

MERIMA – Suomen kansainvälisten merikuljetusten päästöt -mallit

Tulosraportti 2005-2019

Ilkka Salanne, Kari Mäkelä, Marko Tikkanen

MERIMA – Suomen kansainvälisten merikuljetusten päästöt -mallit

Tulosraportti 2005-2019

Ilkka Salanne, Marko Tikkanen, Sitowise
Kari Mäkelä, TREMMO

Liikenne- ja viestintävirasto Traficom
Transport- och kommunikationsverket Traficom
Helsinki, Helsingfors 2021

ISBN 978-952-311-742-6
ISSN 2669-8757 (verkkajulkaisu)

Alkusanat

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

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

Ensimmäiset versiot malleista valmistuivat vuonna 2009. Mallien kehittämistä jatkettiin vuosina 2010–2011 ja 2013. Tällöin kokonaispäästömalliin lisättiin vuosia, alustyyppisiä, aikasarjoja ja skenaario-ominaisuuksia. Lisäksi kehitettiin molempien mallien laskentaa ja käyttöliittymiä. Malleista valmistuivat uudet versiot keväällä 2016, jolloin malleihin lisättiin mm. päästöjen laskenta merialueittain (Itämeri, Pohjanmeri ja Englannin kanaali, muut merialueet sekä Pohjois-Amerikan SECA-alue). Mallien seuraavassa päivityksessä keväällä 2018 malleihin lisättiin vuosien 2016 ja 2017 liikennemäärät, tehtiin teknisiä päivityksiä ja lisättiin mahdollisuus valita alusten polttoaineeksi nesteytetty maakaasu (LNG). Uusimmassa päivityksessä syksyllä 2020 malleihin lisättiin vuosien 2018 ja 2019 liikennemäärät. Malleja on jatkossakin tarkoitus päivittää tulevien vuosien liikennetiedoilla ja päästölaskennoilla.

Projektin rahoituksesta ja ohjauksesta vastasivat Liikenne- ja viestintävirasto Traficom ja Väylävirasto. Liikenne- ja viestintävirasto Traficomissa projektin ohjauksesta vastasi Jorma Kämäräinen (ohjausryhmän puheenjohtaja) sekä Väylävirastossa Taneli Antikainen. Projektin toteutti Sitowise. Projektin työryhmään kuuluivat Ilkka Salanne (projektipäällikkö, Sitowise), Marko Tikkanen (Sitowise) ja Kari Mäkelä (vuoteen 2015 VTT, sen jälkeen TREMMO Tmi).

Helsingissä, 26. tammikuuta 2021

Jorma Kämäräinen

Johtava asiantuntija

Liikenne- ja viestintävirasto Traficom

Förord

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

I projektet tog man fram två datormodeller, en modell över de totala utsläppen och en utsläppsjämförelsemodell för att beräkna utsläppen (CO, HC, NO_x, PM, CH₄, N₂O, SO₂, CO₂, CO₂-ekv.), de externa kostnaderna för dem samt bränsleförbrukningen och 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 scenarioegenskaper. Dessutom utvecklade man kalkyleringen och användargränssnitten i vardera modellen. De nya versionerna av modellerna blev färdiga i vår 2016, när man lagt till modeller till och med kalkyleringen i havområden (Östersjön, Nordsjön och engelsk kanal, de andra havområden och Nordamerikas SECA-område). I nästa uppdatering av modellerna i vår 2018 lades årens 2016 och 2017 trafikmängderna till modellerna, gjordes tekniska uppdateringen i modellerna och tillades möjlighet att välja flytande naturgas till bränsle av fartygen. I den nyaste uppdateringen i hösten 2020 lades årens 2018 och 2019 trafikmängderna till modellerna. Det är meningen att i fortsättningen uppdatera modellerna med trafikdata och utsläppskalkyler för kommande år.

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

Helsingfors, den 26e januari 2021

Jorma Kämäräinen

Ledande sakkunnig

Transport- och kommunikationsverket Traficom

Foreword

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

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

Models are used for monitoring emissions (CO, HC, NO_x, PM, CH₄, N₂O, SO₂, CO₂, CO₂ eq.), emission costs, fuel consumption 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 new versions of the models were completed in late spring 2016, when calculation of the emissions by sea areas (The Baltic Sea, The North Sea and the English Channel, the other sea areas and the North American SECA) were added to the models. In spring 2018 years' 2016 and 2017 traffic volumes were added, some technical updates were made and possibility to choose liquefied natural gas as the fuel of the ships was added in the models. The latest versions of the models were made in autumn 2020, when years' 2018 and 2019 traffic volumes were added in the models. The models will be updated with traffic data and emission calculations also in future years.

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

Helsinki, January 26th, 2021

Jorma Kämäräinen

Chief Adviser

Finnish Transport and Communications Agency Traficom

Sisällysluettelo

Tiivistelmä

Sammanfattning

Abstract

1	Johdanto	13
2	MERIMA-mallit.....	14
2.1	Lähtötiedot ja toimintaperiaate	14
2.2	Kokonaispäästömalli.....	16
2.3	Päästövertailumalli.....	18
3	MERIMA-mallien tuottamat tulokset.....	19
3.1	Kuljetusmäärät, kuljetussuoritteet ja polttoaineen kulutus	19
3.2	Päästöt	23
3.3	Päästökustannukset	30
3.4	Polttoainekustannukset.....	33
3.5	Keskeiset muutokset vuodesta 2018 vuoteen 2019.....	36
4	MERIMA-malleilla tehdyt skenaariot.....	37
4.1	Kokonaispäästömallilla tehdyt skenaariot	37
4.2	Päästövertailumallilla tehdyt skenaariot	43
	Lähteet.....	48

Tiivistelmä

Projektissa tuotettiin kaksi tietokonemallia, kokonaispäästömalli ja päästövertailumalli, Suomen ja ulkomaiden välisen meriliikenteen tavarakuljetusten päästöjen (CO, HC, NO_x, PM, CH₄, N₂O, SO₂, CO₂, CO₂-ekv.), niiden ulkoisten kustannusten sekä polttoaineen kulutuksen ja polttoainekustannusten laskentaan, kehittämisen seurantaan ja erilaisten skenaarioiden tekemiseen. Mallit on rakennettu asiantuntijoiden, erityisesti merenkulkualan viranomaisien ja niiden sidosryhmien käyttöön. Ensimmäiset versiot malleista valmistuivat vuonna 2009. Mallien kehittämistä jatkettiin vuosina 2010–2011 ja 2013. Tällöin kokonaispäästömalliin lisättiin vuosia, alustyyppijä, aikasarjoja ja skenaario-ominaisuuksia. Lisäksi kehitettiin molempien mallien laskentaa ja käyttöliittymiä. Mallien seuraavassa päivityksessä keuhällä 2018 malleihin lisättiin vuosien 2016 ja 2017 liikennemäärät, tehtiin teknisiä päivityksiä ja lisättiin mahdollisuus valita alusten polttoaineeksi nesteytetty maakaasu (LNG). Uusimmassa päivityksessä syksyllä 2020 malleihin lisättiin vuosien 2018 ja 2019 liikennemäärät. Malleja on jatkossakin tarkoitus päivittää tulevien vuosien liikennetiedoilla ja päästölaskennoilla.

Kokonaispäästömalli laskee Liikenne- ja viestintävirasto Traficom in meriliikennetilastoja avulla Suomen ja ulkomaiden välisen meriliikenteen tavarakuljetusten vuosien 2005–2019 kokonaispäästöt, päästökustannukset, polttoaineen kulutuksen ja polttoainekustannukset alustyyppittain ja merialueittain tuonnissa ja viennissä. Tavaralastilla tarkoitetaan molemmissa malleissa nettolastia eli kuljetusyksikön (esim. kontti, traileri) sisällä olevan tavarain painoa. Kokonaispäästömallissa voidaan muodostaa aikasarjoja eri perusteilla: alustyyppit, liikennealueet ja tavaralajit. Kokonaispäästömallilla voidaan tehdä skenaarioita muuttamalla mm. polttoainetietoja, keskinopeutta, aluskokoja, lastien osuuksia DWT:stä sekä alue-, tavaralaji- ja alustyyppijakaumia.

Päästövertailumallilla voidaan tehdä päästömäärien ja polttoaineen kulutuksen vertailuja valitun satamaparin vuoden 2019 liikenteen perusteella, kun laivan tyyppiä, kokoa, lastin osuutta DWT:stä, polttoainetta tai nopeutta muutetaan. Päästövertailumallin toisessa osassa päästöt lasketaan aluskäyntikohtaisesti.

Suomen kansainvälisessä meriliikenteessä kuljetetun lastin määrä vaihteli vuosina 2005–2019 noin 83 miljoonasta tonnista noin 104 miljoonaan tonniin vuodessa. Lastin määrä kasvoi tasaisesti vuodesta 2005 vuoteen 2007, kunnes vuonna 2008 kasvu taloudellisen taantuman vuoksi pysähtyi ja kääntyi laskuun vuonna 2009. Vuosina 2010 ja 2011 kuljetetun lastin määrä jatkoi kasvua, kunnes se vuonna 2012 kääntyi laskuun ja nousi jälleen hieman vuonna 2013. Vuosina 2013 ja 2014 kuljetetun lastin määrä pysyi lähes samana, kunnes vuonna 2015 määrä väheni. Vuodesta 2015 vuoteen 2018 kuljetetun lastin määrä kasvoi ja oli vuonna 2018 noin 104 miljoonaa tonnia. Vuonna 2019 kuljetetun lastin määrä väheni hieman noin 101 miljoonaan tonniin. Kuljetussuorite on vaihdellut vuosina 2005–2019 noin 191 miljardista noin 263 miljardiin tonnikilometriin. Viennin osuus kuljetussuoritteesta on suurempi kuin tuonnin.

Polttoaineen kulutus Suomen kansainvälisen meriliikenteen tavarakuljetuksissa vaihteli vuosina 2005–2019 noin 1,49 miljoonasta tonnista noin 1,94 miljoonaan tonniin (ml. raskas ja kevyt polttoöljy). Mallissa eri päästökomenttien 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 vaihteli vuosina 2005–2019 noin 4,7 miljoonan tonnin ja noin 6,2 miljoonan tonnin välillä.

Rikkidioksidipäästöt pysyivät vuosina 2005–2008 suunnilleen samalla tasolla, vaikka liikenne lisääntyi, koska alusten käyttämän raskaan polttoöljyn rikkipitoisuus väheni samalla ajanjaksolla. Vuonna 2009 rikkidioksidipäästöt vähenivät selvästi (noin 23 %) verrattuna vuoteen 2008 johtuen kokonaisliikenteen määrän vähenemisestä. Vuodesta 2010 eteenpäin vuotta 2014 lukuun ottamatta rikkidioksidipäästöt jatkoivat vähenemistä raskaan polttoöljyn rikkipitoisuuden vähenemistä. Vuodesta 2015 alkaen rikkidioksidipäästöt ovat olleet rikkidirektiivin takia selvästi alhaisemmalla tasolla kuin aiemmin. Rikkidioksidipäästöjen määrä vaihteli vuosina 2005–2014 noin 38 000 tonnista noin 55 500 tonniin ja vuosina 2015–2019 noin 14 100 tonnista noin 18 700 tonniin.

Suomen kansainvälisten merikuljetusten päästökustannukset vaihtelivat vuosina 2005–2006 noin 285 miljoonasta eurosta noin 309 miljoonaan euroon (vuoden 2013 hintataso) ja muina vuosina noin 424 miljoonasta eurosta noin 554 miljoonaan euroon (vuoden 2018 hintataso). Päästökustannuksista selvästi suurin osa, lähes 90 %, johtuu hiilidioksidipäästöistä. Vastaavalla aikajaksolla polttoainekustannukset vaihtelivat noin 395 miljoonasta eurosta noin 1 017 miljoonaan euroon. Kuljetetun lastin määrän, kuljetussuoritteen ja alustyyppin lisäksi polttoainekustannuksiin vaikuttavat polttoaineiden hintojen vaihtelut.

Malleilla voidaan tehdä erilaisia skenaarioita, joista on seuraavana esitetty joitakin esimerkkejä. Esimerkeissä on käytetty vuoden 2019 liikennemääriä.

- Lisättäessä ro-ro-lastialuksilla kuljetetun lastin määrää 2,6 miljoonalla tonnilla kokonaisliikenne kasvaa 2,6 % ja vuotuiset kokonaishiilidioksidipäästöt peräti 6,1 %. Tämä johtuu ro-ro-alusten muita alustyyppisiä suuremmasta keskinopeudesta ja tästä johtuvasta suuremmasta keskikulutuksesta.
- Lisättäessä Aasiaan suuntautuvien merikuljetusten määrää 1,7 miljoonaa tonnia (nykyisestä lähes kaksinkertaiseksi) kuljetetun lastin kokonaismäärä kasvaa 3,1 % ja vuotuiset kokonaisrikkidioksidipäästöt peräti noin 30 % johtuen pitkistä kuljetusmatkasta erityisesti SECA-alueiden ulkopuolella.
- Vähennettäessä kaikkien alustyyppien keskinopeutta 10 % kokonaispäästöt vähenevät noin 18–19 % päästökomponentista riippuen. Tällöin lasti kuljetetaan keskimäärin alhaisemmilla nopeuksilla.
- Suurennettaessa kaikkien alustyyppien keskikokoja 10 % kokonaispäästöt vähenevät 5–6 %. Tällöin lasti kuljetetaan keskimäärin suuremmilla aluksilla.
- Pienennettäessä alusten käyttämän polttoaineen rikkipitoisuutta muilla merialueilla 0,5 %:iin rikkidioksidipäästöt vähenevät kokonaisuutena 62 % ja muilla merialueilla kuin SECA-alueilla 73 %.
- Suurennettaessa konttialusten keskimääräistä kokoa HaminaKotkan ja Alankomaiden Rotterdamin välisessä liikenteessä 20 %:lla konttialusten aiheuttamat päästöt vähenevät 6–7 %.
- Vähennettäessä kemikaalialusten keskinopeutta HaminaKotkan ja Alankomaiden Rotterdamin välisessä liikenteessä 10 %:lla kemikaalialusten päästöt vähenevät 15–17 % päästökomponentista riippuen.
- Vähennettäessä ro-ro-lastialuksen keskinopeutta HaminaKotkan ja Saksan Lybeckin välisessä liikenteessä 20 %:lla ro-ro-lastialusten päästöt vähenevät 35–36 % päästökomponentista riippuen.
- Muutettaessa ro-ro-matkustaja-alusten polttoaine nesteytetyksi maakaasuksi Turun ja Ruotsin Tukholman satamien välisessä liikenteessä, vaikutukset päästöihin riippuvat päästökomponentista. Roro-matkustaja-alusten hiilimonoksidipäästöt pysyvät samana, hiilivety- ja metaanipäästöt kasvavat kumpikin 2,5-kertaisiksi, typen oksidi-, hiukkas- ja rikkidioksidipäästöt vähenevät kukin 90 %, typpioksiduulipäästöt vähenevät 85 % sekä hiilidioksid- ja hiilidioksidiekvivalenttipäästöt vähenevät kumpikin 13 %.

Sammanfattning

I projektet togs det fram två datormodeller, en modell över de totala utsläppen och en utsläppsjämförelsemodell för att beräkna utsläppen (CO, HC, NO_x, PM, CH₄, N₂O, SO₂, CO₂, CO₂-ekv.), de externa kostnaderna för dem samt bränsleförbrukningen och bränslekostnaderna, för att följa med hur de utvecklas och för att utarbeta olika slags scenarier. Modellerna har byggts upp för att användas av experter, i synnerhet myndigheterna inom sjöfartsbranschen och deras intressenter. De första versionerna av modellerna blev färdiga år 2009. De nya versionerna av modellerna blev färdiga i vår 2016, när man lagt till modeller till och med kalkyleringen i havsområden (Östersjön, Nordsjön och engelsk kanal, de andra havsområden och Nordamerikas SECA-område). I nästa uppdatering av modellerna i vår 2018 årens 2016 och 2017 trafikmängderna lades till modellerna, gjordes tekniska uppdateringen i modellerna och tillades möjlighet att välja flytande naturgas till bränsle av fartygen. Den nyaste uppdateringen hösten 2020 lades årens 2018 och 2019 trafikmängderna till modellerna. Modellerna innefattar hamnutsläppen i avgångs- och destinationshamnarna samt utsläppen under hela sjöresan mellan Finland och de utländska hamnarna. Det är meningen att i fortsättningen uppdatera modellerna med trafikdata och utsläppskalkyler för kommande år.

Modellen över de totala utsläppen beräknar med hjälp av Transport- och kommunikationsverket Traficom's statistik över fartygstrafiken de totala utsläppen, utsläppskostnaderna, bränsleförbrukningen och bränslekostnaderna per fartygstyp i import och export för de maritima varutransporterna mellan Finland och utlandet åren 2005–2019. I båda modellerna är lasten nettolasten, dvs. vikten på gods inuti transportenheten (t.ex. container, släp). 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 fartygstypsfordelningar.

Med utsläppsjämförelsemodellen kan man göra jämförelser mellan utsläppsmängderna och bränsleförbrukningen utgående från 2019 års trafik mellan det valda paret hamnar, då man ändrar båtens typ, storlek och fart. I den andra delen kan man räkna utsläppen för en besök av båt.

I Finlands internationella fartygstrafik den fraktade lastens mängd varierade åren 2005–2019 mellan ca 83 miljoner ton och ca 104 miljoner ton per år. Lastens mängd ökade i jämn takt från 2005 till 2007 och år 2008 avstannade ökningen på grund av lågkonjunkturen och minskade 2009. I 2010 och 2011 lastens mängd ökade, 2012 minskade den och ökade igen lite 2013. Åren 2013 och 2014 lastens mängd var nästan samma tills 2015, när lastens mängd minskade. Från år 2015 lastens mängd har ökat och var i år 2018 ca 104 000 miljoner ton. Transportprestationen varierade åren 2005–2019 mellan ca 191 000 miljoner tonkilometer och ca 263 000 miljoner tonkilometer. Exportens andel av transportprestationen är större än importens.

Bränsleförbrukningen i varutransporterna i Finlands internationella maritima trafik varierade åren 2005–2019 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 svavelhalten 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

lågkonjunktorens inverkan i 2009. Mängden årliga koldioxidutsläpp åren 2005–2019 varierade 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 användes minskade under samma period. År 2009 minskade svaveldioxidutsläppen klart (ca 23 %) i jämförelse med 2008, beroende på att trafiken totalt sett minskade. Sedan år 2010 utom år 2014 har svaveldioxidutsläppen minskat när svavelhalten i den tunga brännolja minskade. Från 2015 svaveldioxidutsläppens mängd har varit på tydligt lägre nivå än tidigare på grund av svaveldirektivet. Svaveldioxidutsläppens mängd varierade åren 2005–2014 från ca 38 000 ton till ca 55 500 ton och åren 2015–2019 från ca 14 100 ton till ca 18 700 ton.

Utsläppskostnaderna för Finlands internationella maritima transporter har åren 2005–2006 varierat mellan ca 285 miljoner euro och ca 309 miljoner euro (årets 2013 prisnivå) och under andra år mellan ca 424 miljoner euro och ca 554 miljoner euro (årets 2018 prisnivå). Av utsläppskostnaderna härrör den klart största delen, nästan 90 % av koldioxidutsläppen. Under motsvarande tidsperiod har bränslekostnaderna varierat mellan ca 395 miljoner euro och ca 1 017 miljoner euro. Bränslekostnaderna påverkas av den fraktade lastens mängd, transportprestationen, fartygstypen samt av variationerna i bränslepriserna.

