2	-19,0 %	30 522	24 723	-19,0 %	5 618 198	4 550 740	-19,0 %	5 676 560	4 598 014	-19,0 %
Satamassa	3,6	3,6	0,0 %	89	89	0,0 %	141 431	141 431	0,0 %	142 767	142 767	0,0 %
Yhteensä	**160,6**	**130,8**	**-18,6 %**	**30 611**	**24 812**	**-18,9 %**	**5 759 629**	**4 692 171**	**-18,5 %**	**5 819 328**	**4 740 781**	**-18,5 %**
Tuonti	67,0	54,6	-18,5 %	12 715	10 308	-18,9 %	2 403 799	1 960 691	-18,4 %	2 428 705	1 980 994	-18,4 %
Vienti	93,6	76,1	-18,6 %	17 896	14 504	-19,0 %	3 355 830	2 731 480	-18,6 %	3 390 622	2 759 787	-18,6 %
Yhteensä	**160,6**	**130,8**	**-18,6 %**	**30 611**	**24 812**	**-18,9 %**	**5 759 629**	**4 692 171**	**-18,5 %**	**5 819 328**	**4 740 781**	**-18,5 %**

Skenaarioesimerkki: alusten koon suurentamisen vaikutus päästöihin

Esimerkissä on vuonna 2012 kaikkien alustyyppien keskikokoja suurennettu 10 %, jolloin vuotuiset päästöt ovat vähenevät noin 7 %. (Taulukko 8)

Taulukko 8. Skenaarioesimerkki: alusten koon suurentamisen 10 %:lla vaikutus päästöihin.

PÄÄSTÖT (tonnia/vuosi)	Hiilimonoksidi (CO)			Hiilivedyt (HC)			Typen oksidit (NO_x)			Hiukkaset (PM)			Metaani (CH_4)		
	2012	2012	Muutos	2012	2012	Muutos	2012	2012	Muutos	2012	2012	Muutos	2012	2012	Muutos
Merellä	4 666	4 333	-7,1 %	972	903	-7,1 %	129 235	120 020	-7,1 %	2 671	2 481	-7,1 %	462	429	-7,1 %
Satamassa	128	128	0,0 %	42	42	0,0 %	2 813	2 813	0,0 %	31	31	0,0 %	11	11	0,0 %
Yhteensä	**4 794**	**4 461**	**-6,9 %**	**1 014**	**944**	**-6,8 %**	**132 048**	**122 833**	**-7,0 %**	**2 702**	**2 512**	**-7,0 %**	**472**	**439**	**-7,0 %**
Tuonti	2 001	1 887	-5,7 %	424	400	-5,6 %	55 077	51 914	-5,7 %	1 125	1 059	-5,8 %	197	186	-5,7 %
Vienti	2 792	2 574	-7,8 %	589	544	-7,7 %	76 971	70 919	-7,9 %	1 578	1 452	-7,9 %	275	254	-7,9 %
Yhteensä	**4 794**	**4 461**	**-6,9 %**	**1 014**	**944**	**-6,8 %**	**132 048**	**122 833**	**-7,0 %**	**2 702**	**2 512**	**-7,0 %**	**472**	**439**	**-7,0 %**

PÄÄSTÖT (tonnia/vuosi)	Typpioksiduuli (N_2O)			Rikkidioksidi (SO_2)			Hiilidioksidi (CO_2)			Hiilidioksidiekvivalentti (CO2-ekv.)		
	2012	2012	Muutos	2012	2012	Muutos	2012	2012	Muutos	2012	2012	Muutos
Merellä	157,0	145,8	-7,1 %	30 522	28 346	-7,1 %	5 618 198	5 217 569	-7,1 %	5 676 560	5 271 770	-7,1 %
Satamassa	3,6	3,6	0,0 %	89	89	0,0 %	141 431	141 431	0,0 %	142 767	142 767	0,0 %
Yhteensä	**160,6**	**149,4**	**-7,0 %**	**30 611**	**28 434**	**-7,1 %**	**5 759 629**	**5 359 000**	**-7,0 %**	**5 819 328**	**5 414 537**	**-7,0 %**
Tuonti	67,0	63,2	-5,7 %	12 715	11 968	-5,9 %	2 403 799	2 266 280	-5,7 %	2 428 705	2 289 758	-5,7 %
Vienti	93,6	86,2	-7,9 %	17 896	16 467	-8,0 %	3 355 830	3 092 720	-7,8 %	3 390 622	3 124 780	-7,8 %
Yhteensä	**160,6**	**149,4**	**-7,0 %**	**30 611**	**28 434**	**-7,1 %**	**5 759 629**	**5 359 000**	**-7,0 %**	**5 819 328**	**5 414 537**	**-7,0 %**

Skenaarioesimerkki: polttoaineen rikkipitoisuuden pienentämisen vaikutus rikkidioksidipäästöihin, päästökustannuksiin ja polttoainekustannuksiin

Esimerkissä on alusten käyttämän polttoaineen rikkipitoisuutta pienennetty 1,0 %:sta 0,1 %:iin vuoden 2012 laivaliikenteessä, jolloin vuotuiset rikkidioksidipäästöt vähenevät noin 88 %. (Taulukko 9)

Taulukko 9. Skenaarioesimerkki: alusten käyttämän polttoaineen rikkipitoisuuden pienentämisen 1,0 %:sta 0,1 %:iin vaikutus rikkidioksidipäästöihin.