Med modellerna kan man göra olika slags scenarier. I det följande visas några exempel på scenarier, där man har använt årets 2019 lastens mängd:

- Då man ökar det antal ton som fraktas med ro-ro-lastfartyg med 2,6 miljoner ton ökar den totala trafiken med 2,6 % och de årliga koldioxidutsläppen med hela 6,1 %. Detta beror på att ro-ro-fartygen har högre medelfart än andra fartyg och därmed större snitt-förbrukning av bränsle.
- Då man ökar de maritima transporterna på Asien med 1,7 miljoner ton (till nästan det dubbla jämfört med nuläget), ökar totalmängden fraktad last med 3,1 % och de årliga svaveldioxidutsläppen med hela ca 30 % beroende på den långa transportsträckan särskilt utanför SECA-områdena.
- Då man minskar medelfarten för alla fartygstyper med 10 %, minskar de totala utsläppen med ca 18–19 % beroende på utsläppskomponent. Härvid transporteras motsvarande last med i genomsnitt lägre farter.
- Då man ökar medelstorlekarna på alla fartygstyper med 10 % minskar totala utsläppen med 5–6 %. Då fraktas motsvarande last med i genomsnitt större fartyg.
- Då man minskar utanför SECA-områdena svavelhaltigheten i bränslet som används i fartygen till 0,5 % minskar svaveldioxidutsläppen helt med 62 % och utanför SECA-områdena 73 %.
- Då man ökar containerfartygens medelstorlekar i trafik mellan HaminaKotka och Nederländernas Rotterdam med 20 %, minskar containerfartygens utsläpp med ca 6–7 %.
- Då man minskar kemikaliefartygens medelfart i trafik mellan HaminaKotka och Nederländernas Rotterdam med 10 % minskar kemikaliefartygens utsläpp med 15–17 % beroende på utsläppskomponent.
- Då man minskar ro-ro-lastfartygens medelfart i trafik mellan HaminaKotka och Tysklands Lybeck med 20 % minskar ro-ro-lastfartygens utsläpp med 35–36 % beroende på utsläppskomponent.
- Då man ändrar ro-ro-passagerarfartygens bränsle till flytande naturgas i trafik mellan Åbo och Sveriges Stockholm beror påverkan till utsläppen på utsläppskomponent. Ro-ro-passagerarfartygens kolmonoxidutsläpp är samma, kolväte- och metanutsläpp ökar både 2,5 gånger större, kvävedioxid-, partikel- och svaveldioxidutsläpp minskar alla 90 %, dikväveoxidutsläpp minskar 85 % och koldioxid- och koldioxidekvivalentutsläpp minskar både 13 %.

Abstract

In the project two computer models were developed: the total emissions model and the emissions comparison model. Models are used for monitoring emissions (CO, HC, NO_x, PM, CH₄, N₂O, SO₂, CO₂, CO₂-eq.), emission costs, fuel consumption and fuel costs of Finnish international maritime freight transport. Models include also tools for development monitoring and scenario modelling. The models were constructed for the expert use of maritime authorities and stakeholders. The first versions of the models were completed in 2009. The new versions of the models were completed in late spring 2016, when calculation of the emissions by sea areas (The Baltic Sea, The North Sea and the English Channel, the other sea areas and the North American SECA) were added to the models. In the update of the models in spring 2018 years' 2016 and 2017 traffic volumes were added, some technical updates were made and possibility to choose liquefied natural gas as the fuel of the ships was added in the models. The in latest update in autumn 2020 years' 2018 and 2019 traffic volumes were added in the models. The models will be updated with traffic data and emission calculations also in future years.

The total emissions model uses the Finnish Transport and Communications Agency Traficom statistics to calculate the total emissions, emission costs, fuel consumption and fuel costs for the years 2005–2019 of the maritime transports of goods between Finland and foreign countries. In both models cargo is the net cargo, i.e. the weight of the goods inside the transport unit (e.g. container, trailer). 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 and fuel consumption between a selected pair of ports based on 2019 traffic, by changing the ship's type, size, percentage of cargo of DWT and speed. In the second part of the emissions comparison model the emissions are calculated by ship visit.

The cargo volume of Finnish international shipping varied in years 2005–2019 annually between about 83 million tonnes to about 104 million tonnes. The cargo volume increased steadily from 2005 to 2007 and in 2008 growth came to a halt and took a downturn in 2009 due to economic recession. In 2010 and 2011 the cargo volume continued to grow until in 2012 when the cargo started to decrease and increased again a little in 2013. In 2013 and 2014 the cargo volume was approximately same until 2015 when it decreased. From 2015 the cargo volume increased and was in 2018 about 104 million tonnes. Transport volume fluctuated over the period of 2005–2019 from about 191,000 million tonne kilometres to about 263,000 million tonne kilometres. Exports' proportion of total transport is greater than that of imports.

Fuel consumption in Finnish international maritime freight transport ranged from approximately 1.49 million tonnes to around 1.94 million tonnes over the period of 2005–2019 (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 Finnish 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 2005–2019.

Sulphur dioxide emissions remained roughly at the same level from 2005–2008, even though traffic increased, because the sulphur content of the heavy fuel oil used by vessels decreased during the same period. In 2009, sulphur dioxide emissions fell sharply (by about 23%) compared with 2008, due to the overall decline in the volume of traffic. Since 2010 excluding 2014 the sulphur dioxide emissions continued to fall because the sulphur content of the heavy fuel oil used by vessels decreased during the same period. From 2015 the sulphur dioxide emissions have been clearly lower than earlier due to the sulphur directive. Sulphur dioxide emissions fluctuated over the period 2005–2014 from around 38,000 tonnes to around 55,500 tonnes and over the period 2015–2019 from around 14,100 tonnes to around 18,700 tonnes.

Emission costs of Finnish international maritime transports have fluctuated during 2005–2006 from about EUR 285 million to about EUR 309 million (price level year 2013) and in other years from about EUR 424 million to about EUR 554 million (price level year 2018). The vast majority of emission costs, almost 80%, are a result of carbon dioxide emissions. During an equivalent time period, fuel costs have ranged from about EUR 395 million to about EUR 1,017 million. In addition to cargo volume, haulage and type of ship fuel costs are influenced by fuel price fluctuations.

Different scenarios can be produced by models. The following list gives some examples of scenarios where the traffic is from year 2019:

- When increasing the number of tonnes transported by RORO cargo ships by 2.6 million tonnes, total traffic grows by 2.6% and the total annual carbon dioxide emissions grow by as much as 6.1%. This is due to RORO vessels larger average ship sizes and the resulting higher average fuel consumption.
- When we add 1.6 million tonnes (almost double the current volume) to maritime transports to Asia, the increase in total cargo is 3.1% and total annual sulphur dioxide emissions increase by as much as 30% due to the long transport distance.
- When reducing the average speed in all types of vessels by 10%, total emissions drop by 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%, total emissions are reduced by 5–6%. In this case, cargo is transported on average by larger vessels.
- By reducing the sulphur content of fuel of all ships to 0.5% sulphur dioxide emissions are dropped in total by 62% and in the other sea areas than SECA 73%.
- When the average size of container ships is increased by 20% in traffic between HaminaKotka and Netherland's Rotterdam, the emissions of container ships were reduced by 6–7%.
- Reducing the average speed of chemical tanker ships by 10% in HaminaKotka to Netherland's Rotterdam traffic reduced the emissions of chemical tanker ships by 15–17%, depending on the emissions component.
- Reducing the average speed of RORO cargo ships by 20% in HaminaKotka to Germany's Lybeck traffic reduced the emissions of RORO cargo ships by 35–36%, depending on the emissions component.
- Changing the fuel of the RORO passenger ships to liquefied natural gas in Turku and Sweden's Stockholm traffic the effects on emissions depends on the emission component. RORO passenger ships' carbon monoxide emissions stay the same, hydrocarbon and methane emissions increase 2.5 times larger, nitrogen oxide, particle and sulphur emissions reduce each by 90%, nitrous oxide emissions reduce by 85% and carbon dioxide and carbon dioxide equivalent emissions reduce both 13%.

1 Johdanto

Merikuljetuksia koskevat päästörajoitukset, jotka edellyttävät kansainvälisten merikuljetusten päästöjen kehittymisen seurantaan. Samoin erilaiset meriliikenteen infrastruktuurin kehittämishankkeet edellyttävät päästöjen arvioimista. Tarvetta on myös seurata Suomen merikuljetusten päästöjen kehittymistä Suomen tuonnissa ja viennissä koko merimatkan.

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

Kansainvälisen merenkulkujärjestön IMO:n päätöksillä rajoitetaan alusliikenteen typpi- ja rikkioksidipäästöjä. Alusten käyttämän polttoaineen rikkipitoisuusraja laski Itämeren, Pohjanmeren ja Englannin kanaalin käsittävillä erityisalueilla (SECA-alue) 1,5 %:sta 1,0 %:iin 1.7.2010 alkaen sekä 0,1 %:iin vuoden 2015 alusta alkaen. Globaalisti polttoaineen korkein sallittu rikkipitoisuus laski vuonna 2012 4,5 %:sta 3,5 %:iin ja vuonna 2020 0,5 %:iin. Itämeren erityisalue kuuluu myös typpipäästöjen rajoitusalueisiin (NECA-alue), jossa laivojen on vähennettävä typenoksidipäästöjä 80 % verrattuna nykyiseen tasoon. Sääntely tulee kosemaan 1.1.2021 jälkeen rakennettavia uusia laivoja niiden purjehtiessa Itämerellä ja Pohjanmerellä sekä muilla NECA-alueilla. (Lähteet EU 2016 ja IMO 2019)

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

IMO:n päätöksellä kansainvälisen meriliikenteen kuljetusten tonnia/kilometri hiilidioksidipäästöjä vähennetään vähintään 40 % vuoteen 2030 mennessä ja 70 % vuoteen 2050 mennessä verrattuna vuoteen 2008. Vuotuisia absoluuttisia kasvihuonekaasupäästöjä vähennetään vähintään 50 % vuoteen 2050 mennessä. Merenkulun hiilidioksidipäästöjä mitataan ja seurataan aluskohtaisella tarkkuudella ja tulokset raportoidaan Euroopan komissiolle. (Lähteet IMO 2018 ja EU 2015)

Alusten satamapäästöjä voidaan vähentää tarjoamalla aluksille satamissa maasähköä sen sijaan, että alukset tuottaisivat tarvitsemansa sähkön dieselgeneraattoreilla. Maasähköä tarjoavat tällä hetkellä Oulun, Kemian ja Helsingin satamat. Maasähkön käyttöönotto vaatii satamalta suurehkon investoinnin syöttöjärjestelmään ja lisäksi aluksiin on tehtävä muutoksia, joiden kustannus saattaa vähentää varustamoiden halukkuutta hyödyntää maasähköä. Sähkön hinta suhteessa polttoainekustannukseen on myös oleellinen tekijä käyttöönottohalukkuudelle ja siten investoinnin kannattavuudelle.

MERIMA-malleissa on jo otettu huomioon alusten käyttämän polttoaineen rikkipitoisuusraajat. Mallien mahdollisissa tulevaisuissa päivityksissä otetaan huomioon rikkipitoisuusrajan muutokset, typenoksidipäästöjen rajoitukset ja hiilidioksidipäästöjen vähentämistavoitteet.

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

2 MERIMA-mallit

2.1 Lähtötiedot ja toimintaperiaate

Lähtötiedot

MERIMA-mallien lähtötilastoina käytetään Liikenne- ja viestintävirasto Traficomien Suomen kansainvälisten merikuljetusten tavaraliikenteen vuositilastoja alustyyppiä tuonnissa ja viennissä. Kokonaispäästömallissa tilastot ovat vuosilta 2007–2019 ja päästövertailumallissa vuodelta 2019. Kokonaispäästömallin aikasarjoissa on mukana myös vuodet 2005 ja 2006.

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



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



Kuva 2. Pohjois-Amerikan SECA-alue.

Meriväyläetäisyydet ja satamien sijainnit saatiin Liikenneviraston etäisyystietojen (lähteet Liikennevirasto a ja b), internetissä olevien etäisyyslaskureiden (lähteet mm. Ports.com, Sea-Distances.org, Sea Route Finder, Sea distances – voyage calculator ja World Ports Distances) ja muiden palveluiden (lähteet BarentsWatch, FleetMon, GoogleMaps ja MarineTraffic) avulla.

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

Toimintaperiaate

MERIMA-mallien laskenta perustuu satamaparien välillä kuljetettuihin tavaramääriin, satamaparien välisiin merialueille jaettuihin etäisyyksiin sekä eri alustyyppien tonnikipometri- ja lastitonnikohtaisiin yksikköpäästöihin. Tavaralastilla tarkoitetaan molemmissa malleissa nettolastia eli kuljetusyksikön (esim. kontti, traileri) sisällä olevan tavarain painoa.

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

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

-kulutus merellä ja satamassa. Polttoaineen kulutuskertoimet määritettiin erikseen kullekin tyyppialukselle. (Taulukko 1)

Taulukko 1. Tyyppialukset ja niiden ominaisuudet.

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

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

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

2.2 Kokonaispäästömalli

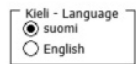
MERIMA-kokonaispäästömalli laskee Suomen ja ulkomaiden välisen meriliikenteen tavarakuljetusten vuosien 2005–2019 päästöt ja polttoaineen kulutuksen sekä päästö- ja polttoainekustannukset alustyypeittäin merellä ja satamassa sekä tuonnissa että viennissä. Polttoaineen kulutus, päästöt ja kustannukset lasketaan koko tiedossa olevalle matkan pituudelle merialueittain ja satamille sekä Suomessa että ulkomailla.

Kokonaispäästömallissa (Kuva 3) on 13 eri käyttöliittymää. Päästöt kaikilla merialueilla ja Päästökustannukset -käyttöliittymissä voidaan valita vertailtavaksi

vuosista 2007–2019 kaksi vuotta tai tehdä skenaarioita halutulle vuodelle muuttamalla tyyppialusten kokoja, lastien osuuksia DWT:stä ja nopeuksia. Päästöt kaikilla merialueilla -käyttöliittymässä voidaan muuttaa polttoaineiden osuuksia ja rikkipitoisuuksia muilla kuin päästörajoitetuilla merialueilla.

Kokonaispäästömallissa esitetään aikasarjat vuosilta 2005–2019 alustyypeittäin, tavaralajeittain ja liikennealueittain. Aikasarjat-käyttöliittymässä voidaan valita liikenteen suunta, kuljetettu lasti tai kuljetussuorite sekä päästökomponentti, polttoaineen kulutus, polttoainekustannukset tai päästökustannukset aikasarjan lähtötiedoiksi.

Erillisissä Skenaariot-käyttöliittymässä voidaan tehdä skenaarioita alustyypeittäin, tavaralajeittain ja liikennealueittain muuttamalla kuljetetun lastin määriä sekä asettamalla osan aluksista tai kaikkien alusten polttoaineeksi nesteytetty maakaasu. Skenaariot, alustyytit, Skenaariot, tavaralajit ja Skenaariot, liikennealueet -käyttöliittymässä lähtötiedoiksi voidaan valita vuosi, liikenteen suunta sekä päästökomponentti, polttoaineen kulutus, polttoainekustannukset tai päästökustannukset.



MERIMA

PÄÄSTÖLASKENTAMALLI
SUOMEN KANSAINVÄLINEN MERILIIKENNE
TAVARAKULJETUKSET



Väylävirasto
Trafikledsverket
Finnish Transport
Infrastructure Agency

SITOWISE

26.1.2021

SISÄLTÖ

	Valitse
Päästöt kaikilla merialueilla	<input type="checkbox"/>
Päästöt Itämerellä	<input type="checkbox"/>
Päästöt Pohjanmerellä ja Englannin kanaalissa	<input type="checkbox"/>
Päästöt muilla merialueilla	<input type="checkbox"/>
Päästöt Pohjois-Amerikan SECA-alueilla	<input type="checkbox"/>
Päästökustannukset	<input type="checkbox"/>
Aikasarjat, alustyytit	<input type="checkbox"/>
Aikasarjat, tavaralajit	<input type="checkbox"/>
Aikasarjat, liikennealueet	<input type="checkbox"/>
Skenaariot, alustyytit	<input type="checkbox"/>
Skenaariot, tavaralajit	<input type="checkbox"/>
Skenaariot, liikennealueet	<input type="checkbox"/>
Skenaariot, nesteytetty maakaasu alusten polttoaineena	<input type="checkbox"/>
Tyyppialukset	<input type="checkbox"/>
Polttoaineiden hinnat ja rikkipitoisuudet	<input type="checkbox"/>
Mallin kuvaus	<input type="checkbox"/>
Ohjausryhmä ja mallin tekijät	<input type="checkbox"/>

Kuva 3. MERIMA-kokonaispäästömallin etusivu.

2.3 Päästövertailumalli

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

Päästövertailumalliin otettiin mukaan vuoden 2019 liikennemääriltään 50 suurinta ulkomaan satamaa ja niiden 39 Suomen vastasatamaa. Yhteensä nämä satamat muodostavat 495 eri yhteysväliä (satamaparia). Tavaramäärillä mitattuna em. satamat kattavat 79 % koko tuonnista, 72 % koko viennistä ja 75 % koko liikenteestä.

Päästöjen vertailu reiteittäin -käyttöliittymässä voidaan tehdä vertailuja valitun Suomen ja ulkomaan satamaparin vuoden 2019 tavaraliikenteen perusteella, kun valitaan aluksen tyyppi sekä aluksen kokoa, lastin osuutta DWT:stä ja nopeutta muutetaan. Lisäksi voidaan haluttaessa syöttää oma lastimäärä ja valita alusten polttoaineeksi nesteytetty maakaasu. Vertailujen tekemistä varten käyttöliittymässä on kaksi samanlaista osaa. Päästömäärät, polttoaineen kulutus sekä päästö- ja polttoainekustannukset lasketaan valitun satamaparin tavaraliikenteen ja muiden tehtyjen valintojen perusteella merialueittain ja yhteensä kaikilla merialueilla.

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

Kieli - Language
 suomi
 English



Liikenne- ja viestintävirasto
Transport- och kommunikationsverket
Finnish Transport and Communications Agency



**SUOMEN KANSAINVÄLISEN MERILIIKENTEEN
TAVARAKULJETUSTEN PÄÄSTÖVERTAILUMALLI
VUOSI 2019**



Väylävirasto
Trafikledsverket
Finnish Transport
Infrastructure Agency

SISÄLTÖ

	Valitse
Päästöjen vertailu reiteittäin	<input type="checkbox"/>
Päästöjen vertailu aluskäyntikohtaisesti	<input type="checkbox"/>
Tyypialukset	<input type="checkbox"/>
Mallin kuvaus	<input type="checkbox"/>
Ohjausryhmä ja mallin tekijät	<input type="checkbox"/>



26.1.2021

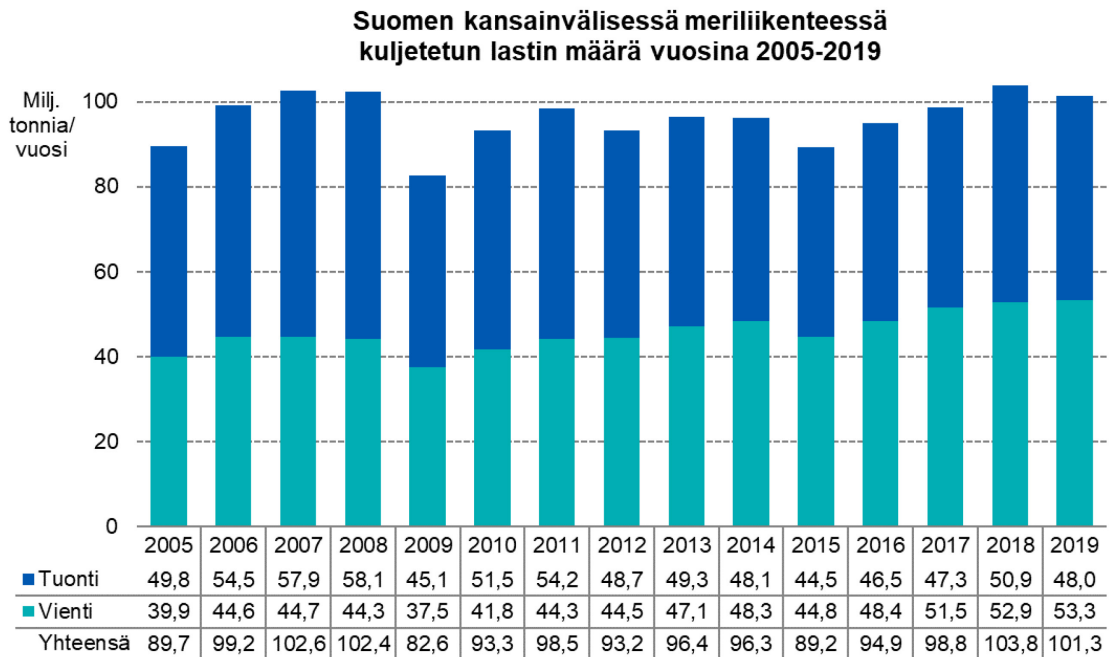
Kuva 4. MERIMA-päästövertailumallin etusivu.

3 MERIMA-mallien tuottamat tulokset

3.1 Kuljetusmäärät, kuljetussuoritteet ja polttoaineen kulutus

Kuljetetun lastin määrä

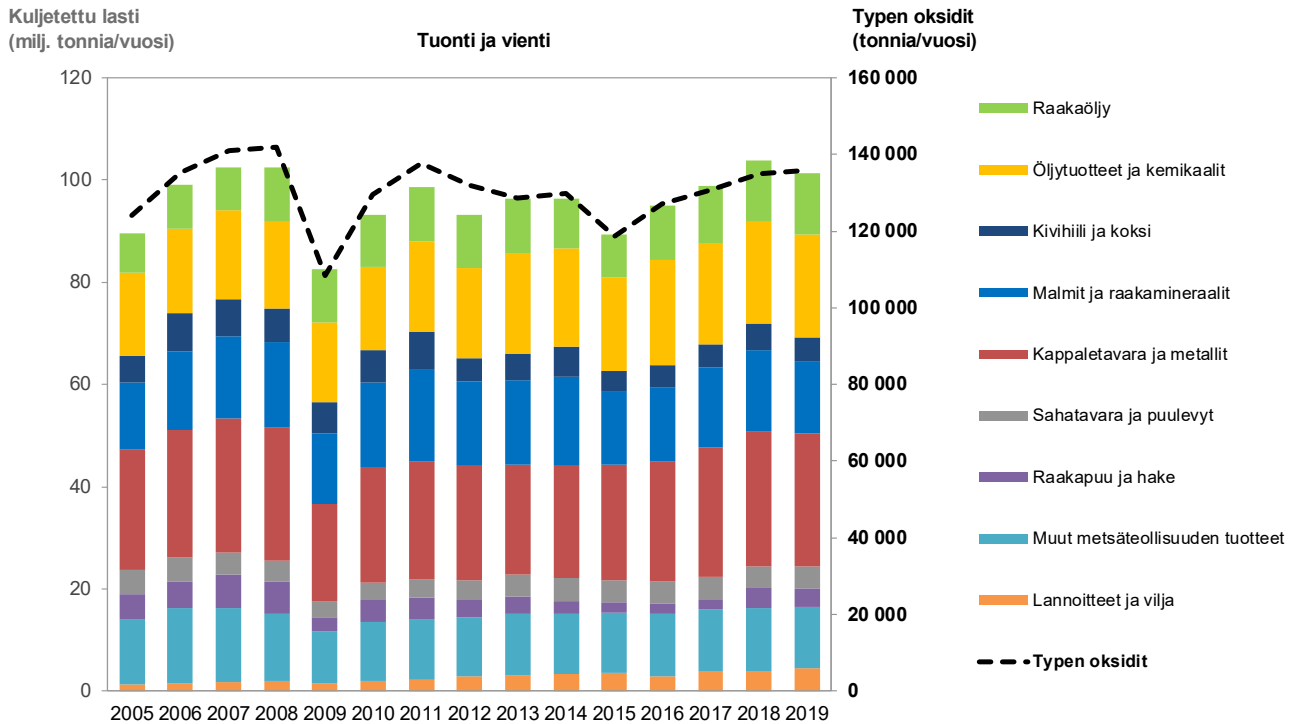
Vuosina 2005–2019 Suomen kansainvälisessä meriliikenteessä kuljetetun lastin määrä vaihteli noin 83 miljoonasta tonnista noin 104 miljoonaan tonniin. Tavara-lastilla tarkoitetaan molemmissa malleissa nettolastia eli kuljetusyksikön (esim. kontti, traileri) sisällä olevan tavaran painoa. Kuljetetun lastin määrä kasvoi tasaisesti vuodesta 2005 vuoteen 2007, kunnes vuoden 2008 lopulla kasvu taloudellisen taantuman vuoksi pysähtyi ja määrä laski edelleen vuonna 2009. Vuosina 2010 ja 2011 kuljetetun lastin määrä jatkoi kasvua, kunnes se vuonna 2012 kääntyi laskuun ja nousi jälleen hieman vuonna 2013. Vuosina 2013 ja 2014 kuljetetun lastin määrä pysyi lähes samana, kunnes vuonna 2015 määrä väheni. Vuodesta 2015 vuoteen 2018 kuljetetun lastin määrä kasvoi ja oli vuonna 2018 noin 104 miljoonaa tonnia. Vuonna 2019 kuljetetun lastin määrä väheni hieman noin 101 miljoonaan tonniin. Vuodesta 2014 alkaen kuljetetun lastin määrä on ollut suurempi viennissä kuin tuonnissa. Kuljetusmäärät sisältävät myös transitoliikenteen. (Kuva 5, liikennemäärätiedot lähde MERIMA-kokonaispäästömalli)



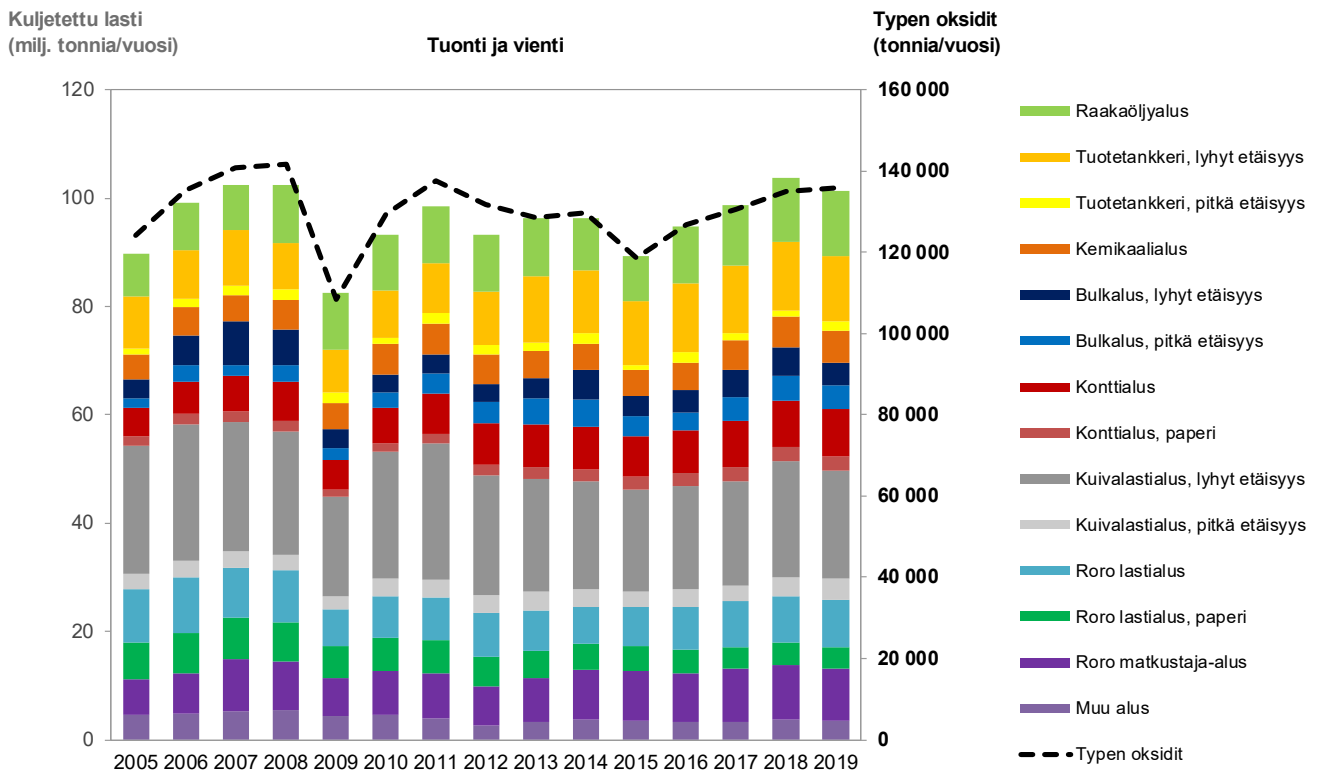
Liikennemäärätiedot lähde MERIMA-kokonaispäästömalli

Kuva 5. Suomen kansainvälisessä meriliikenteessä kuljetetun lastin määrä vuosina 2005–2019.

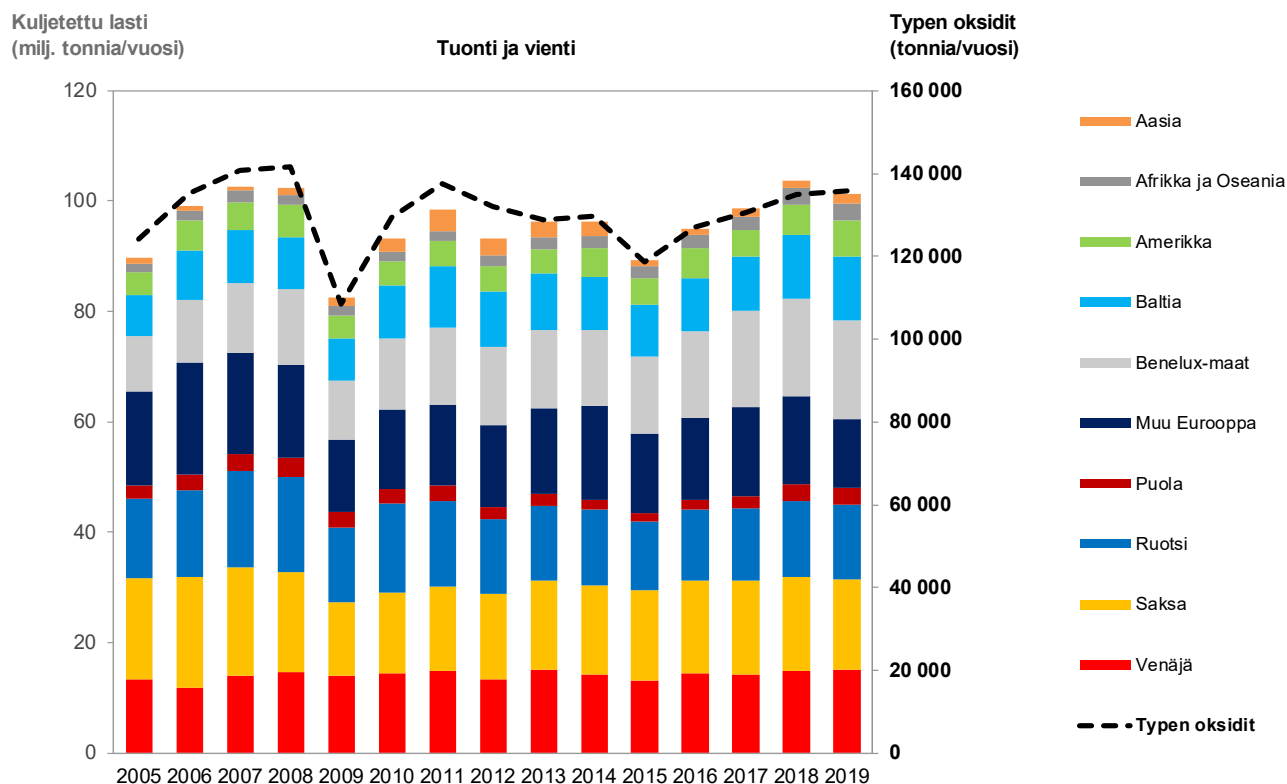
Kuljetetusta lastista suurin osa on ollut kappaletavaraa ja metalleja. Alustyypeistä eniten lastia on kuljetettu lyhyen etäisyyden kuivalastialuksilla. Viime vuosina vajaa puolet lastista on kuljetettu Suomen ja Ruotsin, Suomen ja Saksan sekä Suomen ja Venäjän välillä. (Kuva 6, Kuva 7 ja Kuva 8, lähde MERIMA-kokonaispäästömalli)



Kuva 6. Suomen kansainvälisessä meriliikenteessä kuljetetun lastin määrä tavaralajeittain vuosina 2005–2019. Kuvassa on esitetty myös typen oksidien päästöt. (Kuva lähde MERIMA-kokonaispäästömalli)

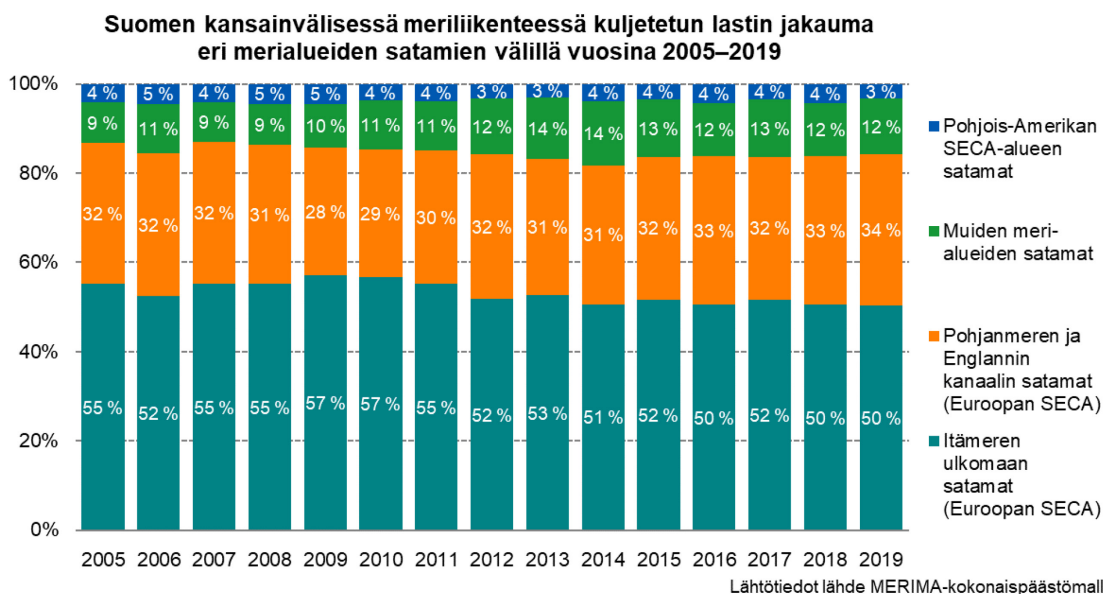


Kuva 7. Suomen kansainvälisessä meriliikenteessä kuljetetun lastin määrä alustyypeittäin vuosina 2005–2019. Kuvassa on esitetty myös typen oksidien päästöt. (Kuva lähde MERIMA-kokonaispäästömalli)



Kuva 8. Suomen kansainvälisessä meriliikenteessä kuljetetun lastin määrä liikennealueittain vuosina 2005–2019. Kuvassa on esitetty myös typen oksidien päästöt. (Kuva lähde MERIMA-kokonaispäästömalli)

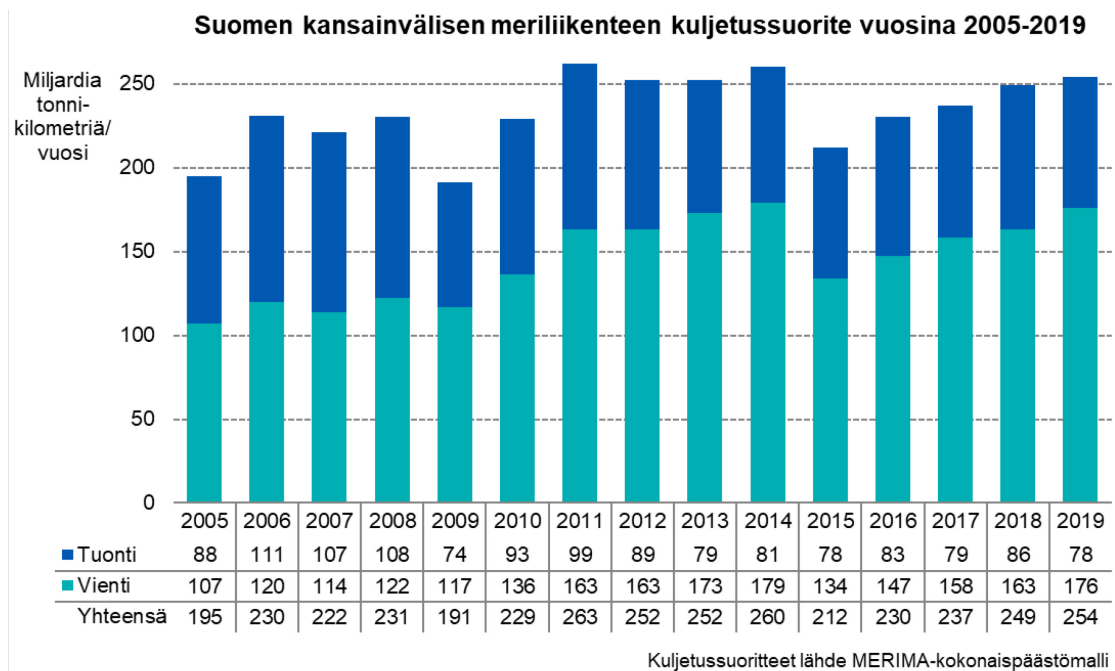
Vuosina 2005–2019 eniten lastia kuljetettiin Suomen satamien ja Itämeren ulkomaan satamien välillä. Itämeren ulkomaan satamien osuus oli vähintään puolet kaikesta Suomen satamien kautta kuljetetusta lastista. Suomen satamien sekä Pohjanmeren ja Englannin kanaalin satamien välillä kuljetettiin lastia 28–34 % kaikesta kuljetetusta lastista, Suomen satamien ja muiden merialueiden satamien välillä 9–14 % sekä Suomen satamien ja Pohjois-Amerikan SECA-alueen satamien välillä 3–5 % kaikesta kuljetetusta lastista. (Kuva 9, lähtötiedot lähde MERIMA-kokonaispäästömalli)



Kuva 9. Suomen kansainvälisessä meriliikenteessä kuljetetun lastin jakauma eri merialueiden satamien välillä vuosina 2005–2019.

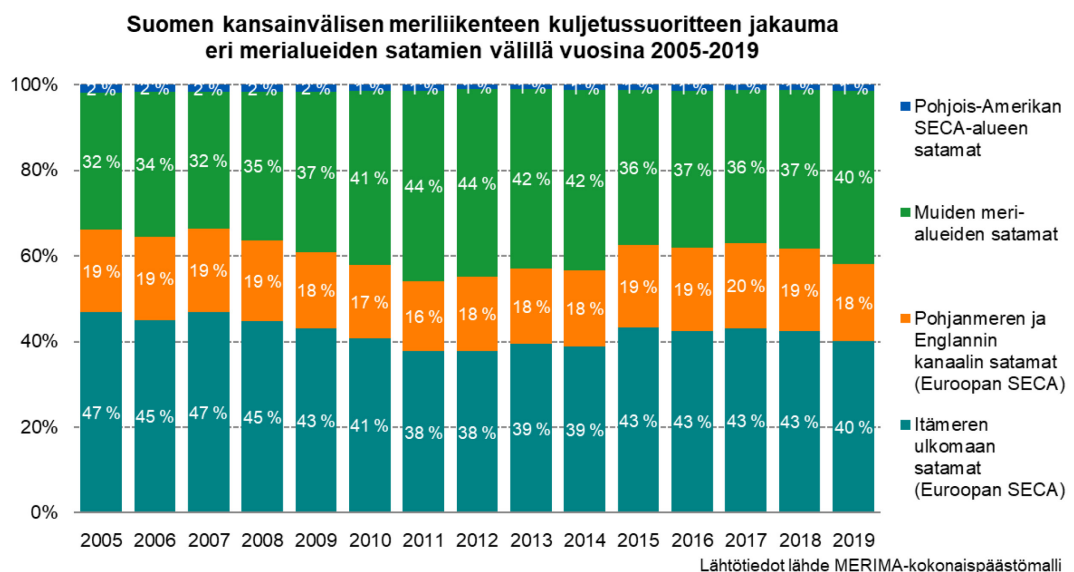
Kuljetussuorite

Suomen kansainvälisen meriliikenteen tavarakuljetusten vuotuinen kuljetussuorite vaihteli vuosina 2005–2019 noin 191 miljardista tonnikipilometrillä noin 263 miljardiin tonnikipilometriin. Viennin osuus kuljetussuoritteesta on ollut erityisesti 2010-luvulla selvästi suurempi kuin tuonnin. Luvun 3.2 kuvissa on esitetty kuljetussuorite myös alustyypeittäin, tavaralajeittain ja liikennealueittain. (Kuva 10, kuljetussuoritteet lähde MERIMA-kokonaispäästömalli)



Kuva 10. Suomen kansainvälisen meriliikenteen kuljetussuorite vuosina 2005–2019.