PÄÄSTÖT (tonnia/vuosi)	Rikkidioksidi (SO_2)		
	2012	2012	Muutos
Merellä	30 522	3 529	-88,4 %
Satamassa	89	89	0,0 %
Yhteensä	**30 611**	**3 617**	**-88,2 %**
Tuonti	12 715	1 510	-88,1 %
Vienti	17 896	2 108	-88,2 %
Yhteensä	**30 611**	**3 617**	**-88,2 %**

Myös rikkidioksidipäästöjen vuotuiset päästökustannukset vähenevät noin 88 % eli noin 9,36 miljoonaa euroa. Vuotuiset kokonaispäästökustannukset (ml. kaikki päästökomponentit) vähenevät tällöin 3,4 %. Vuonna 2012 rikkidioksidipäästöjen päästökustannukset olivat noin 10,62 miljoonaa euroa ja kokonaispäästökustannukset noin 272,96 miljoonaa euroa.

Vuotuiset polttoainekustannukset kasvavat noin 32 % eli noin 324 miljoonaa euroa 1 010 miljoonasta eurosta 1 335 miljoonaan euroon koko laivaliikenteen siirtyessä käyttämään vähärikkistä kevyttä polttoöljyä raskaan polttoöljyn sijaan.

Tässä ei ole varsinaisesti tarkasteltu ns. rikkidirektiivin laajempia vaikutuksia. Tällöin olisi huomioitava vaikutukset investointeihin eri liikenne- ja alustyyppeihin, 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, valitsemalla vapaasti kuljetettava matka ja lastin määrä sekä aluskäyntikohtaisesti valittujen satamaparien välillä.

Käyttöliittymästä riippuen päästövertailumallissa voidaan valita Suomen ja ulkomaan satamat, valita alustyyppi, muuttaa alustyypin kokoa ja lastin osuutta DWT:stä, syöttää oma lastimäärä, muuttaa polttoaineiden osuuksia ja rikkipitoisuuksia, syöttää polttoaineiden hinnat 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 2012 Kotkan ja Rotterdamin satamien välisessä liikenteessä. Kuljetus 2 -osassa alusten kokoa on suurennettu 20 %, jolloin vuotuiset päästöt vähenisivät 6-7 %. (Kuva 25)

KULJETUS 1

1) Valitse reitti

Valitse Suomen satama: HaminaKotka (FIHMN)

Valitse ulkomaan satama: Rotterdam (NLRTM)

Valitulla reitillä vuonna 2012 kuljetettu lasti alustyypeittäin (tonnia)

Raakaöljyalus	0	Konttialus	867 956	Roro lastialus, paperi	0
Tuotetankkeri	96 041	Konttialus, paperi	198 315	Roro matkustaja-alus	0
Kemikaalialus	423 928	Kuivalastialus	14 882	Muu alus	0
Bulkalus	0	Roro lastialus	0		

2) Valitse aluksen tyyppi, koko täyttöaste ja lastin määrä	Muuta aluksen kokoa		Aluksen koko (DWT)	Muuta lastin osuutta DWT:stä		Kuljetettu lasti (tonnia/v.)	Syötä oma lastimäärä (tonnia/v.)
Valitse alustyyppi: Konttialus	Suurenna / Pienennä	±0 %	12 000	Lisää / Vähennä	32 %	867 956	

3) Valitse ja syötä polttoainetiedot	Muuta polttoaineen osuutta		Muuta rikkipitoisuutta		Syötä hinta *	
Palauta oletus-tiedot / Return default values	Raskas polttoöljy (HFO)	Lisää / Vähennä 85 %	Lisää / Vähennä	1,0 %	527	€/tonni
	Kevyt polttoöljy (MDO/GO)	15 %	Lisää / Vähennä	0,1 %	738	€/tonni
			Keskimäärin	0,9 %	558,65	€/tonni

* Polttoaineen oletushintoina ovat keskihinnat Rotterdamin satamassa vuonna 2012. Polttoaineen vuoden keskihinnan vaihteluväli Rotterdamin satamassa oli vuosina 2005-2012: raskas polttoöljy 188-527 €/tonni, kevyt polttoöljy 377-738 €/tonni

4) Valitse aluksen keskimääräinen matkanopeus	Oletusnopeus	Muuta oletusnopeutta		Uusi nopeus
	19,0 solmua 35,2 km/h	Lisää / Vähennä	0,0 %	19,0 solmua 35,2 km/h

KULJETUS 2

1) Valitse reitti

Valitse Suomen satama: HaminaKotka (FIHMN)

Valitse ulkomaan satama: Rotterdam (NLRTM)

Valitulla reitillä vuonna 2012 kuljetettu lasti alustyypeittäin (tonnia)

Raakaöljyalus	0	Konttialus	867 956	Roro lastialus, paperi	0
Tuotetankkeri	96 041	Konttialus, paperi	198 315	Roro matkustaja-alus	0
Kemikaalialus	423 928	Kuivalastialus	14 882	Muu alus	0
Bulkalus	0	Roro lastialus	0		

2) Valitse aluksen tyyppi, koko täyttöaste ja lastin määrä	Muuta aluksen kokoa		Aluksen koko (DWT)	Muuta lastin osuutta DWT:stä		Kuljetettu lasti (tonnia/v.)	Syötä oma lastimäärä (tonnia/v.)
Valitse alustyyppi: Konttialus	Suurenna / Pienennä	+20 %	14 400	Lisää / Vähennä	32 %	867 956	

3) Valitse ja syötä polttoainetiedot	Muuta polttoaineen osuutta		Muuta rikkipitoisuutta		Syötä hinta *	
Palauta oletus-tiedot / Return default values	Raskas polttoöljy (HFO)	Lisää / Vähennä 85 %	Lisää / Vähennä	1,0 %	527	€/tonni
	Kevyt polttoöljy (MDO/GO)	15 %	Lisää / Vähennä	0,1 %	738	€/tonni
			Keskimäärin	0,9 %	558,65	€/tonni