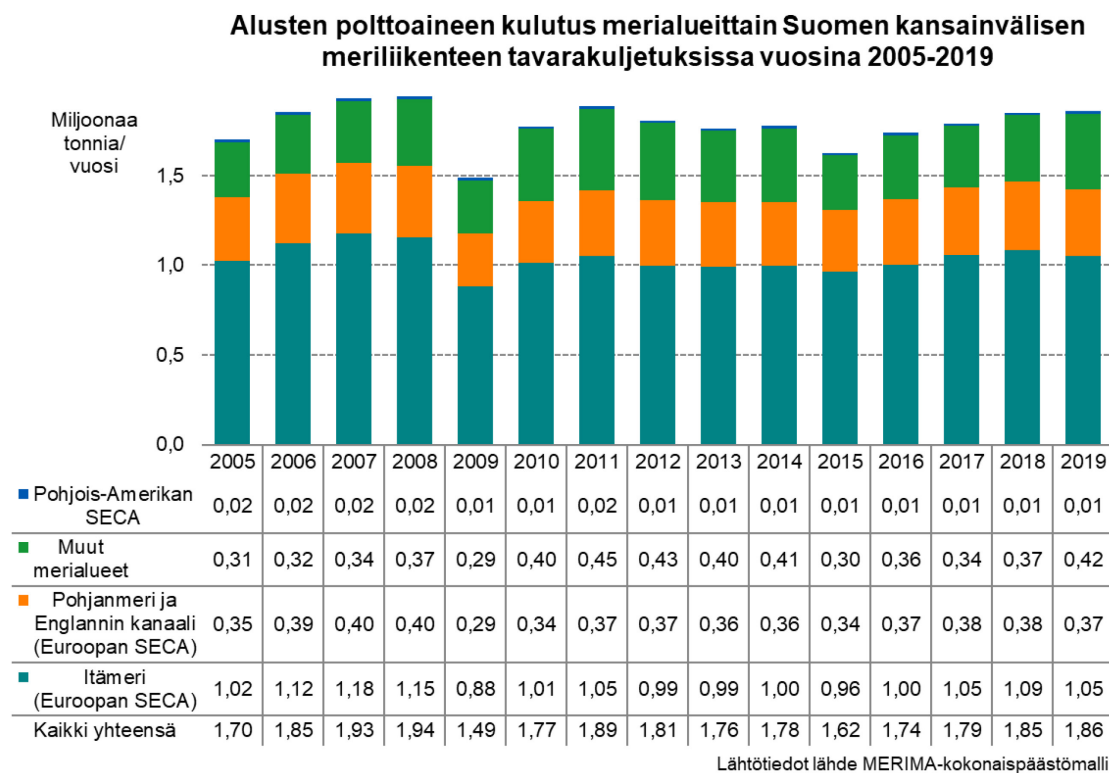
Vuosina 2005–2019 selvästi suurin osa kuljetussuoritteesta syntyi Suomen satamien ja Itämeren ulkomaan satamien (n. 38–47 % koko kuljetussuoritteesta) sekä Suomen satamien ja muiden merialueiden satamien välisistä kuljetuksista (n. 32–44 %). Suomen satamien sekä Pohjanmeren ja Englannin kanaalin satamien välisten kuljetusten osuus on ollut noin 16–20 % sekä Suomen satamien ja Pohjois-Amerikan SECA-alueen satamien osuus noin 1–2 % koko kuljetussuoritteesta. (Kuva 11, lähtötiedot lähde MERIMA-kokonaispäästömalli)



Kuva 11. Suomen kansainvälisen meriliikenteen kuljetussuoritteiden jakauma eri merialueiden satamien välillä vuosina 2005–2019.

Polttoaineen kulutus

Alusten polttoaineen vuotuinen kokonaiskulutus Suomen kansainvälisen meriliikenteen tavarakuljetuksissa vaihteli vuosina 2005–2019 noin 1,49 miljoonasta tonnista noin 1,94 miljoonaan tonniin. Määrä sisältää sekä raskaan että kevyen polttoöljyn kulutuksen. Selvästi suurin osa polttoaineen kulutuksesta kohdistui Itämerelle. (Kuva 12, lähtötiedot lähde MERIMA-kokonaispäästömalli)



Kuva 12. Alusten polttoaineen kulutus merialueittain Suomen kansainvälisen meriliikenteen tavarakuljetuksissa vuosina 2005–2019.

3.2 Päästöt

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

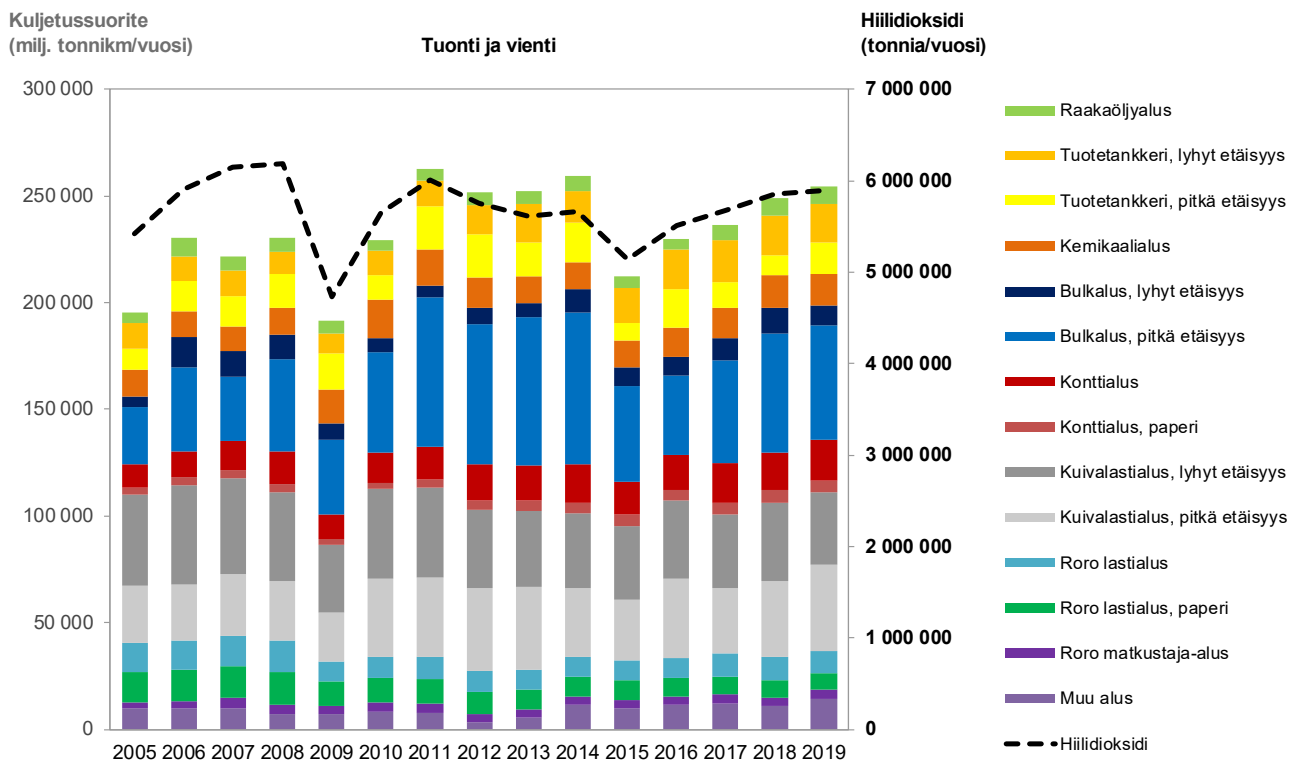
Päästöjen laskenta perustuu malleissa eri alustyyppien yksikköpäästöihin tonnikiometriä kohti. Eri alustyyppien yksikköpäästöt poikkeavat toisistaan (Taulukko 1). Tästä seuraa se, että joinakin vuosina päästöt ovat voineet vähentyä, vaikka kokonaisliikenne on kasvanut ja päinvastoin. Päästöjen kokonaismäärään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

Seuraavassa on käsitelty hiilidioksidi- ja rikkidioksidipäästöjen kehittymistä vuosina 2005–2019. Kaikkien päästökomenttien päästömäärät vuosilta 2018 ja 2019 on esitetty luvun lopussa olevissa taulukoissa (Taulukko 2, Taulukko 4 ja Taulukko 5).

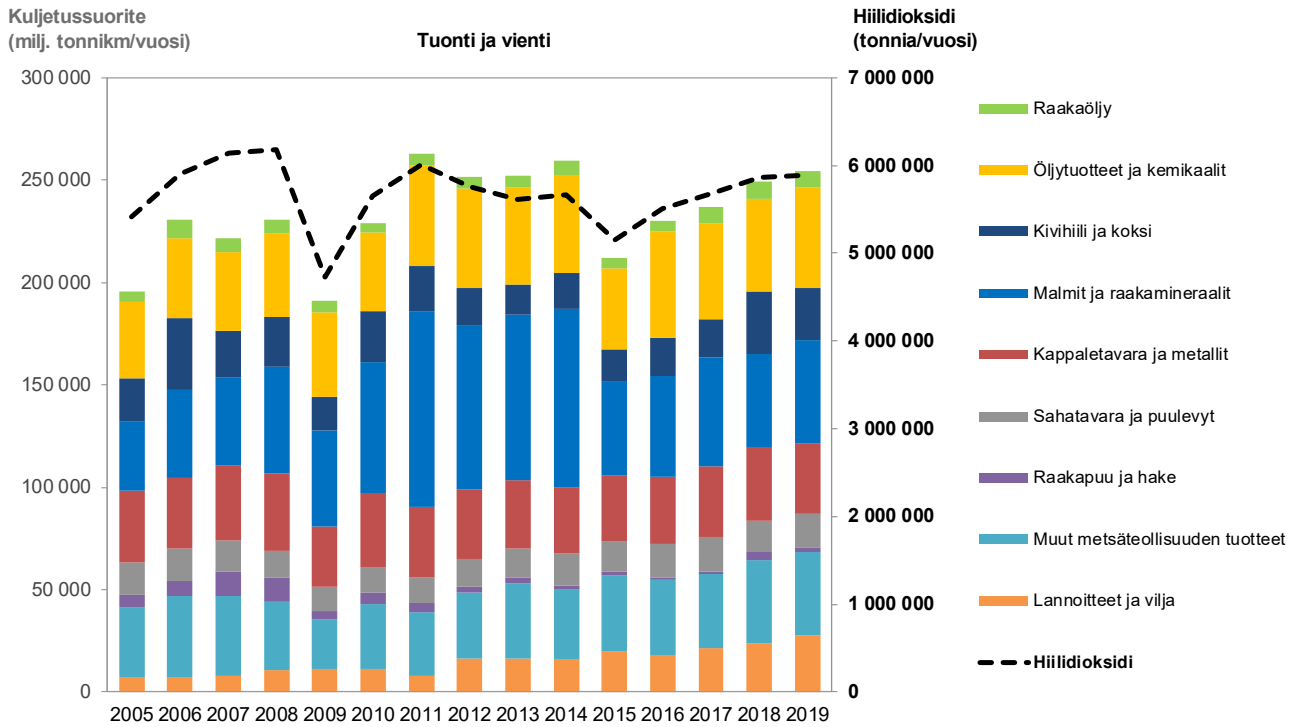
Hiilidioksidipäästöt

Suomen kansainvälisen meriliikenteen tavarakuljetuksista aiheutuneet hiilidioksidipäästöt kasvoivat tasaisesti vuodesta 2005 vuoteen 2008 saakka, jonka jälkeen ne vähenivät selvästi. Vuodesta 2009 vuoteen 2011 hiilidioksidipäästöt kasvoivat, minkä jälkeen ne vähenivät joka vuosi vuotta 2014 lukuun ottamatta. Vuodesta 2015 alkaen hiilidioksidipäästöt ovat kasvaneet joka vuosi. Vuosien 2005–2019 ajanjaksolla hiilidioksidipäästöjen määrä vaihteli vuosittain noin 4,7 miljoonasta tonnista noin 6,2 miljoonaan tonniin. (Kuva 13, Kuva 14 ja Kuva 15)

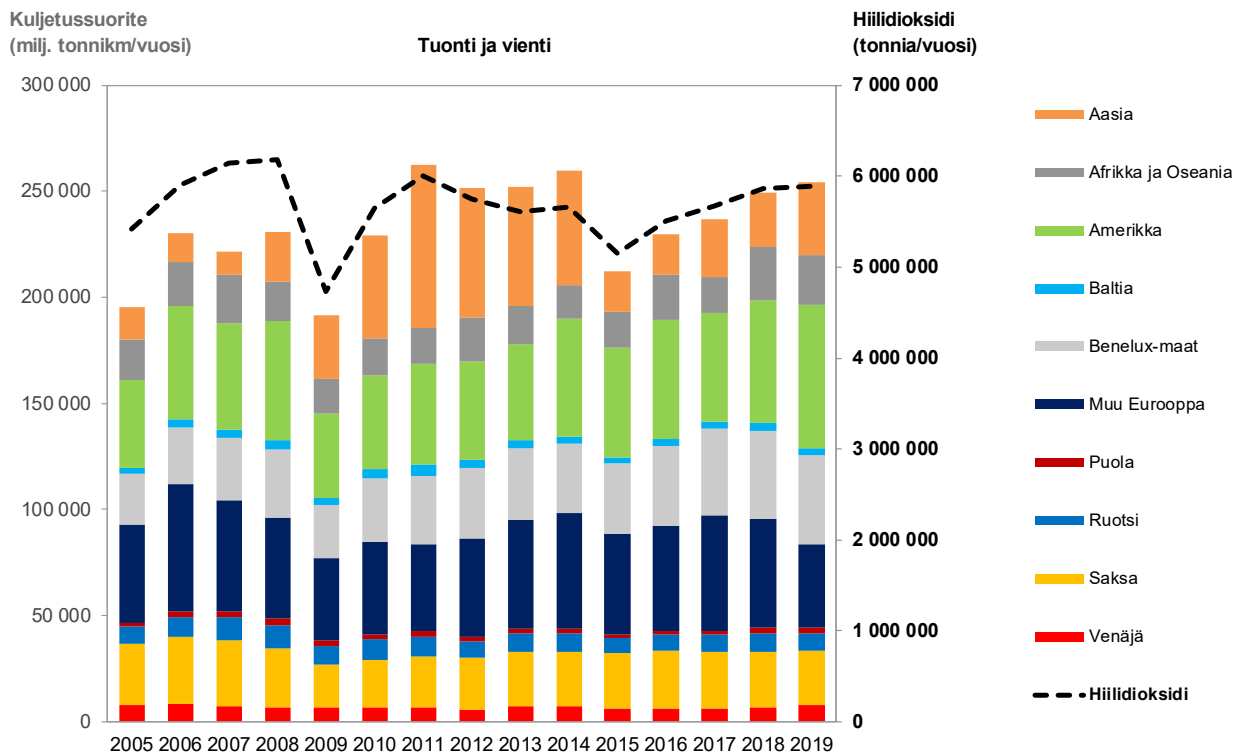
Verrattuna kuljetussuoritteeseen muutokseen hiilidioksidipäästöt kasvoivat esimerkiksi vuodesta 2006 vuoteen 2007 siitä huolimatta, että kuljetussuorite väheni. Tämä johtuu siitä, että lastia on kuljetettu vähemmän sellaisilla alustyypeillä, joiden yksikköpäästö on pieni (esimerkiksi bulkalukset) ja enemmän sellaisilla aluksilla, joiden yksikköpäästö on suuri (esimerkiksi kontti- ja roro-alukset). Vastavasti kuljetussuorite kasvoi vuodesta 2010 vuoteen 2011 enemmän kuin hiilidioksidipäästöt kasvoivat. Vuoden 2015 hiilidioksidipäästöjen väheneminen johtui pääasiassa pitkämatkaisen Aasian liikenteen vähenemisestä, joka vähensi kuljetussuoritetta huomattavasti. (Kuva 13, Kuva 14 ja Kuva 15)



Kuva 13. Suomen kansainvälisen meriliikenteen tavarakuljetusten hiilidioksidipäästöt vuosina 2005–2019. Kuljetussuoritteiden jakauma on esitetty alustyypeittäin. (Kuva lähde MERIMA-kokonaispäästömalli)



Kuva 14. Suomen kansainvälisen meriliikenteen tavarakuljetusten hiilidioksidipäästöt vuosina 2005–2019. Kuljetussuoritteiden jakauma on esitetty tavaralajeittain. (Kuva lähde MERIMA-kokonaispäästömalli)



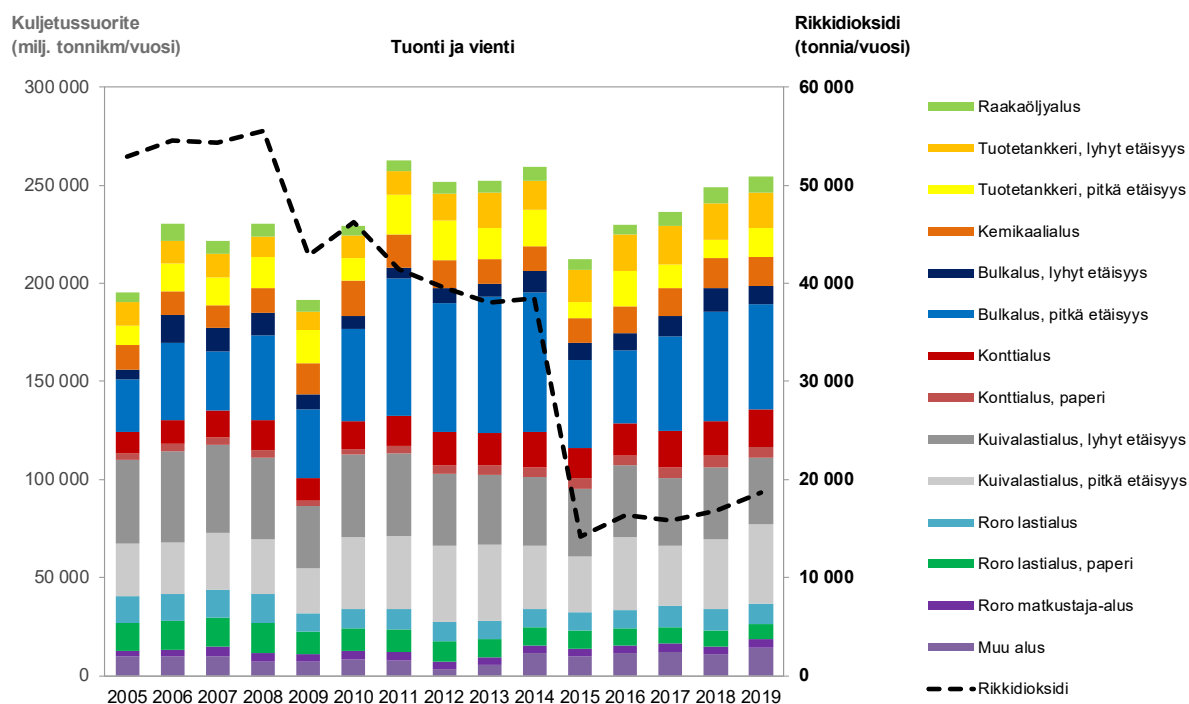
Kuva 15. Suomen kansainvälisen meriliikenteen tavarakuljetusten hiilidioksidipäästöt vuosina 2005–2019. Kuljetussuoritteiden jakauma on esitetty liikennealueittain. (Kuva lähde MERIMA-kokonaispäästömalli)

Rikkidioksidipäästöt

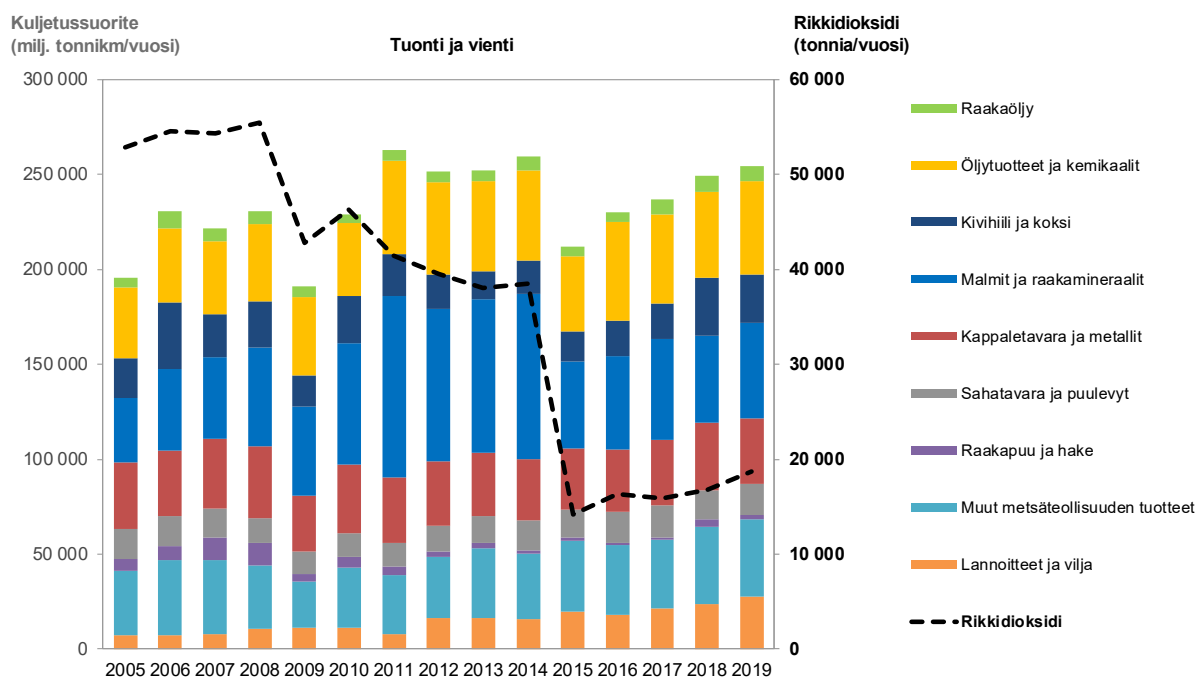
Suomen kansainvälisen meriliikenteen tavarakuljetuksista aiheutuneet rikkidioksidipäästöt pysyivät vuosina 2005–2008 suunnilleen samalla tasolla siitä huolimatta, että kuljetussuorite kasvoi vuosina 2005–2007. Rikkidioksidipäästöt pysyivät samalla tasolla, koska alusten polttoaineena käyttämän raskaan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

Vuonna 2015 rikkidioksidipäästöt vähenivät edelliseen vuoteen verrattuna runsaat 60 %, koska polttoaineen rikkipitoisuus pieneni 0,1 %:iin rikkidirektiivin tultua voimaan SECA-alueilla ja myös kuljetussuorite pieneni edelliseen vuoteen verrattuna. Rikkidioksidipäästöjen määrä vaihteli vuosina 2005–2014 noin 38 000 tonnista noin 55 500 tonniin ja vuosina 2015–2019 noin 14 100 tonnista noin 18 700 tonniin. Verrattuna kuljetussuoritteeseen rikkidioksidipäästöjen muutokseen vaikuttaa kuljetussuoritteeseen alustyyppittäinen jakauma samalla tavalla kuin hiilidioksidipäästöissä. (Kuva 16, Kuva 17 ja Kuva 18)

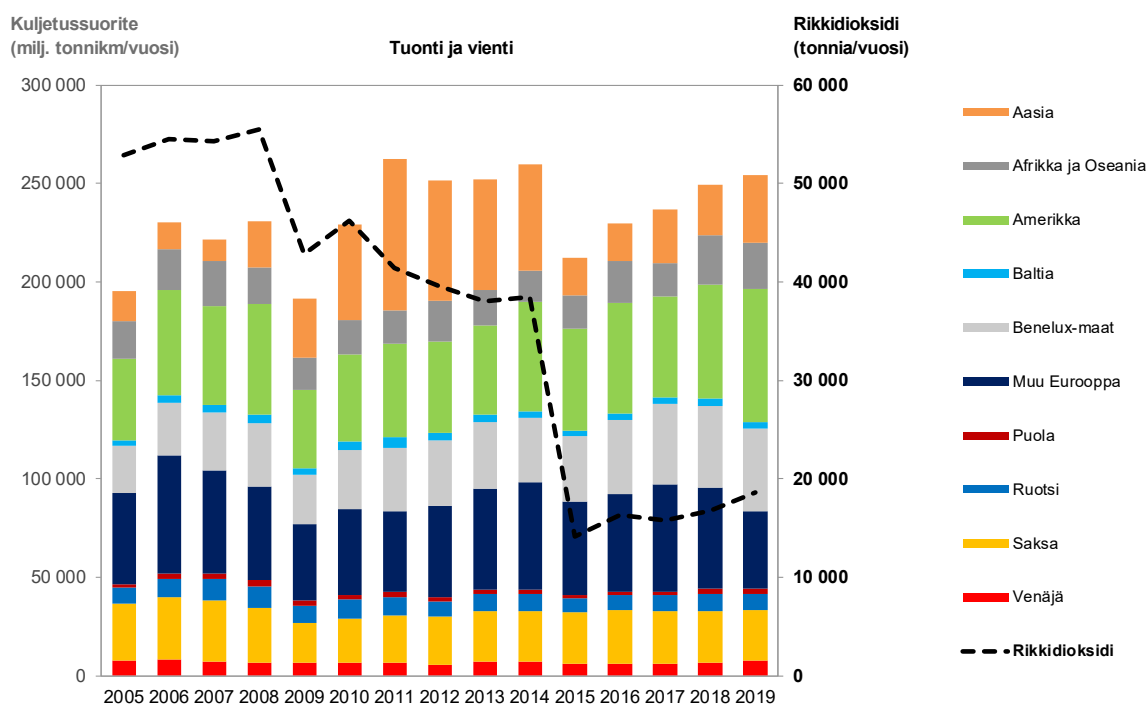
Vuodesta 2018 vuoteen 2019 rikkidioksidipäästöt kasvoivat noin 11 %, mutta kuljetussuorite kasvoi vain noin 2 %. Rikkidioksidipäästöjen suurempi suhteellinen kasvu verrattuna kuljetussuoritteeseen johtui Aasiaan ja Amerikkaan suuntautuneiden kuljetusten suoritteiden kasvusta ja muuhun Eurooppaan suuntautuneiden kuljetusten suoritteiden vähenemisestä (Kuva 18). Tällöin alukset liikkuvat pitkiä etäisyyksiä SECA-alueiden ulkopuolisella merialueella, joilla on lupa käyttää rikkipitoisuudeltaan korkeampaa polttoainetta kuin SECA-alueilla.



Kuva 16. Suomen kansainvälisen meriliikenteen tavarakuljetusten rikkidioksidipäästöt vuosina 2005–2019. Kuljetussuoritteiden jakauma on esitetty alustyyppittäin. (Kuva lähde MERIMA-kokonaispäästömalli)



Kuva 17. Suomen kansainvälisen meriliikenteen tavarakuljetusten rikkidioksidipäästöt vuosina 2005–2019. Kuljetussuoritteiden jakauma on esitetty tavaralajeittain. (Kuva lähde MERIMA-kokonaispäästömalli)



Kuva 18. Suomen kansainvälisen meriliikenteen tavarakuljetusten rikkidioksidipäästöt vuosina 2005–2019. Kuljetussuoritteiden jakauma on esitetty liikennealueittain. (kuva lähde MERIMA-kokonaispäästömalli)

Vuonna 2020 astui voimaan tiukat polttoaineiden rikkirajoitukset SECA-alueiden ulkopuolella. 1.1.2020 lähtien polttoaineiden rikkipitoisuus saa olla enintään 0,5 %. On kuitenkin sallittua käyttää enemmän rikkiä sisältävää polttoainetta, jos pakokaasupäästöt pudistetaan savukaasupesureilla (skrubberi) vastaamaan 0,5 prosenttisen polttoaineen rikkidioksidipäästöä. Vuonna 2019 raskaan polttoöljyn (residuals) keskimääräinen rikkipitoisuus oli vielä 2,34 % (lähde IMO 2020). Uusi rikkiraja ei siis vielä vuonna 2019 näkynyt vahvasti ja pudotus vuonna 2020 tulee olemaan rajua.

Päästöt vuosina 2018 ja 2019

Vuodesta 2018 vuoteen 2019 Suomen kansainvälisen meriliikenteen tavarakuljetuksista aiheutuneet päästöt kasvoivat noin 0,5–0,6 % lukuun ottamatta rikkidioksidipäästöjä, jotka kasvoivat noin 11,2 % ja hiukkaspäästöjä, jotka kasvoivat noin 3,9 % (Taulukko 2). Kuljetetun lastin määrä väheni samalla ajanjaksolla noin 2,4 % ja kuljetussuorite kasvoi noin 2,1 % (Taulukko 3). Rikkidioksidipäästöjen suhteessa suurempaa kasvua on selitetty edellä tämän luvun kappaleessa Rikkidioksidipäästöt.

Taulukko 2. Suomen kansainvälisen meriliikenteen tavarakuljetusten päästöt komponentteittain vuosina 2018 ja 2019 (taulukko lähde MERIMA-kokonaispäästömalli).

PÄÄSTÖT (tonnia/vuosi)	Hiilimonoksidi (CO)			Hiilivedyt (HC)			Typen oksidit (NO _x)			Hiukkaset (PM)			Metaani (CH ₄)		
	2018	2019	Muutos	2018	2019	Muutos	2018	2019	Muutos	2018	2019	Muutos	2018	2019	Muutos
Merellä	4 760	4 789	+0,6 %	992	998	+0,6 %	131 849	132 644	+0,6 %	1 422	1 479	+4,0 %	471	474	+0,6 %
Satamassa	143	141	-1,3 %	47	46	-1,4 %	3 149	3 107	-1,3 %	35	35	-0,6 %	12	12	-1,4 %
Yhteensä	4 904	4 930	+0,5 %	1 038	1 044	+0,5 %	134 998	135 751	+0,6 %	1 457	1 514	+3,9 %	483	486	+0,6 %
Tuonti	1 914	1 770	-7,5 %	406	376	-7,5 %	52 650	48 665	-7,6 %	546	498	-8,8 %	188	174	-7,6 %
Vienti	2 989	3 161	+5,7 %	632	668	+5,7 %	82 348	87 087	+5,8 %	911	1 016	+11,5 %	295	311	+5,7 %
Yhteensä	4 904	4 930	+0,5 %	1 038	1 044	+0,5 %	134 998	135 751	+0,6 %	1 457	1 514	+3,9 %	483	486	+0,6 %

PÄÄSTÖT (tonnia/vuosi)	Typpioksiduuli (N ₂ O)			Rikkidioksidi (SO ₂)			Hiilidioksidi (CO ₂)			Hiilidioksidiekvivalentti (CO ₂ -ekv.)		
	2018	2019	Muutos	2018	2019	Muutos	2018	2019	Muutos	2018	2019	Muutos
Merellä	160	161	+0,6 %	16 681	18 570	+11,3 %	5 702 554	5 738 036	+0,6 %	5 762 059	5 797 900	+0,6 %
Satamassa	4	4	-1,4 %	100	98	-1,4 %	157 636	155 489	-1,4 %	159 134	156 967	-1,4 %
Yhteensä	164	165	+0,6 %	16 781	18 668	+11,2 %	5 860 191	5 893 526	+0,6 %	5 921 194	5 954 867	+0,6 %
Tuonti	64	59	-7,6 %	5 635	4 899	-13,1 %	2 286 411	2 113 530	-7,6 %	2 310 208	2 135 528	-7,6 %
Vienti	100	106	+5,7 %	11 145	13 769	+23,5 %	3 573 779	3 779 995	+5,8 %	3 610 986	3 819 339	+5,8 %
Yhteensä	164	165	+0,6 %	16 781	18 668	+11,2 %	5 860 191	5 893 526	+0,6 %	5 921 194	5 954 867	+0,6 %

Taulukko 3. Suomen kansainvälisessä meriliikenteessä kuljetetut lastit ja meriliikenteen kuljetussuoritteet vuosina 2018 ja 2019 (taulukko lähde MERIMA-kokonaispäästömalli).

	KULJETETTU LASTI			KULJETUSSUORITE		
	(milj. tonnia/vuosi)			(milj. tonnikm/vuosi)		
	2018	2019	Muutos	2018	2019	Muutos
Raakaöljyalus	11,9	11,9	+0,4 %	8 198	8 115	-1,0 %
Tuotetankkeri, lyhyt etäisyys	12,6	12,1	-4,2 %	18 858	17 811	-5,5 %
Tuotetankkeri, pitkä etäisyys	1,1	1,7	+58,7 %	9 591	14 965	+56,0 %
Kemikaalialus	5,8	5,9	+1,1 %	15 159	14 951	-1,4 %
Bulkalus, lyhyt etäisyys	5,3	4,3	-17,8 %	12 206	9 334	-23,5 %
Bulkalus, pitkä etäisyys	4,6	4,4	-4,5 %	55 456	53 405	-3,7 %
Konttialus	8,4	8,7	+3,3 %	17 379	19 466	+12,0 %
Konttialus, paperi	2,8	2,5	-10,4 %	5 998	5 336	-11,0 %
Kuivalastialus, lyhyt etäisyys	21,3	20,1	-5,9 %	36 821	34 009	-7,6 %
Kuivalastialus, pitkä etäisyys	3,5	3,8	+10,8 %	35 592	40 473	+13,7 %
Roro lastialus	8,7	8,8	+1,3 %	10 851	10 513	-3,1 %
Roro lastialus, paperi	4,0	3,8	-4,2 %	8 247	7 518	-8,8 %
Roro matkustaja-alus	10,2	9,8	-4,0 %	4 228	4 055	-4,1 %
Muu alus	3,7	3,4	-8,1 %	10 696	14 454	+35,1 %
Yhteensä	103,8	101,3	-2,4 %	249 280	254 405	+2,1 %
Tuonti	50,9	48,0	-5,7 %	85 871	78 279	-8,8 %
Vienti	52,9	53,3	+0,7 %	163 409	176 126	+7,8 %
Yhteensä	103,8	101,3	-2,4 %	249 280	254 405	+2,1 %

Vuodesta 2018 vuoteen 2019 Suomen kansainvälisen meriliikenteen tavarakuljetuksista aiheutuneet päästöt muuttuivat eri alustyypeillä eri tavalla. Päästömäärien erilaiset muutokset eri alustyypeillä johtuvat erilaisista kuljetussuoritteiden muutoksista eri alustyypeillä ja eri merialueilla. Esimerkiksi rikkidioksidipäästöt vähenivät eniten lyhyen etäisyyden bulkaluksilla (n. 26 %) ja lyhyen etäisyyden tuotetankkereilla (n. 23 %) sekä kasvoivat eniten raakaöljyaluksilla (n. 128 %) ja konttialuksilla (n. 111 %). (Taulukko 4 ja Taulukko 3)

Raakaöljyalusten rikkidioksidipäästöjen suuri suhteellinen kasvu vuodesta 2018 vuoteen 2019 johtui siitä, että muiden merialueiden kuin SECA-alueiden kautta tuotiin Suomeen vuonna 2019 selvästi enemmän raakaöljyä kuin vuonna 2018. Vuonna 2018 Suomeen tuotiin raakaöljyä muiden kuin SECA-alueiden kautta ainoastaan Venäjän Murmanskista. Murmanskista vuonna 2018 kuljetetun raakaöljyn osuus raakaöljyalusten kokonaiskuljetusmäärästä oli noin 0,9 % ja kokonaiskuljetussuoritteesta noin 2,3 %, kun vuonna 2019 muiden kuin SECA-alueiden kautta tuodun raakaöljyn osuus oli raakaöljyalusten kokonaiskuljetusmäärästä 3,9 % ja kokonaiskuljetussuoritteesta 14,0 %. Vuonna 2019 muiden kuin SECA-alueiden kautta raakaöljyä tuotiin Suomeen 4,5-kertainen määrä verrattuna vuoteen 2018. SECA-alueiden ulkopuolisia satamia, joista raakaöljyä tuotiin vuonna 2019 Suomeen, olivat Venäjän Murmansk ja Novorossiysk sekä Norjan Karlsøy. SECA-alueiden ulkopuolisilla merialueilla alukset saavat käyttää rikkipitoisuudeltaan korkeampaa polttoainetta kuin SECA-alueilla, joka on otettu huomioon mallissa.

Myös konttialusten rikkidioksidipäästöjen suuri kasvu vuodesta 2018 vuoteen 2019 johtuu siitä, että muilla merialueilla, joilla alukset saavat käyttää rikkipitoisuudeltaan korkeampaa polttoainetta kuljetettiin selvästi enemmän tavaraa kuin vuonna 2018.

Taulukko 4. Suomen kansainvälisen meriliikenteen tavarakuljetusten päästöt alustyypeittäin ja komponentteittain vuosina 2018 ja 2019 (taulukko lähde ME-RIMA-kokonaispäästömalli).