* Polttoaineen oletushintoina ovat keskihinnat Rotterdamin satamassa vuonna 2012. Polttoaineen vuoden keskihinnan vaihteluväli Rotterdamin satamassa oli vuosina 2005-2012: raskas polttoöljy 188-527 €/tonni, kevyt polttoöljy 377-738 €/tonni

4) Valitse aluksen keskimääräinen matkanopeus	Oletusnopeus	Muuta oletusnopeutta		Uusi nopeus
	19,0 solmua 35,2 km/h	Lisää / Vähennä	0,0 %	19,0 solmua 35,2 km/h

TULOKSET

	Reitti- ja lastitiedot			Aluksen tiedot				Polttoainetiedot		Päästöt (tonnia/vuosi)									
	Pituus (km)	Kuljetettu lasti (tonnia/v.)	Suorite (milj. tonnikm/v.)	Tyyppi	Koko (DWT)	Lastin osuus DWT:stä	Keskimääräinen matkanopeus (solmua)	Kulutus (tonnia/v.)	Kustannus (milj. €/v.)	Hiilimonoksidi (CO)	Hiilivedyt (HC)	Typen oksidit (NOx)	Hiukkaset (PM)	Metaani (CH4)	Typpioksiduuli (N2O)	Rikkidioksidi (SO2)	Hiilidioksidi (CO2)	Hiilidioksidiekvivalentti (CO2-ekv.)
Kuljetus 1	2 238	867 956	1 942,6	Konttialus	12 000	32 %	19,0	25 187,1	14,071	66,76	14,15	1 840,11	37,41	6,58	2,24	425,20	80 206	81 037
Kuljetus 2	2 238	867 956	1 942,6	Konttialus	14 400	32 %	19,0	23 518,1	13,138	62,34	13,23	1 717,85	34,88	6,14	2,09	396,32	74 891	75 667
							Ero	-1 669,0	-0,932	-4,41	-0,92	-122,25	-2,53	-0,44	-0,15	-28,87	-5 315	-5 370
							Ero %	-7 %	-7 %	-7 %	-6 %	-7 %	-7 %	-7 %	-7 %	-7 %	-7 %	-7 %

PÄÄSTÖKUSTANNUKSET **

TULOKSET	Päästökustannukset (€)							
	Hiilivedyt (HC)	Typen oksidit (NOx)	Hiukkaset (PM)	Metaani (CH4)	Typpioksiduuli (N2O)	Rikkidioksidi (SO2)	Hiilidioksidi (CO2)	Yhteensä
Kuljetus 1	424,61	518 911	113 856	5 109	25 643	146 692	2 967 615	3 778 251
Kuljetus 2	397,03	484 435	106 235	4 770	23 939	136 731	2 770 971	3 527 479
Ero	-27,59	-34 476	-7 621	-339	-1 703	-9 961	-196 643	-250 772
Ero %	-6 %	-7 %	-7 %	-7 %	-7 %	-7 %	-7 %	-7 %

	Mallin käyttämät yksikkökustannukset (€/päästötonni)						
	Hiilivedyt (HC)	Typen oksidit (NOx)	Hiukkaset (PM)	Metaani (CH4)	Typpioksiduuli (N2O)	Rikkidioksidi (SO2)	Hiilidioksidi (CO2)
Satama	30	282	6 314	777	11 470	345	37
Väylä	30	282	3 016	777	11 470	345	37

** Vuoden 2010 hintataso

Kuva 25. 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 2012 HaminaKotkan ja Rotterdamin satamien välisessä liikenteessä. Kuljetus 2 -osassa aluksen nopeutta on pienennetty 10 %, jolloin vuotuiset päästöt vähenisivät päästökomponentista riippuen 15-19 %. (Kuva 26)

KULJETUS 1

1) Valitse reitti

Valitse Suomen satama: HaminaKotka (FIHMN)

Valitse ulkomaan satama: Rotterdam (NLRTM)

Valituilla reitillä vuonna 2012 kuljetettu lasti alustyypeittäin (tonnia)

Raakaöljyalus	0	Konttialus	867 956	Roro lastialus, paperi	0
Tuotetankkeri	96 041	Konttialus, paperi	198 315	Roro matkustaja-alus	0
Kemikaalialus	423 928	Kuivalastialus	14 882	Muu alus	0
Bulkalus	0	Roro lastialus	0		

2) Valitse aluksen tyyppi, koko täyttöaste ja lastin määrä	Muuta aluksen kokoa		Aluksen koko (DWT)	Muuta lastin osuutta DWT:stä		Kuljetettu lasti (tonnia/v.)	Syötä oma lastimäärä (tonnia/v.)
Valitse alustyyppi: Kemikaalialus	Suurenna / Pienennä	±0 %	8 000	Lisää / Vähennä	50 %	423 928	

3) Valitse ja syötä polttoainetiedot	Muuta polttoaineen osuutta		Muuta rikkipitoisuutta		Syötä hinta *	
Raskas polttoöljy (HFO)	Lisää / Vähennä	85 %	Lisää / Vähennä	1,0 %	527	€/tonni
Kevyt polttoöljy (MDO/GO)		15 %	Lisää / Vähennä	0,1 %	738	€/tonni
			Keskimäärin	0,9 %	558,65	€/tonni

Palauta oletus-tiedot / Return default values

* Polttoaineen oletushintoina ovat keskihinnat Rotterdamin satamassa vuonna 2012. Polttoaineen vuoden keskihinnan vaihteluväli Rotterdamin satamassa oli vuosina 2005-2012: raskas polttoöljy 188-527 €/tonni, kevyt polttoöljy 377-738 €/tonni

4) Valitse aluksen keskimääräinen matkanopeus	Oletusnopeus	Muuta oletusnopeutta		Uusi nopeus
	13,0 solmua 24,1 km/h	Lisää / Vähennä	0,0 %	13,0 solmua 24,1 km/h

KULJETUS 2

1) Valitse reitti

Valitse Suomen satama: HaminaKotka (FIHMN)

Valitse ulkomaan satama: Rotterdam (NLRTM)

Valituilla reitillä vuonna 2012 kuljetettu lasti alustyypeittäin (tonnia)

Raakaöljyalus	0	Konttialus	867 956	Roro lastialus, paperi	0
Tuotetankkeri	96 041	Konttialus, paperi	198 315	Roro matkustaja-alus	0
Kemikaalialus	423 928	Kuivalastialus	14 882	Muu alus	0
Bulkalus	0	Roro lastialus	0		

2) Valitse aluksen tyyppi, koko täyttöaste ja lastin määrä	Muuta aluksen kokoa		Aluksen koko (DWT)	Muuta lastin osuutta DWT:stä		Kuljetettu lasti (tonnia/v.)	Syötä oma lastimäärä (tonnia/v.)
Valitse alustyyppi: Kemikaalialus	Suurenna / Pienennä	±0 %	8 000	Lisää / Vähennä	50 %	423 928	

3) Valitse ja syötä polttoainetiedot	Muuta polttoaineen osuutta		Muuta rikkipitoisuutta		Syötä hinta *	
Raskas polttoöljy (HFO)	Lisää / Vähennä	85 %	Lisää / Vähennä	1,0 %	527	€/tonni
Kevyt polttoöljy (MDO/GO)		15 %	Lisää / Vähennä	0,1 %	738	€/tonni
			Keskimäärin	0,9 %	558,65	€/tonni

Palauta oletus-tiedot / Return default values

* Polttoaineen oletushintoina ovat keskihinnat Rotterdamin satamassa vuonna 2012. Polttoaineen vuoden keskihinnan vaihteluväli Rotterdamin satamassa oli vuosina 2005-2012: raskas polttoöljy 188-527 €/tonni, kevyt polttoöljy 377-738 €/tonni

4) Valitse aluksen keskimääräinen matkanopeus	Oletusnopeus	Muuta oletusnopeutta		Uusi nopeus
	13,0 solmua 24,1 km/h	Lisää / Vähennä	-10,0 %	11,7 solmua 21,7 km/h

TULOKSET

	Reitti- ja lastitiedot			Aluksen tiedot				Polttoainetiedot		Päästöt (tonnia/vuosi)									
	Pituus (km)	Kuljetettu lasti (tonnia/v.)	Suorite (milj. tonnikm/v.)	Tyyppi	Koko (DWT)	Lastin osuus DWT:stä	Keskimääräinen matkanopeus (solmua)	Kulutus (tonnia/v.)	Kustannus (milj. €/v.)	Hiilimonoksidi (CO)	Hiilivedyt (HC)	Typen oksidit (NOx)	Hiukkaset (PM)	Metaani (CH4)	Typpioksiduuli (N2O)	Rikkidioksidi (SO2)	Hiilidioksidi (CO2)	Hiilidioksidiekvivalentti (CO2-ekv.)
Kuljetus 1	2 238	423 928	948,8	Kemikaalialus	8 000	50 %	13,0	5 652,5	3,158	15,12	3,45	408,22	7,69	1,46	0,50	85,16	18 000	18 184
Kuljetus 2	2 238	423 928	948,8	Kemikaalialus	8 000	50 %	11,7	4 735,3	2,645	12,70	2,94	341,04	6,30	1,22	0,41	69,29	15 079	15 233
							Ero	-917,1	-0,512	-2,43	-0,51	-67,18	-1,39	-0,24	-0,08	-15,87	-2 921	-2 951
							Ero %	-16 %	-16 %	-16 %	-15 %	-16 %	-18 %	-16 %	-16 %	-19 %	-16 %	-16 %

PÄÄSTÖKUSTANNUKSET **

TULOKSET

	Päästökustannukset (€)							
	Hiilivedyt (HC)	Typen oksidit (NOx)	Hiukkaset (PM)	Metaani (CH4)	Typpioksiduuli (N2O)	Rikkidioksidi (SO2)	Hiilidioksidi (CO2)	Yhteensä
Kuljetus 1	103,37	115 118	24 425	1 134	5 693	29 380	665 991	841 844
Kuljetus 2	88,21	96 173	20 237	948	4 757	23 906	557 931	704 040
Ero	-15,16	-18 945	-4 188	-186	-936	-5 474	-108 060	-137 804
Ero %	-15 %	-16 %	-17 %	-16 %	-16 %	-19 %	-16 %	-16 %

	Mallin käyttämät yksikkökustannukset (€/päästötonni)						
	Hiilivedyt (HC)	Typen oksidit (NOx)	Hiukkaset (PM)	Metaani (CH4)	Typpioksiduuli (N2O)	Rikkidioksidi (SO2)	Hiilidioksidi (CO2)
Satama	30	282	6 314	777	11 470	345	37
Väylä	30	282	3 016	777	11 470	345	37

** Vuoden 2010 hintataso

Kuva 26. Skenaarioesimerkki: kemikaalialusten nopeuden pienentämisen vaikutus päästöihin.