PÄÄSTÖT ALUSTYYPEITTÄIN

(tonnia/vuosi)

Merellä ja satamassa yhteensä

	Hiilimonoksidi (CO)			Hiilivedyt (HC)			Typen oksidit (NO _x)			Hiukkaset (PM)			Metaani (CH ₄)		
	2018	2019	Muutos	2018	2019	Muutos	2018	2019	Muutos	2018	2019	Muutos	2018	2019	Muutos
Raakaöljyalus	38	38	-0,8 %	8	8	-0,8 %	1 051	1 043	-0,8 %	12	13	+10,5 %	3,8	3,7	-0,8 %
Tuotetankkeri, lyhyt etäisyys	219	207	-5,5 %	46	44	-5,5 %	5 996	5 666	-5,5 %	62	57	-7,6 %	21,4	20,2	-5,5 %
Tuotetankkeri, pitkä etäisyys	75	117	+56,1 %	16	25	+56,1 %	2 077	3 242	+56,1 %	34	55	+59,6 %	7,4	11,6	+56,0 %
Kemikaalialus	236	234	-1,0 %	53	53	-0,9 %	6 399	6 329	-1,1 %	67	66	-0,9 %	22,9	22,6	-1,1 %
Bulkaalus, lyhyt etäisyys	117	90	-23,3 %	25	19	-23,2 %	3 227	2 472	-23,4 %	33	25	-23,9 %	11,5	8,8	-23,4 %
Bulkaalus, pitkä etäisyys	338	326	-3,7 %	71	68	-3,7 %	9 349	9 003	-3,7 %	164	158	-3,9 %	33,4	32,2	-3,7 %
Konttialus	599	669	+11,7 %	127	142	+11,6 %	16 496	18 438	+11,8 %	141	174	+23,5 %	58,9	65,9	+11,8 %
Konttialus, paperi	136	121	-11,0 %	29	26	-11,0 %	3 754	3 340	-11,0 %	31	27	-11,0 %	13,4	11,9	-11,0 %
Kuivalastialus, lyhyt etäisyys	773	714	-7,6 %	164	151	-7,6 %	21 308	19 690	-7,6 %	205	189	-7,6 %	76,1	70,4	-7,6 %
Kuivalastialus, pitkä etäisyys	572	651	+13,7 %	120	136	+13,7 %	15 837	18 007	+13,7 %	268	309	+15,0 %	56,6	64,3	+13,7 %
Roro lastialus	1 039	1 007	-3,1 %	218	212	-3,0 %	28 638	27 757	-3,1 %	239	231	-3,2 %	102,6	99,4	-3,1 %
Roro lastialus, paperi	250	228	-8,8 %	53	48	-8,8 %	6 914	6 305	-8,8 %	63	57	-9,6 %	24,7	22,6	-8,8 %
Roro matkustaja-alus	407	391	-4,1 %	87	83	-4,1 %	11 118	10 662	-4,1 %	92	88	-4,1 %	40,0	38,4	-4,1 %
Muu alus	103	138	+33,7 %	22	29	+33,0 %	2 834	3 797	+34,0 %	47	65	+38,0 %	10,1	13,6	+34,0 %
Yhteensä	4 904	4 930	+0,5 %	1 038	1 044	+0,5 %	134 998	135 751	+0,6 %	1 457	1 514	+3,9 %	482,9	485,6	+0,6 %

PÄÄSTÖT ALUSTYYPEITTÄIN

(tonnia/vuosi)

Merellä ja satamassa yhteensä

	Typpioksiduuli (N ₂ O)			Rikkidioksidi (SO ₂)			Hiilidioksidi (CO ₂)			Hiilidioksidiekvivalentti (CO ₂ -ekv.)		
	2018	2019	Muutos	2018	2019	Muutos	2018	2019	Muutos	2018	2019	Muutos
Raakaöljyalus	1,3	1,3	-0,8 %	39	89	+128,4 %	45 521	45 182	-0,7 %	45 995	45 652	-0,7 %
Tuotetankkeri, lyhyt etäisyys	7,3	6,9	-5,5 %	330	255	-22,7 %	259 988	245 675	-5,5 %	262 689	248 228	-5,5 %
Tuotetankkeri, pitkä etäisyys	2,5	3,9	+56,0 %	705	1 139	+61,5 %	90 176	140 749	+56,1 %	91 113	142 211	+56,1 %
Kemikaalialus	7,8	7,7	-1,1 %	765	757	-1,1 %	280 182	277 204	-1,1 %	283 072	280 063	-1,1 %
Bulkaalus, lyhyt etäisyys	3,9	3,0	-23,4 %	331	245	-26,0 %	139 896	107 209	-23,4 %	141 352	108 325	-23,4 %
Bulkaalus, pitkä etäisyys	11,4	10,9	-3,7 %	3 692	3 518	-4,7 %	406 138	391 085	-3,7 %	410 357	395 149	-3,7 %
Konttialus	20,0	22,4	+11,8 %	649	1 370	+111,0 %	714 683	799 023	+11,8 %	722 130	807 346	+11,8 %
Konttialus, paperi	4,6	4,1	-11,0 %	105	93	-11,4 %	162 702	144 792	-11,0 %	164 397	146 299	-11,0 %
Kuivalastialus, lyhyt etäisyys	25,9	23,9	-7,6 %	1 726	1 586	-8,1 %	923 231	853 138	-7,6 %	932 849	862 025	-7,6 %
Kuivalastialus, pitkä etäisyys	19,2	21,9	+13,7 %	5 853	6 743	+15,2 %	687 514	781 784	+13,7 %	694 662	789 912	+13,7 %
Roro lastialus	34,9	33,8	-3,1 %	850	807	-5,0 %	1 241 638	1 203 640	-3,1 %	1 254 595	1 216 201	-3,1 %
Roro lastialus, paperi	8,4	7,7	-8,8 %	424	365	-13,9 %	299 581	273 219	-8,8 %	302 707	276 070	-8,8 %
Roro matkustaja-alus	13,6	13,0	-4,1 %	307	294	-4,1 %	485 621	465 723	-4,1 %	490 677	470 571	-4,1 %
Muu alus	3,4	4,6	+34,0 %	1 005	1 407	+40,0 %	123 319	165 102	+33,9 %	124 599	166 816	+33,9 %
Yhteensä	164,2	165,1	+0,6 %	16 781	18 668	+11,2 %	5 860 191	5 893 526	+0,6 %	5 921 194	5 954 867	+0,6 %

Päästöt merialueilla vuosina 2018 ja 2019

Suomen kansainvälisen meriliikenteen tavarakuljetuksista aiheutuneista päästöistä kohdistui rikkidioksidi- ja hiukkaspäästöjä lukuun ottamatta vuonna 2019 noin 56–57 % Itämerelle, noin 20 % Pohjanmerelle ja Englannin kanaalin merialueille, noin 23 % muille merialueille sekä noin prosentti Pohjois-Amerikan SECA-alueille. Rikkidioksidipäästöistä kohdistui vuonna 2019 noin 11 % Itämerelle, noin 4 % Pohjanmerelle ja Englannin kanaalin merialueille, noin 85 % muille merialueille sekä noin 0,2 % Pohjois-Amerikan SECA-alueille. Hiukkaspäästöistä kohdistui vuonna 2019 noin 42 % Itämerelle, noin 15 % Pohjanmerelle ja Englannin kanaalin merialueille, noin 42 % muille merialueille sekä alle prosentti Pohjois-Amerikan SECA-alueille.

Vuodesta 2018 vuoteen 2019 päästöt vähenivät Euroopan SECA-alueilla noin 3 % sekä kasvoivat muilla merialueilla noin 14–15 % ja Pohjois-Amerikan SECA-alueella noin 3–4 %. (Taulukko 5)

Taulukko 5. Suomen kansainvälisen meriliikenteen tavarakuljetusten päästöt komponentteittain ja merialueittain vuosina 2018 ja 2019 (taulukko lähde MERIMA-kokonaispäästömalli).

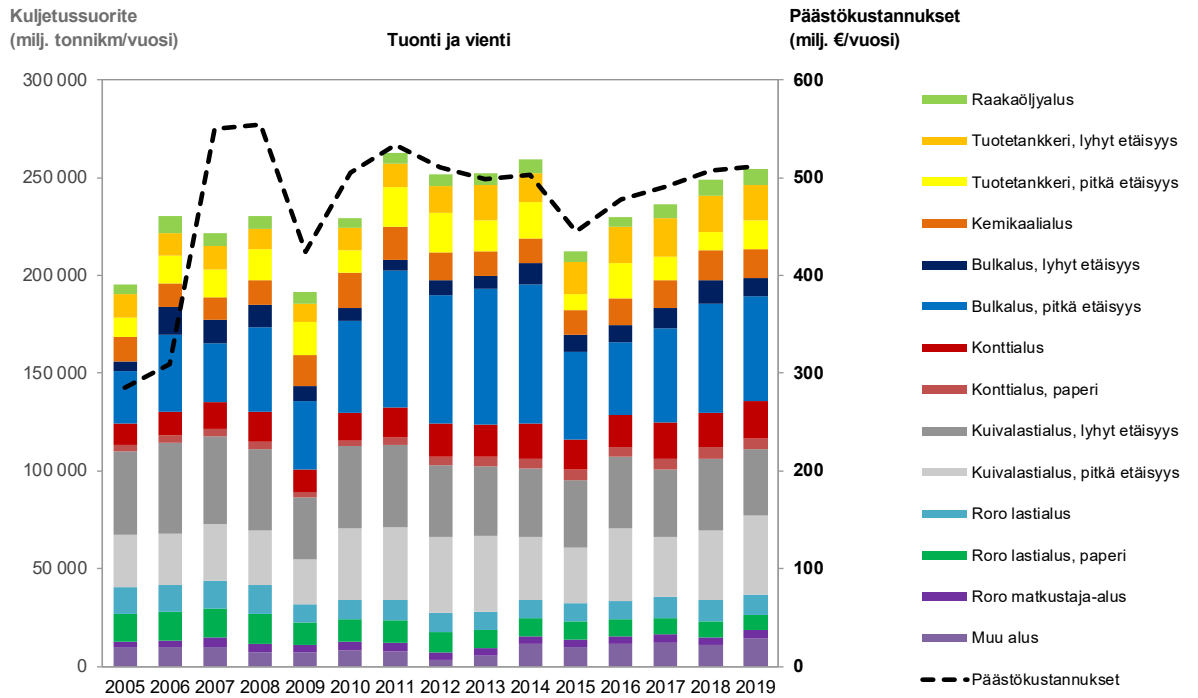
PÄÄSTÖT MERIALUEITTAIN															
(tonnia/vuosi)															
Merellä ja satamassa yhteensä															
	Hiilimonoksidi (CO)			Hiilivedyt (HC)			Typen oksidit (NO _x)			Hiukkaset (PM)			Metaani (CH ₄)		
	2018	2019	Muutos	2018	2019	Muutos	2018	2019	Muutos	2018	2019	Muutos	2018	2019	Muutos
Itämeri (Euroopan SECA)	2 880	2 786	-3,3 %	612,0	592,3	-3,2 %	79 153	76 561	-3,3 %	662	641	-3,2 %	283,3	274,1	-3,3 %
Pohjanmeri ja Englannin kanaali (Euroopan SECA)	1 011	984	-2,7 %	214,2	208,3	-2,7 %	27 858	27 102	-2,7 %	231	225	-2,7 %	99,6	96,9	-2,7 %
Muut merialueet	975	1 121	+15,1 %	204,0	234,6	+15,0 %	26 955	31 026	+15,1 %	555	639	+15,2 %	96,3	110,9	+15,1 %
Pohjois-Amerikan SECA	38	39	+3,1 %	8,1	8,4	+3,6 %	1 033	1 063	+2,9 %	9	9	+4,4 %	3,7	3,8	+2,9 %
Yhteensä	4 904	4 930	+0,5 %	1 038	1 044	+0,5 %	134 998	135 751	+0,6 %	1 457	1 514	+3,9 %	482,9	485,6	+0,6 %

PÄÄSTÖT MERIALUEITTAIN															
(tonnia/vuosi)															
Merellä ja satamassa yhteensä															
	Typpioksiduuli (N ₂ O)			Rikkidioksidi (SO ₂)			Hiilidioksidi (CO ₂)			Hiilidioksidiekvivalentti (CO ₂ -ekv.)					
	2018	2019	Muutos	2018	2019	Muutos	2018	2019	Muutos	2018	2019	Muutos			
Itämeri (Euroopan SECA)	96,3	93,2	-3,3 %	2 172	2 101	-3,3 %	3 435 825	3 323 665	-3,3 %	3 471 617	3 358 286	-3,3 %			
Pohjanmeri ja Englannin kanaali (Euroopan SECA)	33,9	32,9	-2,7 %	763	742	-2,7 %	1 206 856	1 174 094	-2,7 %	1 219 435	1 186 332	-2,7 %			
Muut merialueet	32,7	37,7	+15,1 %	13 818	15 796	+14,3 %	1 172 654	1 349 579	+15,1 %	1 184 820	1 363 582	+15,1 %			
Pohjois-Amerikan SECA	1,3	1,3	+2,9 %	28	29	+3,0 %	44 856	46 187	+3,0 %	45 322	46 667	+3,0 %			
Yhteensä	164,2	165,1	+0,6 %	16 781	18 668	+11,2 %	5 860 191	5 893 526	+0,6 %	5 921 194	5 954 867	+0,6 %			

3.3 Päästökustannukset

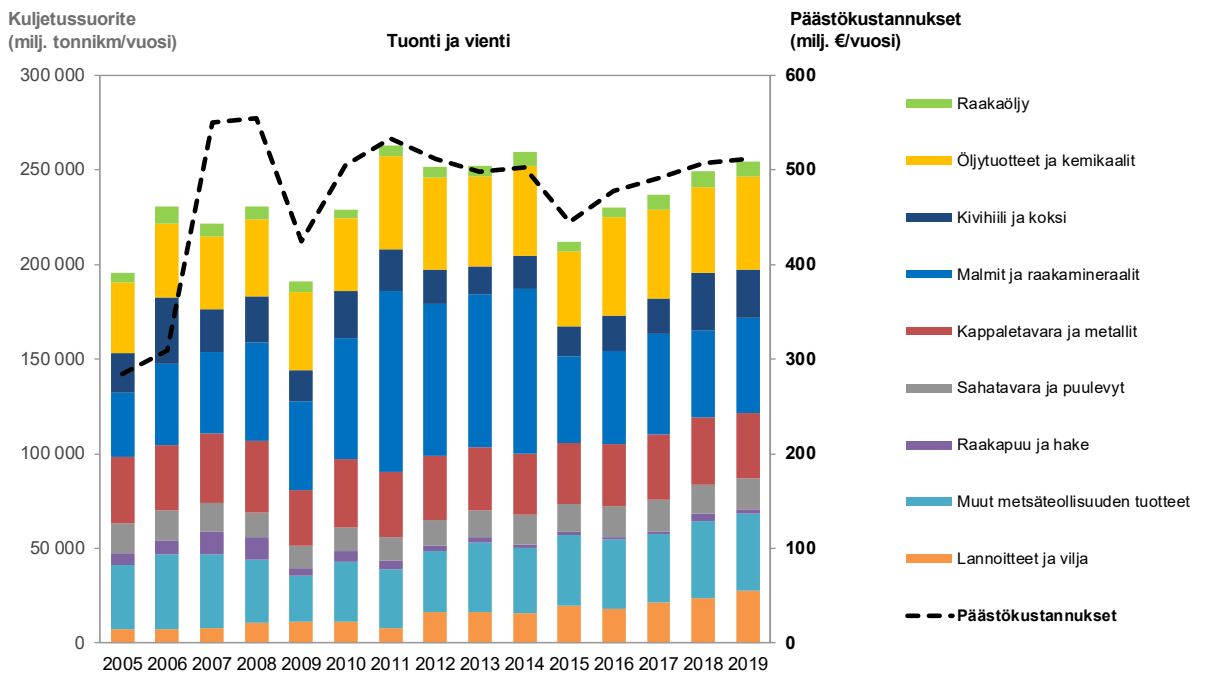
Kokonaispäästömallilla lasketut päästökustannukset on laskettu vuosille 2005 ja 2006 Liikenneviraston Alusliikenteen yksikkökustannukset 2013, Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 41/2014 -julkaisussa esitetyjen ja muille vuosille Väyläviraston Vesiväylähankkeiden arviointiohje 38/2020 -julkaisussa esitetyjen päästökomponenttikohtaisten yksikkökustannusten perusteella. Julkaisuissa esitetyjä yksikkökustannuksia on käytetty myös Suomen aluevesirajojen ulkopuolella. Niissä yksikkökustannukset on määritetty hiilivety-, typen oksidi-, hiukkas-, metaani-, typen oksidi-, rikkidioksidi ja hiilidioksidipäästöille. Sekä yksikkökustannukset että mallin laskemat päästökustannukset ovat vuosina 2005 ja 2006 vuoden 2013 hintatasossa ja muina vuosina vuoden 2018 hintatasossa.

Suomen kansainvälisen meriliikenteen tavarakuljetuksista aiheutuvat päästökustannukset vaihtelivat vuosina 2005–2006 noin 285 miljoonasta eurosta noin 309 miljoonaan euroon (vuoden 2013 hintataso) ja vuosina 2007–2019 noin 424 miljoonasta eurosta noin 554 miljoonaan euroon (vuoden 2018 hintataso). Päästökustannuksista selvästi suurin osa, lähes 90 %, johtuu hiilidioksidipäästöistä, koska hiilidioksidipäästöjen määrä on selvästi suurin kaikista päästökomponenteista. Päästökustannusten kehitys noudattelee suunnilleen kuljetussuorituksen kehitystä. (Kuva 19, Kuva 20, Kuva 21 ja Taulukko 4)



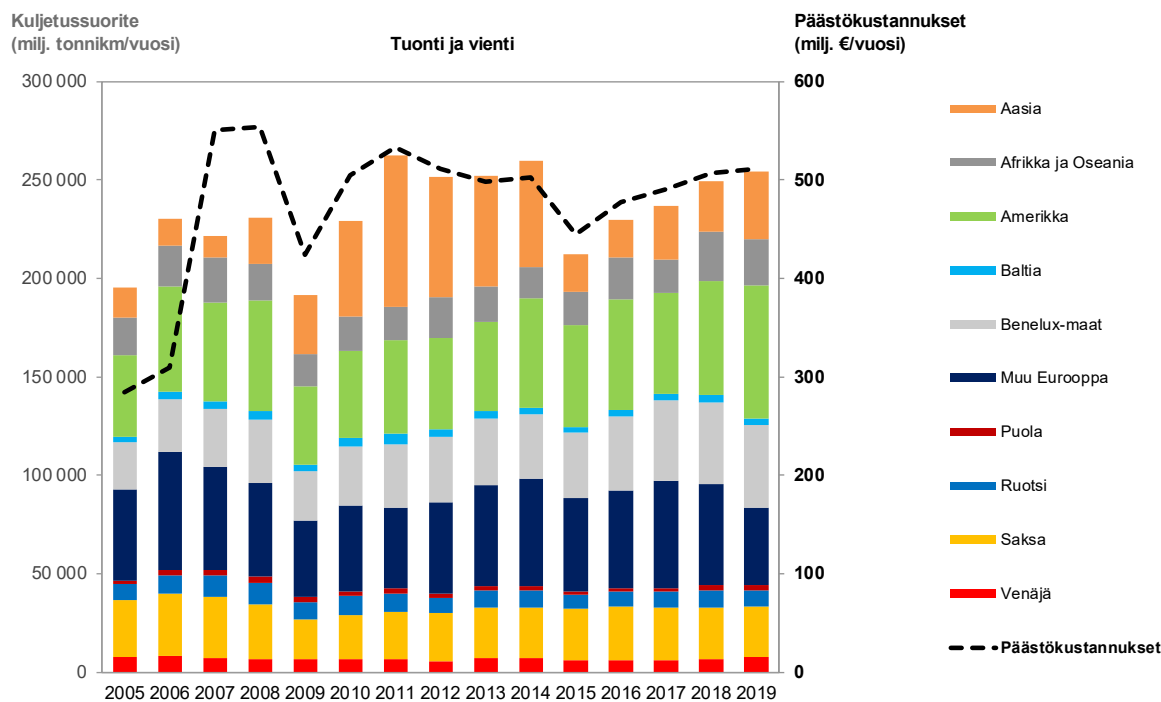
Päästökustannukset ovat vuosina 2005 ja 2006 vuoden 2013 ja muina vuosina vuoden 2018 hintatasossa

Kuva 19. Suomen kansainvälisen meriliikenteen tavarakuljetusten päästökustannukset vuosina 2005–2019. Kuljetussuoritteiden jakauma on esitetty alustyypeittäin. (Kuva lähde MERIMA-kokonaispäästömalli)



Päästökustannukset ovat vuosina 2005 ja 2006 vuoden 2013 ja muina vuosina vuoden 2018 hintatasossa

Kuva 20. Suomen kansainvälisen meriliikenteen tavarakuljetusten päästökustannukset vuosina 2005–2019. Kuljetussuoritteiden jakauma on esitetty tavaralajeittain. (Kuva lähde MERIMA-kokonaispäästömalli)



Päästökustannukset ovat vuosina 2005 ja 2006 vuoden 2013 ja muina vuosina vuoden 2018 hintatasossa

Kuva 21. Suomen kansainvälisen meriliikenteen tavarakuljetusten päästökustannukset vuosina 2005–2019. Kuljetussuoritteiden jakauma on esitetty liikennealueittain. (Kuva lähde MERIMA-kokonaispäästömalli)

Vuodesta 2018 vuoteen 2019 Suomen kansainvälisen meriliikenteen tavarakuljetusten päästökustannukset kasvoivat alle prosentin. Vuonna 2018 päästökustannukset olivat yhteensä noin 508 miljoonaa euroa ja vuonna 2019 noin 511 miljoonaa euroa. Päästökustannukset ovat vuoden 2018 hintatasossa. (Taulukko 6)

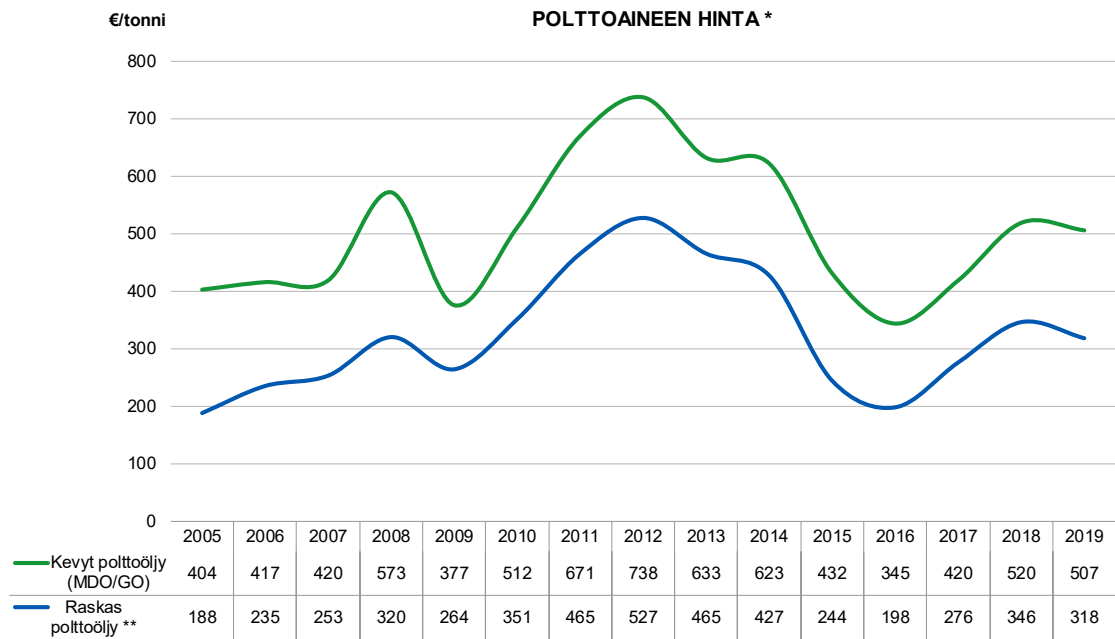
Taulukko 6. Suomen kansainvälisen meriliikenteen tavarakuljetusten päästökustannukset komponenteittain vuosina 2018 ja 2019. Päästökustannukset ovat vuoden 2018 hintatasossa. (Taulukko lähde MERIMA-kokonaispäästömalli).