Skenaarioesimerkki: polttoaineen rikkipitoisuuden pienentämisen vaikutus roro -matkustaja-alusten rikkidioksidipäästöihin (Päästöjen vertailu reiteittäin -käyttöliittymä)

Esimerkissä on tehty skenaario polttoaineen rikkipitoisuuden pienentämisen vaikutuksesta roro -matkustaja-alusten vuoden 2012 Helsingin ja Rostockin satamien välisessä liikenteessä. Kuljetus 2 -osassa polttoainetietoja on muutettu siten, että alukset käyttäisivät polttoaineenaan pelkästään 0,1 % rikkiä sisältävää polttoainetta. Tällöin vuotuiset rikkidioksidipäästöt vähenisivät 88 %. (Kuva 27)

KULJETUS 1

1) Valitse reitti

Valitse Suomen satama: Helsinki (FIHEL)

Valitse ulkomaan satama: Rostock (DERSK)

Valitulla reitillä vuonna 2012 kuljetettu lasti alustyypeittäin (tonnia)

Raakaöljyalus	0	Konttialus	0	Roro lastialus, paperi	9 911
Tuotetankkeri	0	Konttialus, paperi	0	Roro matkustaja-alus	383 513
Kemikaalialus	0	Kuivalastialus	0	Muu alus	0
Bulkalus	0	Roro lastialus	54 864		

2) Valitse aluksen tyyppi, koko täyttöaste ja lastin määrä	Muuta aluksen kokoa		Aluksen koko (DWT)	Muuta lastin osuutta DWT:stä		Kuljetettu lasti (tonnia/v.)	Syötä oma lastimäärä (tonnia/v.)
Valitse alustyyppi: Roro matkustaja-alus	Suurenna / Pienennä	±0 %	6 000	Lisää / Vähennä	25 %	383 513	

3) Valitse ja syötä polttoainetiedot	Muuta polttoaineen osuutta		Muuta rikkipitoisuutta		Syötä hinta *	
Raskas polttoöljy (HFO)	Lisää / Vähennä	85 %	Lisää / Vähennä	1,0 %	527	€/tonni
Kevyt polttoöljy (MDO/GO)		15 %	Lisää / Vähennä	0,1 %	738	€/tonni
			Keskimäärin	0,9 %	558,65	€/tonni

Palauta oletus-tiedot / Return default values

* Polttoaineen oletushintoina ovat keskihinnat Rotterdamin satamassa vuonna 2012. Polttoaineen vuoden keskihinnan vaihteluväli Rotterdamin satamassa oli vuosina 2005-2012: raskas polttoöljy 188-527 €/tonni, kevyt polttoöljy 377-738 €/tonni

4) Valitse aluksen keskimääräinen matkanopeus	Oletusnopeus	Muuta oletusnopeutta		Uusi nopeus
	20,0 solmua 37,0 km/h	Lisää / Vähennä	0,0 %	20,0 solmua 37,0 km/h

KULJETUS 2

1) Valitse reitti

Valitse Suomen satama: Helsinki (FIHEL)

Valitse ulkomaan satama: Rostock (DERSK)

Valitulla reitillä vuonna 2012 kuljetettu lasti alustyypeittäin (tonnia)

Raakaöljyalus	0	Konttialus	0	Roro lastialus, paperi	9 911
Tuotetankkeri	0	Konttialus, paperi	0	Roro matkustaja-alus	383 513
Kemikaalialus	0	Kuivalastialus	0	Muu alus	0
Bulkalus	0	Roro lastialus	54 864		

2) Valitse aluksen tyyppi, koko täyttöaste ja lastin määrä	Muuta aluksen kokoa		Aluksen koko (DWT)	Muuta lastin osuutta DWT:stä		Kuljetettu lasti (tonnia/v.)	Syötä oma lastimäärä (tonnia/v.)
Valitse alustyyppi: Roro matkustaja-alus	Suurenna / Pienennä	±0 %	6 000	Lisää / Vähennä	25 %	383 513	

3) Valitse ja syötä polttoainetiedot	Muuta polttoaineen osuutta		Muuta rikkipitoisuutta		Syötä hinta *	
Raskas polttoöljy (HFO)	Lisää / Vähennä	85 %	Lisää / Vähennä	0,1 %	527	€/tonni
Kevyt polttoöljy (MDO/GO)		15 %	Lisää / Vähennä	0,1 %	738	€/tonni
			Keskimäärin	0,1 %	738,00	€/tonni

Palauta oletus-tiedot / Return default values

* Polttoaineen oletushintoina ovat keskihinnat Rotterdamin satamassa vuonna 2012. Polttoaineen vuoden keskihinnan vaihteluväli Rotterdamin satamassa oli vuosina 2005-2012: raskas polttoöljy 188-527 €/tonni, kevyt polttoöljy 377-738 €/tonni

4) Valitse aluksen keskimääräinen matkanopeus	Oletusnopeus	Muuta oletusnopeutta		Uusi nopeus
	20,0 solmua 37,0 km/h	Lisää / Vähennä	0,0 %	20,0 solmua 37,0 km/h

TULOKSET

	Reitti- ja lastitiedot			Aluksen tiedot				Polttoainetiedot		Päästöt (tonnia/vuosi)									
	Pituus (km)	Kuljetettu lasti (tonnia/v.)	Suorite (milj. tonnikm/v.)	Tyyppi	Koko (DWT)	Lastin osuus DWT:stä	Keskimääräinen matkanopeus (solmua)	Kulutus (tonnia/v.)	Kustannus (milj. €/v.)	Hiili-monoksidi (CO)	Hiilivedyt (HC)	Typen oksidit (NOx)	Hiukkaset (PM)	Metaani (CH4)	Typpi-oksiduuli (N2O)	Rikkidioksidi (SO2)	Hiilidioksidi (CO2)	Hiilidioksidi-ekvivalentti (CO2-ekv.)
Kuljetus 1	1 039	383 513	398,5	Roro matkustaja-alus	6 000	25 %	20,0	14 115,3	7,885	37,38	7,87	1 029,24	21,13	3,69	1,25	240,65	44 949	45 415
Kuljetus 2	1 039	383 513	398,5	Roro matkustaja-alus	6 000	25 %	20,0	14 115,3	10,417	37,38	7,87	1 029,24	21,13	3,69	1,25	28,23	44 949	45 415
							Ero	0,0	2,532	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-212,41	0	0
							Ero %	0 %	32 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	-88 %	0 %	0 %