PÄÄSTÖKUSTANNUKSET (milj. €/vuosi)	Hiilivedyt (HC)			Typen oksidit (NO _x)			Hiukkaset (PM)			Metaani (CH ₄)		
	2018	2019	Muutos	2018	2019	Muutos	2018	2019	Muutos	2018	2019	Muutos
Merellä	0,033	0,033	+0,6 %	41,27	41,52	+0,6 %	4,77	4,96	+4,0 %	0,407	0,409	+0,6 %
Satamassa	0,002	0,002	-1,4 %	0,99	0,97	-1,3 %	0,25	0,25	-0,6 %	0,010	0,010	-1,4 %
Yhteensä	0,034	0,034	+0,5 %	42,25	42,49	+0,6 %	5,02	5,21	+3,8 %	0,417	0,420	+0,6 %
Tuonti	0,013	0,012	-7,5 %	16,48	15,23	-7,6 %	1,88	1,71	-8,9 %	0,163	0,150	-7,6 %
Vienti	0,021	0,022	+5,7 %	25,78	27,26	+5,8 %	3,14	3,49	+11,4 %	0,254	0,269	+5,7 %
Yhteensä	0,034	0,034	+0,5 %	42,25	42,49	+0,6 %	5,02	5,21	+3,8 %	0,417	0,420	+0,6 %

PÄÄSTÖKUSTANNUKSET (milj. €/vuosi)	Typpioksiduuli (N ₂ O)			Rikkidioksidi (SO ₂)			Hiilidioksidi (CO ₂)			Kaikki päästökomponentit yhteensä		
	2018	2019	Muutos	2018	2019	Muutos	2018	2019	Muutos	2018	2019	Muutos
Merellä	2,04	2,06	+0,6 %	6,41	7,13	+11,3 %	439,10	441,83	+0,6 %	494,03	497,94	+0,8 %
Satamassa	0,05	0,05	-1,4 %	0,04	0,04	-1,4 %	12,14	11,97	-1,4 %	13,47	13,29	-1,3 %
Yhteensä	2,10	2,11	+0,6 %	6,44	7,17	+11,2 %	451,23	453,80	+0,6 %	507,50	511,23	+0,7 %
Tuonti	0,82	0,76	-7,6 %	2,16	1,88	-13,1 %	176,05	162,74	-7,6 %	198,00	183,34	-7,4 %
Vienti	1,28	1,35	+5,7 %	4,28	5,29	+23,5 %	275,18	291,06	+5,8 %	309,49	327,89	+5,9 %
Yhteensä	2,10	2,11	+0,6 %	6,44	7,17	+11,2 %	451,23	453,80	+0,6 %	507,50	511,23	+0,7 %

3.4 Polttoainekustannukset

Kuljetetun lastin määrän, kuljetussuoritteen ja alustyyppin lisäksi polttoainekustannuksiin² vaikuttavat polttoaineiden hintojen vaihtelut. Vuodesta 2013 alkanut polttoaineiden hinnan lasku päättyi vuonna 2017, kun hinnat lähtivät nousuun. Hinnat kuitenkin laskivat jälleen vuonna 2019. Polttoaineiden hintoina malleissa on käytetty kunkin vuoden keskihintoja Rotterdamin satamassa. (Kuva 22)



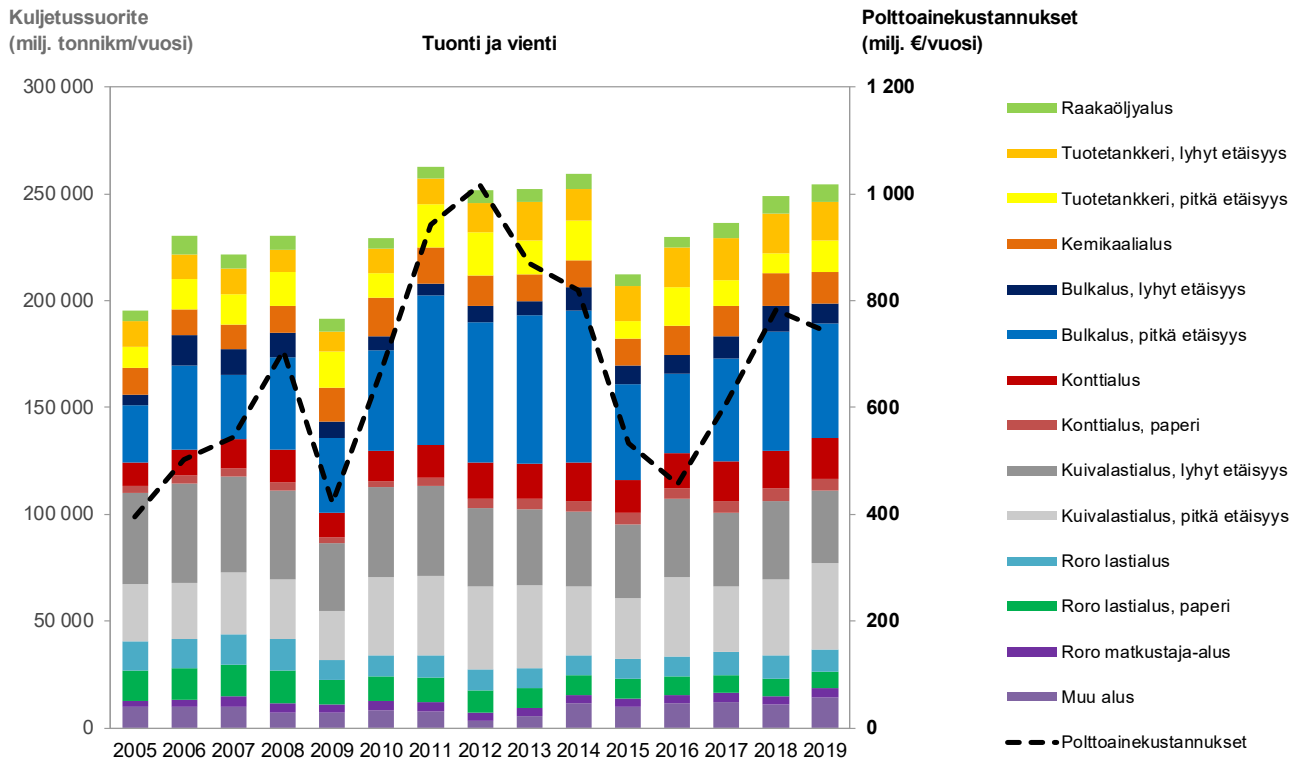
* Polttoaineen keskihinta Rotterdamin satamassa

** HFO, vuodesta 2015 alkaen IFO380 / IFO180 suhteessa 80 % / 20 %

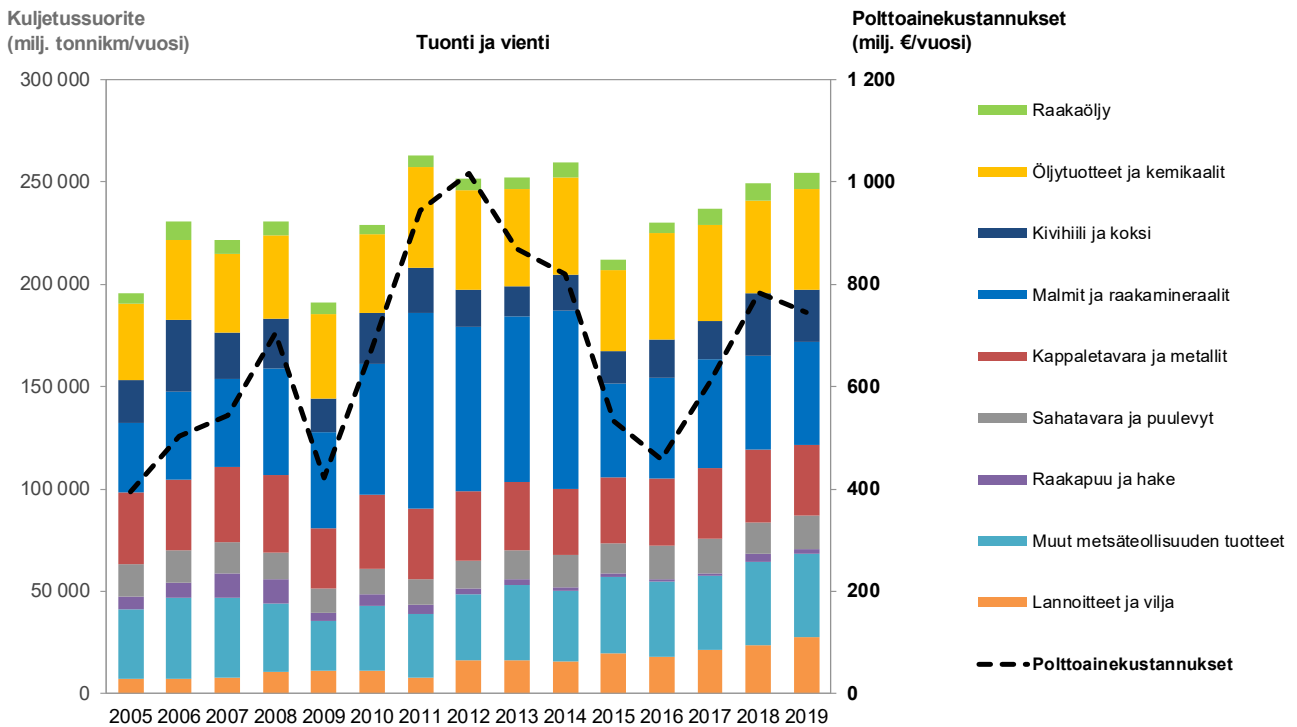
Kuva 22. Polttoaineiden keskihinnat Rotterdamin satamassa vuosina 2005–2019 (kuva lähde MERIMA-kokonaispäästömalli, hintatiedot lähteet Bunker Index, Oilmonitor, Ship&Bunker ja Ulstein Group).

Suomen kansainvälisen meriliikenteen tavarakuljetusten polttoainekustannukset ovat vaihdelleet vuosina 2005–2019 noin 395 miljoonasta eurosta noin 1 017 miljoonaan euroon. (Kuva 23, Kuva 24 ja Kuva 25)

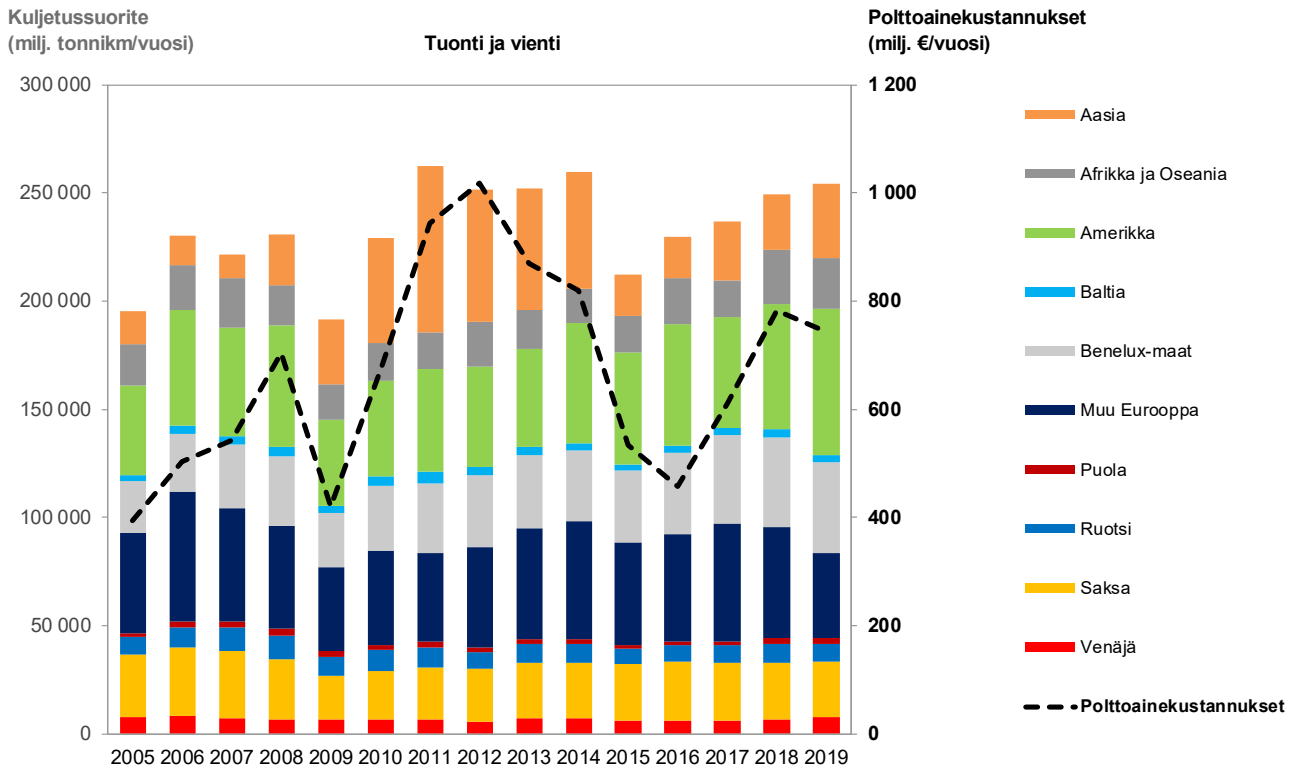
² Pakokaasupesuria käyttävissä laivoissa polttoainekustannuksissa ei ole otettu huomioon pesurin investointi- ja käyttökustannuksia.



Kuva 23. Suomen kansainvälisen meriliikenteen tavarakuljetusten polttoainekustannukset vuosina 2005–2019. Kuljetussuoritteiden jakauma on esitetty alustyypeittäin. (Kuva lähde MERIMA-kokonaispäästömalli)



Kuva 24. Suomen kansainvälisen meriliikenteen tavarakuljetusten polttoainekustannukset vuosina 2005–2019. Kuljetussuoritteiden jakauma on esitetty tavaralajeittain. (Kuva lähde MERIMA-kokonaispäästömalli)



Kuva 25. Suomen kansainvälisen meriliikenteen tavarakuljetusten polttoainekustannukset vuosina 2005–2019. Kuljetussuoritteiden jakauma on esitetty liikennealueittain. (Kuva lähde MERIMA-kokonaispäästömalli)

Vuonna 2019 Suomen kansainvälisen meriliikenteen tavarakuljetusten polttoainekustannukset olivat yhteensä noin 744 miljoonaa euroa, josta raskaan polttoöljyn osuus oli noin 271 miljoonaa euroa ja kevyen polttoöljyn osuus noin 473 miljoonaa euroa. (Taulukko 7)

Taulukko 7. Suomen kansainvälisen meriliikenteen tavarakuljetusten polttoainekustannukset polttoaineittain vuonna 2019 (tiedot lähde MERIMA-kokonaispäästömalli).

	Polttoainekustannukset miljoonaa €/vuosi		
	Raskas polttoöljy (HFO)	Kevyt polttoöljy (MDO/GO)	Yhteensä
Tuonti	113,7	157,0	270,7
Vienti	221,1	252,2	473,3
Yhteensä	334,8	409,2	744,0

Seuraavassa taulukossa (Taulukko 8) on esitetty polttoainekustannukset polttoaineittain ja merialueittain sekä polttoaineiden rikkipitoisuudet vuonna 2019. Selvästi suurin osa polttoainekustannuksista kohdistui Itämerelle.

Laskelmissa raskaan polttoöljyn hintana on käytetty 318 euroa/polttoainetonni ja kevyen polttoöljyn hintana 507 euroa/polttoainetonni.

Taulukko 8. Suomen kansainvälisen meriliikenteen tavarakuljetusten polttoainekustannukset polttoaineittain ja merialueittain sekä polttoaineiden rikkipitoisuudet vuonna 2019 (tiedot lähde MERIMA-kokonaispäästömalli).

	Raskas polttoöljy (HFO)		Kevyt polttoöljy (MDO/GO)		Molemmat polttoaineet yhteensä Kustannukset milj. €/vuosi
	Kustannukset milj. €/vuosi	Rikki-pitoisuus	Kustannukset milj. €/vuosi	Rikki-pitoisuus	
Itämeri (Euroopan SECA)	161,3	*	275,4	0,1 %	436,7
Pohjanmeri ja Englannin kanaali (Euroopan SECA)	57,5	*	96,5	0,1 %	154,0
Muut merialueet	113,8	2,1 %	33,4	0,6 %	147,2
Pohjois-American SECA	2,2	*	3,9	0,1 %	6,1
Yhteensä	334,8		409,2		744,0

* Käytetään pakokaasupesurin kanssa, tällöin SO₂-päästöt vastaavat rikkipitoisuudeltaan 0,1 % polttoaineen päästöjä.

3.5 Keskeiset muutokset vuodesta 2018 vuoteen 2019

Kuljetetun lastin määrä Suomen satamien ja ulkomaan satamien välillä väheni noin 2,5 miljoonaa tonnia (-2,4 %) vuodesta 2018 vuoteen 2019. Vuonna 2019 tavaraa vietiin Suomesta ulkomaille noin 0,4 miljoonaa tonnia (+0,7 %) enemmän ja tuotiin ulkomailta Suomeen noin 2,9 miljoonaa tonnia (-5,7 %) vähemmän kuin vuonna 2018.

Kuljetussuorite kasvoi vuodesta 2018 vuoteen 2019 noin 5,1 miljardia tonnikilometriä (+2,1 %). Vientikuljetusten osuus kuljetussuoritteesta kasvoi noin 66 %:sta noin 69 %:iin vuodesta 2018 vuoteen 2019.

Alustyypeistä erityisesti pitkän etäisyyden tuotetankkereiden ja pitkän etäisyyden kuivalastialusten kuljettama lasti ja kuljetussuorite kasvoivat vuodesta 2018 vuoteen 2019.

Tavaralajeista lähes kaikkien tavaralajien tuonti väheni vuodesta 2018 vuoteen 2019. Viedyistä tavaralajeista ainoastaan tavaralajiryhmiin öljytuotteet ja kemikaalit, kivihiili ja koksi, sahatavara ja puulevyt sekä lannoitteet ja vilja kuuluvien tavaroiden vienti kasvoi hieman.

Päästömäärien muutokset vuodesta 2018 vuoteen 2019 noudattelevat liikennemäärien ja liikenteen rakenteen muutoksia. Rikkidioksidi- ja hiukkaspäästöjen määrät kasvoivat suhteessa enemmän kuin liikenteen määrä, koska kuljetussuorite kasvoi muilla kuin SECA-alueilla selvästi.

Kokonaispäästömallin tuottamat tulokset osoittavat, että tavaroita vietiin vuonna 2019 kauemmaksi Suomesta kuin vuonna 2018.