PÄÄSTÖKUSTANNUKSET **

TULOKSET

	Päästökustannukset (€)							
	Hiilivedyt (HC)	Typen oksidit (NOx)	Hiukkaset (PM)	Metaani (CH4)	Typpi-oksiduuli (N2O)	Rikkidioksidi (SO2)	Hiilidioksidi (CO2)	Yhteensä
Kuljetus 1	236,10	290 247	64 066	2 866	14 385	83 023	1 663 098	2 117 921
Kuljetus 2	236,10	290 247	64 066	2 866	14 385	9 740	1 663 098	2 044 638
Ero	0,00	0	0	0	0	-73 283	0	-73 283
Ero %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	-88 %	0 %	-3 %

	Mallin käyttämät yksikkökustannukset (€/päästötonni)						
	Hiilivedyt (HC)	Typen oksidit (NOx)	Hiukkaset (PM)	Metaani (CH4)	Typpi-oksiduuli (N2O)	Rikkidioksidi (SO2)	Hiilidioksidi (CO2)
Satama	30	282	6 314	777	11 470	345	37
Väylä	30	282	3 016	777	11 470	345	37

** Vuoden 2010 hintataso

Kuva 27. Skenaarioesimerkki: polttoaineen rikkipitoisuuden pienentämisen vaikutus roro -matkustaja-alusten rikkidioksidipäästöihin.

Skenaarioesimerkki: kuljetusmatkan vaikutus raakaöljyalusten rikkidioksidipäästöihin (Päästöjen vertailu vapaasti etäisyyden perusteella -käyttöliittymä)

Esimerkissä on tehty skenaario kuljetusmatkan vaikutuksesta raakaöljyalusten päästöihin. Esimerkissä on vertailtu 500 000 tonnin raakaöljymäärän kuljetuksesta syntyviä päästöjä, kun Kuljetus 2 -osassa raakaöljy tuodaan Suomeen Etelä-Norjasta Pohjanmeren alueelta ja Kuljetus 1 -osassa Venäjältä Suomenlahden alueelta. Tällöin vuotuiset päästöt vähenisivät 83-88 %. (Kuva 28)

KULJETUS 1

1) Syötä etäisyys ja lastimäärä	Syötä etäisyys	Syötä lastimäärä
	2500 km	500000 tonnia

2) Valitse aluksen tyyppi, koko täyttöaste ja lastin määrä	Muuta aluksen kokoa		Aluksen koko (DWT)	Muuta lastin osuutta DWT:stä	
Valitse alustyyppi: Raakaöljyalus	Suurenna / Pienennä	±0 %	100 000	Lisää / Vähennä	50 %

3) Valitse ja syötä polttoainetiedot	Muuta polttoaineen osuutta		Muuta rikkipitoisuutta		Syötä hinta *	
Palauta oletus-tiedot / Return default values	Raskas polttoöljy (HFO)	Lisää / Vähennä	85 %	Lisää / Vähennä	1,0 %	527 €/tonni
	Kevyt polttoöljy (MDO/GO)		15 %	Lisää / Vähennä	0,1 %	738 €/tonni
				Keskimäärin	0,9 %	558,65 €/tonni

* Polttoaineen oletushintoina ovat keskihinnat Rotterdamin satamassa vuonna 2012. Polttoaineen vuoden keskihinnan vaihteluväli Rotterdamin satamassa oli vuosina 2005-2012: raskas polttoöljy 188-527 €/tonni, kevyt polttoöljy 377-738 €/tonni

4) Valitse aluksen keskimääräinen matkanopeus	Oletusnopeus	Muuta oletusnopeutta		Uusi nopeus
	11,0 solmua 20,4 km/h	Lisää / Vähennä	0,0 %	11,0 solmua 20,4 km/h

KULJETUS 2

1) Syötä etäisyys ja lastimäärä	Syötä etäisyys	Syötä lastimäärä
	300 km	30000 tonnia

2) Valitse aluksen tyyppi, koko täyttöaste ja lastin määrä	Muuta aluksen kokoa		Aluksen koko (DWT)	Muuta lastin osuutta DWT:stä	
Valitse alustyyppi: Raakaöljyalus	Suurenna / Pienennä	±0 %	100 000	Lisää / Vähennä	50 %

3) Valitse ja syötä polttoainetiedot	Muuta polttoaineen osuutta		Muuta rikkipitoisuutta		Syötä hinta *	
Palauta oletus-tiedot / Return default values	Raskas polttoöljy (HFO)	Lisää / Vähennä	85 %	Lisää / Vähennä	1,0 %	527 €/tonni
	Kevyt polttoöljy (MDO/GO)		15 %	Lisää / Vähennä	0,1 %	738 €/tonni
				Keskimäärin	0,9 %	558,65 €/tonni

* Polttoaineen oletushintoina ovat keskihinnat Rotterdamin satamassa vuonna 2012. Polttoaineen vuoden keskihinnan vaihteluväli Rotterdamin satamassa oli vuosina 2005-2012: raskas polttoöljy 188-527 €/tonni, kevyt polttoöljy 377-738 €/tonni

4) Valitse aluksen keskimääräinen matkanopeus	Oletusnopeus	Muuta oletusnopeutta		Uusi nopeus
	11,0 solmua 20,4 km/h	Lisää / Vähennä	0,0 %	11,0 solmua 20,4 km/h

TULOKSET

	Reitti- ja lastitiedot			Aluksen tiedot				Polttoainetiedot		Päästöt (tonnia/vuosi)									
	Pituus (km)	Kuljetettu lasti (tonnia/v.)	Suorite (milj. tonnikm/v.)	Tyyppi	Koko (DWT)	Lastin osuus DWT:stä	Keskimääräinen matkanopeus (solmua)	Kulutus (tonnia/v.)	Kustannus (milj. €/v.)	Hiili-monoksidi (CO)	Hiilivedyt (HC)	Typen oksidit (NOx)	Hiukkaset (PM)	Metaani (CH4)	Typpi-oksiduuli (N2O)	Rikkidioksidi (SO2)	Hiilidioksidi (CO2)	Hiilidioksidi-ekvivalentti (CO2-ekv.)
Kuljetus 1	2 500	500 000	1 250,0	Raakaöljyalus	100 000	50 %	11,0	1 960,4	1,095	5,19	1,09	143,50	3,00	0,51	0,17	32,56	6 243	6 307
Kuljetus 2	300	500 000	150,0	Raakaöljyalus	100 000	50 %	11,0	313,3	0,175	0,84	0,18	22,85	0,51	0,08	0,03	4,06	998	1 008
							Ero	-1 647,1	-0,920	-4,36	-0,91	-120,65	-2,49	-0,43	-0,15	-28,49	-5 245	-5 299
							Ero %	-84 %	-84 %	-84 %	-84 %	-84 %	-83 %	-84 %	-84 %	-88 %	-84 %	-84 %

PÄÄSTÖKUSTANNUKSET **

TULOKSET	Päästökustannukset (€)							
	Hiilivedyt (HC)	Typen oksidit (NOx)	Hiukkaset (PM)	Metaani (CH4)	Typpi-oksiduuli (N2O)	Rikkidioksidi (SO2)	Hiilidioksidi (CO2)	Yhteensä
Kuljetus 1	32,58	40 466	9 626	398	1 998	11 232	230 981	294 734
Kuljetus 2	5,35	6 443	2 105	63	317	1 402	36 917	47 252
Ero	-27,22	-34 023	-7 521	-335	-1 681	-9 831	-194 064	-247 482
Ero %	-84 %	-84 %	-78 %	-84 %	-84 %	-88 %	-84 %	-84 %

	Mallin käyttämät yksikkökustannukset (€/päästötonni)						
	Hiilivedyt (HC)	Typen oksidit (NOx)	Hiukkaset (PM)	Metaani (CH4)	Typpi-oksiduuli (N2O)	Rikkidioksidi (SO2)	Hiilidioksidi (CO2)
Satama	30	282	6 314	777	11 470	345	37
Väylä	30	282	3 016	777	11 470	345	37

** Vuoden 2010 hintataso

Kuva 28. Skenaarioesimerkki: kuljetusmatkan vaikutus raakaöljyalusten päästöihin.

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

Esimerkissä on tehty skenaario roro -lastialuksen keskinopeuden vähentämisen vaikutuksesta päästöihin HaminaKotkan ja Lybeckin satamien välisessä liikenteessä. Kuljetus 2 -osassa aluksen nopeutta on pienennetty 20 %, jolloin päästöt vähenisivät päästökomponentista riippuen 35-36 %. (Kuva 29)

KULJETUS 1

1) Valitse reitti tai syötä etäisyys

Valitse Suomen satama: HaminaKotka (FIHMN)
Valitse ulkomaan satama: Lybeck (DELBC)
Satamien välinen etäisyys: 1 247 km

2) Valitse aluksen tyyppi ja täyttöaste	Aluksen koko (DWT)	Valitse lastin osuus DWT:stä: Menomatka		Valitse lastin osuus DWT:stä: Paluumatka		Keskimääräinen lastin osuus DWT:stä
Valitse alustyyppi: Roro lastialus	10000	Lisää / Vähennä	25 %	Lisää / Vähennä	25 %	25 %

3) Valitse ja syötä polttoainetiedot	Muuta polttoaineen osuutta		Muuta rikkipitoisuutta		Syötä hinta *	
Raskas polttoöljy (HFO)	Lisää / Vähennä	85 %	Lisää / Vähennä	1,0 %	527	€/tonni
Kevyt polttoöljy (MDO/GO)		15 %	Lisää / Vähennä	0,1 %	738	€/tonni
			Keskimäärin	0,9 %	558,65	€/tonni

Palauta oletus-tiedot / Return default values

* Polttoaineen oletushintoina ovat keskihinnat Rotterdamin satamassa vuonna 2012. Polttoaineen vuoden keskihinnan vaihteluväli Rotterdamin satamassa oli vuosina 2005-2012: raskas polttoöljy 188-527 €/tonni, kevyt polttoöljy 377-738 €/tonni

4) Valitse aluksen keskimääräinen matkanopeus	Oletusnopeus	Muuta oletusnopeutta		Uusi nopeus
	20,0 solmua 37,0 km/h	Lisää / Vähennä	0,0 %	20,0 solmua 37,0 km/h

KULJETUS 2

1) Valitse reitti tai syötä etäisyys

Valitse Suomen satama: HaminaKotka (FIHMN)
Valitse ulkomaan satama: Lybeck (DELBC)
Satamien välinen etäisyys: 1 247 km

2) Valitse aluksen tyyppi ja täyttöaste	Aluksen koko (DWT)	Valitse lastin osuus DWT:stä: Menomatka		Valitse lastin osuus DWT:stä: Paluumatka		Keskimääräinen lastin osuus DWT:stä
Valitse alustyyppi: Roro lastialus	10000	Lisää / Vähennä	25 %	Lisää / Vähennä	25 %	25 %

3) Valitse ja syötä polttoainetiedot	Muuta polttoaineen osuutta		Muuta rikkipitoisuutta		Syötä hinta *	
Raskas polttoöljy (HFO)	Lisää / Vähennä	85 %	Lisää / Vähennä	1,0 %	527	€/tonni
Kevyt polttoöljy (MDO/GO)		15 %	Lisää / Vähennä	0,1 %	738	€/tonni
			Keskimäärin	0,9 %	558,65	€/tonni

Palauta oletus-tiedot / Return default values

* Polttoaineen oletushintoina ovat keskihinnat Rotterdamin satamassa vuonna 2012. Polttoaineen vuoden keskihinnan vaihteluväli Rotterdamin satamassa oli vuosina 2005-2012: raskas polttoöljy 188-527 €/tonni, kevyt polttoöljy 377-738 €/tonni

4) Valitse aluksen keskimääräinen matkanopeus	Oletusnopeus	Muuta oletusnopeutta		Uusi nopeus
	20,0 solmua 37,0 km/h	Lisää / Vähennä	-20,0 %	16,0 solmua 29,6 km/h

TULOKSET

	Reitti- ja lastitiedot: Edes-takainen pituus (km)	Kuljetettu lasti (tonnia)	Suorite (milj. tonnikm)	Aluksen tiedot: Tyyppi	Koko (DWT)	Lastin osuus DWT:stä	Keskimää-räinen matka-nopeus (solmua)	Polttoainetiedot: Kulutus (tonnia)	Kustannus (€)	Päästöt (tonnia): Hiili-monoksidi (CO)	Hiilivedyt (HC)	Typen oksidit (NOx)	Hiukkaset (PM)	Metaani (CH4)	Typpi-oksiduuli (N2O)	Rikkidioksidi (SO2)	Hiilidioksidi (CO2)	Hiilidioksidi-ekvivalentti (CO2-ekv.)
Kuljetus 1	2 495	5 000	6,2	Roro lastialus	10 000	25 %	20,0	225,5	126 000	0,60	0,13	16,46	0,34	0,06	0,02	3,86	718	726
Kuljetus 2	2 495	5 000	6,2	Roro lastialus	10 000	25 %	16,0	145,4	81 000	0,39	0,08	10,59	0,22	0,04	0,01	2,47	463	468
							Ero	-80,1	-45 000	-0,21	-0,04	-5,87	-0,12	-0,02	-0,01	-1,39	-255	-258
							Ero %	-36 %	-36 %	-35 %	-35 %	-36 %	-36 %	-36 %	-36 %	-36 %	-36 %	-36 %

PÄÄSTÖKUSTANNUKSET **

TULOKSET

	Päästökustannukset (€): Hiilivedyt (HC)	Typen oksidit (NOx)	Hiukkaset (PM)	Metaani (CH4)	Typpi-oksiduuli (N2O)	Rikkidioksidi (SO2)	Hiilidioksidi (CO2)	Yhteensä
Kuljetus 1	3,76	4 642	1 025	46	230	1 330	26 574	33 850
Kuljetus 2	2,44	2 987	659	30	148	852	17 135	21 814
Ero	-1,32	-1 655	-366	-16	-82	-478	-9 438	-12 036
Ero %	-35 %	-36 %	-36 %	-36 %	-36 %	-36 %	-36 %	-36 %

Mallin käyttämät yksikkökustannukset (€/päästötonni)	Hiilivedyt (HC)	Typen oksidit (NOx)	Hiukkaset (PM)	Metaani (CH4)	Typpi-oksiduuli (N2O)	Rikkidioksidi (SO2)	Hiilidioksidi (CO2)
Satama	30	282	6 314	777	11 470	345	37
Väyla	30	282	3 016	777	11 470	345	37

** Vuoden 2010 hintataso

Kuva 29. Skenaarioesimerkki: roro -lastialusten nopeuden pienentämisen vaikutus päästöihin.

5 Lähdeluettelo

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

Merenkulkulaitos 2009. Aluskustannukset 2009. Merenkulkulaitoksen julkaisuja 3/2009. 50 s.

Elektroniset lähteet

Bunker Index
http://www.bunkerindex.com/ (Viitattu alkuvuonna 2011)

Liikennevirasto a. Reittipituudet Suomen satamista kolmikantapisteeseen.

Liikennevirasto b. Suomen ja ulkomaiden keskimääräiset meriväyläetäisyydet.

Liikenteen päästökustannukset. Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 23/2012
http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf3/lts_2012-23_liikenteen_paastokustannukset_web.pdf (Viitattu keväällä 2013)

Sea distances – voyage calculator
http://sea-distances.com/ (Viitattu keväällä 2013)

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)

VTT LIPASTO järjestelmän yksikköpäästöosio.
http://lipasto.vtt.fi/yksikkopaastot/index.htm (Viitattu alkuvuonna 2011)

World Ports Distances
http://www.distances.com/ (Viitattu vuonna 2009)

World Shipping Register
http://e-ships.net/dist.htm (Viitattu alkuvuonna 2011)

Tilastot

Liikennevirasto (2012). Suomen kansainvälisen tavaraliikenteen vuositilastot alustyypeittäin tuonnissa ja viennissä vuosilta 2005-2012 (MLTTA1).