4 MERIMA-malleilla tehdyt skenaariot

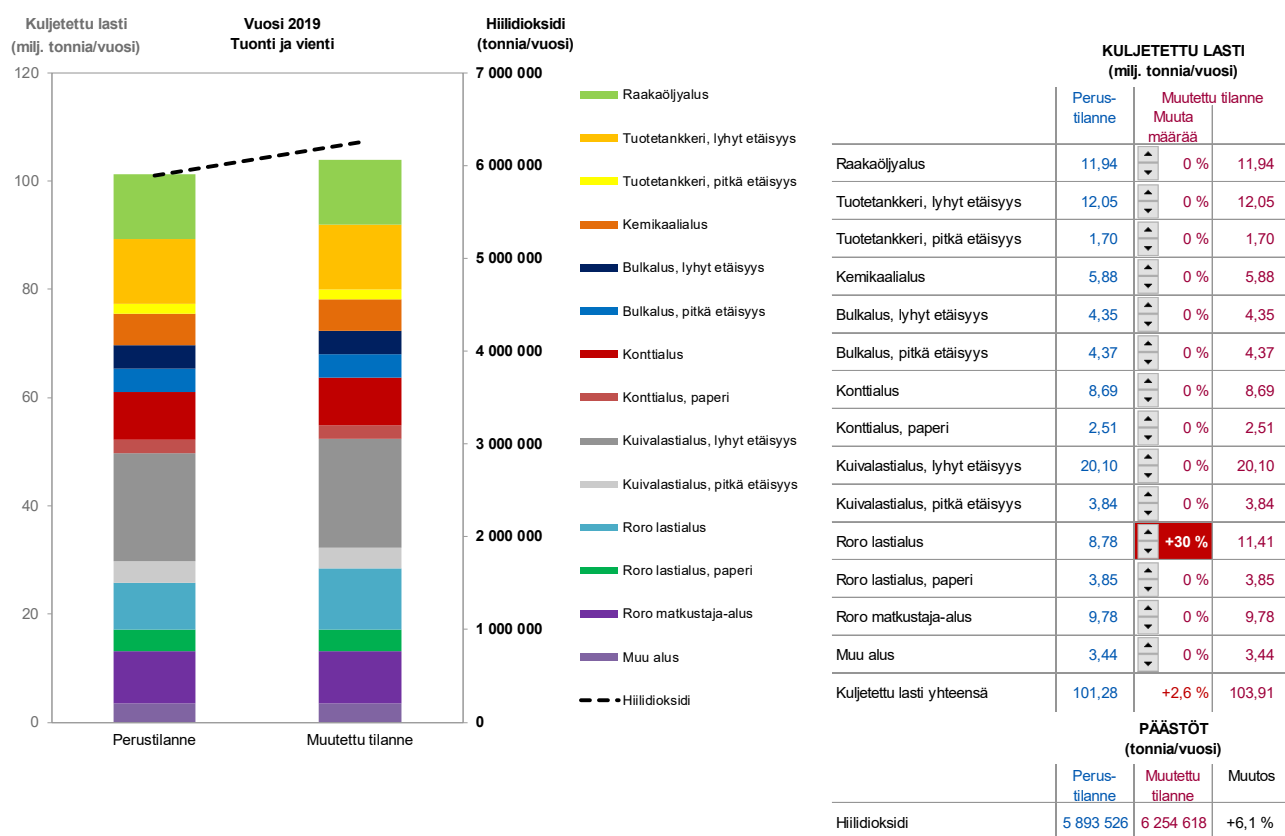
4.1 Kokonaispäästömallilla tehdyt skenaariot

Kokonaispäästömallilla voidaan tehdä valitun vuoden (2007–2019) liikennemäärään perustuen skenaarioita muuttamalla kuljetetun lastin määrää alustyypeittäin, tavaralajeittain ja liikennealueittain. Myös alusten kokoa ja nopeutta sekä polttoaineiden rikkipitoisuutta voi muuttaa muilla merialueilla kuin SECA-alueilla.

Seuraavana on esitetty muutamia kokonaispäästömallilla tehtyjä esimerkkiskenaarioita. Skenaariot on tehty vuoden 2019 kokonaisliikenteellä.

Skenaarioesimerkki: roro-lastialuksilla kuljetetun lastin määrän lisääntymisen vaikutus hiilidioksidipäästöihin

Esimerkissä roro-lastialusten vuonna 2019 kuljettaman lastin määrää on lisätty 30 % eli noin 2,6 miljoonaa tonnia. Skenaariotilanteessa roro-lastialusten noin 2,6 miljoonan tonnin lastin määrän lisääntyminen lisäisi vuonna 2019 kuljetetun lastin kokonaismäärää noin 2,6 %, mutta vuotuiset kokonaishiilidioksidipäästöt kasvaisivat jopa noin 6,1 %. (Kuva 26) Tämä johtuu roro-lastialusten suuremmasta polttoaineen kulutuksesta verrattuna muihin alustyypeihin. Se taas johtuu siitä, että roro-alukset ajavat suuremmalla keskinopeudella. (Kuva 26)

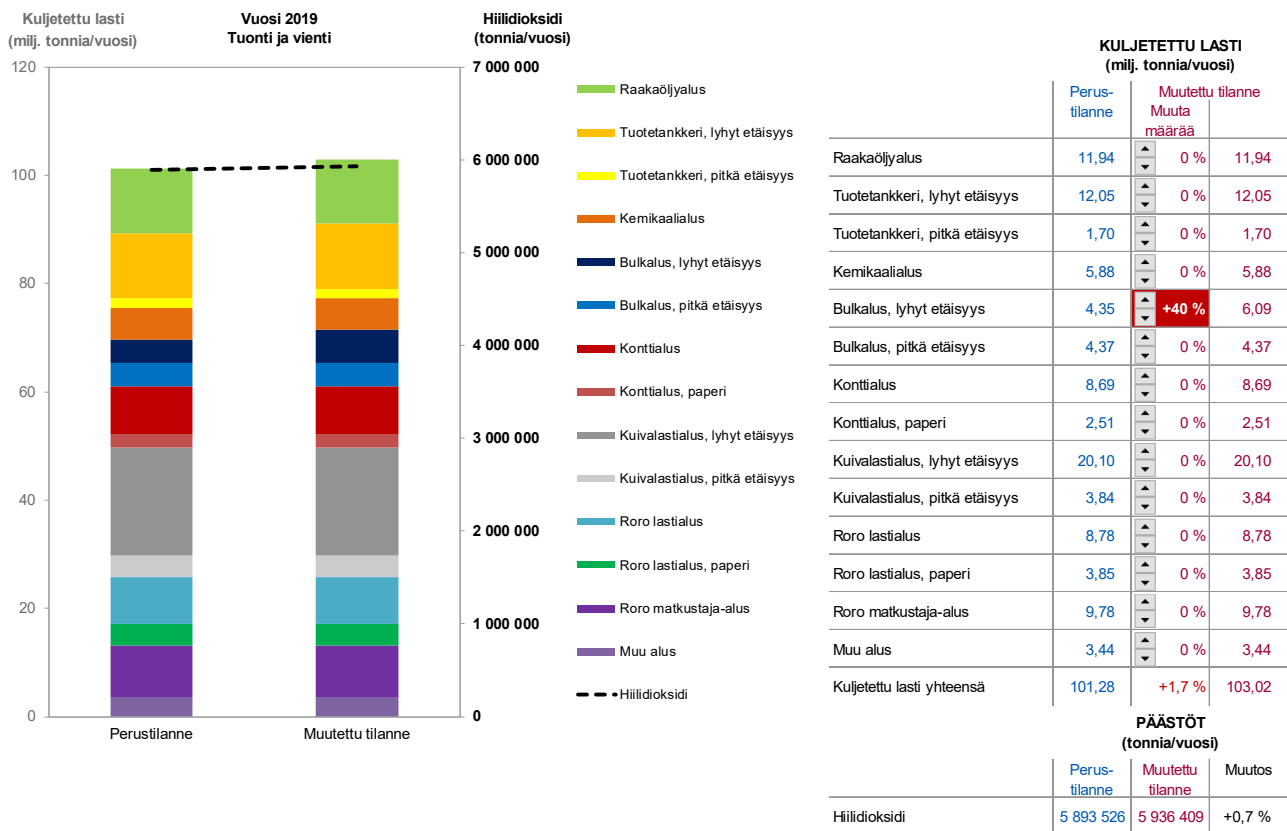


Kuva 26. Skenaarioesimerkki: roro-lastialuksilla kuljetetun lastin määrän lisääntymisen vaikutus hiilidioksidipäästöihin (kuva lähde MERIMA-kokonaispäästömalli).

Skenaarioesimerkki: Lyhyen etäisyyden bulkaluksilla kuljetetun lastin määrän lisääntymisen vaikutus hiilidioksidipäästöihin

Esimerkissä lyhyen etäisyyden bulkalusten vuonna 2019 kuljettaman lastin määrää on lisätty 40 % eli noin 1,7 miljoonaa tonnia. Skenaariotilanteessa lyhyen etäisyyden bulkalusten noin 1,7 miljoonan tonnin lastin määrän lisääntyminen lisäisi vuonna 2019 kuljetetun lastin kokonaismäärää noin 1,7 %, mutta vuotuiset kokonaishiilidioksidipäästöt kasvaisivat vain noin 0,7 %. (Kuva 27)

Pieni kokonaishiilidioksidipäästöjen lisääntyminen johtuu lyhyen etäisyyden bulkalusten pienestä polttoaineen kulutuksesta verrattuna muihin alustyyppeihin. Pieni alustyyppin polttoaineen kulutus johtuu pääosin bulkaluksille tyypillisestä alhaisesta nopeudesta. (Kuva 27)

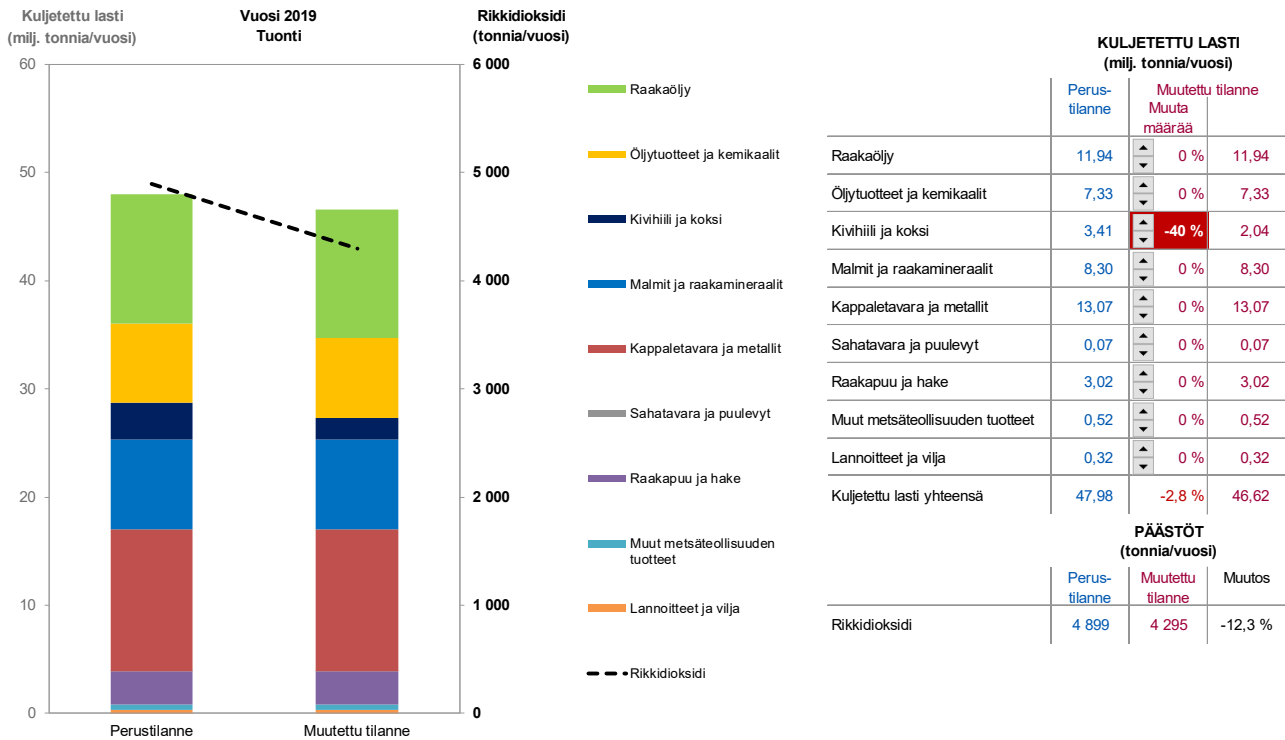


Kuva 27. Skenaarioesimerkki: Lyhyen etäisyyden bulkaluksilla kuljetetun lastin määrän lisääntymisen vaikutus hiilidioksidipäästöihin (kuva lähde MERIMA-kokonaispäästömalli).

Skenaarioesimerkki: kivihiilen ja koksen tuonnin vähenemisen vaikutus rikkidioksidipäästöihin

Esimerkissä kivihiilen ja koksen tuontia on vuonna 2019 vähennetty 40 % eli noin 1,7 miljoonaa tonnia. Skenaariotilanteessa noin 1,4 miljoonan tonnin kivihiilen ja koksen kuljetusmäärän väheneminen vähentäisi vuonna 2019 tuodun lastin kokonaismäärää noin 2,8 %, mutta vuotuiset tuonnista johtuvat rikkidioksidipäästöt vähenisivät jopa noin 12,3 %. (Kuva 28)

Kivihiilestä ja koksista suurin osa, noin 62 %, tuodaan Suomeen Euroopan SECA-alueen satamista ja noin 29 % Pohjois-Amerikan SECA-alueen satamista. Kivihiiltä ja koksia kuljettavien alusten kuljetussuoritteesta selvästi suurin osa kertyy muilta merialueilta, joilla voi käyttää rikkipitoisuudeltaan korkeampaa polttoainetta. Kuljetetun lastin vähentyessä kokonaiskuljetussuorite vähenee muilla merialueilla noin 18 %, mikä selittää suhteellisen suurta rikkidioksidipäästöjen vähenemää.

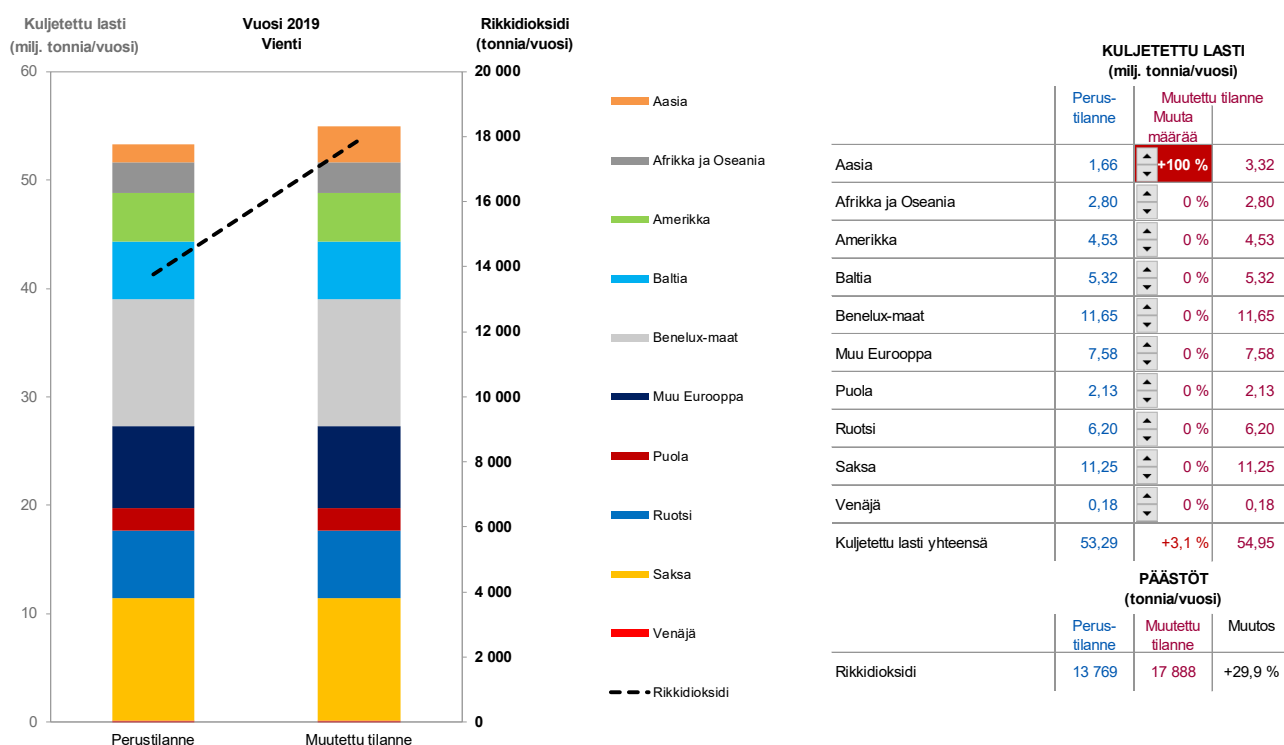


Kuva 28. Skenaarioesimerkki: kivihiilen ja koksen tuonnin vähenemisen vaikutus rikkidioksidipäästöihin (kuva lähde MERIMA-kokonaispäästömalli).

Skenaarioesimerkki: Aasian viennin kuljetusmäärän lisääntymisen vaikutus rikkidioksidipäästöihin

Esimerkissä Suomesta Aasiaan vuonna 2019 viedyn lastin määrä on kaksinkertaistettu eli määrää on lisätty noin 1,7 miljoonaa tonnia. Skenaariotilanteessa noin 1,7 miljoonan tonnin Aasian viennin lisääntyminen lisäisi vuonna 2019 kuljetetun lastin kokonaismäärää noin 3,1 %, mutta vuotuiset kokonaisrikkidioksidipäästöt kasvaisivat jopa noin 30 %. (Kuva 29)

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



Kuva 29. Skenaarioesimerkki: Aasian viennin kuljetusmäärän lisääntymisen vaikutus rikkidioksidipäästöihin (kuva lähde MERIMA-kokonaispäästömalli).

Skenaarioesimerkki: alusten nopeuden pienentämisen vaikutus päästöihin

Esimerkissä on vuonna 2019 kaikkien alustyyppien nopeuksia pienennetty 10 %, jolloin vuotuiset kokonaispäästöt vähenisivät noin 18–19 %. (Taulukko 9)

Taulukko 9. Skenaarioesimerkki: alusten nopeuden pienentämisen 10 %:lla vaikutus päästöihin (taulukko lähde MERIMA-kokonaispäästömalli).

PÄÄSTÖT (tonnia/vuosi)	Hiilimonoksidi (CO)			Hiilivedyt (HC)			Typen oksidit (NO _x)			Hiukkaset (PM)			Metaani (CH ₄)		
	2019	2019	Muutos	2019	2019	Muutos	2019	2019	Muutos	2019	2019	Muutos	2019	2019	Muutos
Merellä	4 789	3 879	-19,0 %	998	808	-19,0 %	132 644	107 442	-19,0 %	1 479	1 198	-19,0 %	474	384	-19,0 %
Satamassa	141	141	0,0 %	46	46	0,0 %	3 107	3 107	0,0 %	35	35	0,0 %	12	12	0,0 %
Yhteensä	4 930	4 020	-18,5 %	1 044	854	-18,2 %	135 751	110 549	-18,6 %	1 514	1 233	-18,6 %	486	396	-18,5 %
Tuonti	1 770	1 446	-18,3 %	376	308	-18,0 %	48 665	39 688	-18,4 %	498	407	-18,4 %	174	142	-18,4 %
Vienti	3 161	2 575	-18,5 %	668	546	-18,3 %	87 087	70 861	-18,6 %	1 016	826	-18,7 %	311	253	-18,6 %
Yhteensä	4 930	4 020	-18,5 %	1 044	854	-18,2 %	135 751	110 549	-18,6 %	1 514	1 233	-18,6 %	486	396	-18,5 %

PÄÄSTÖT (tonnia/vuosi)	Typpioksiduuli (N ₂ O)			Rikkidioksidi (SO ₂)			Hiilidioksidi (CO ₂)			Hiilidioksidiekvivalentti (CO ₂ -ekv.)		
	2019	2019	Muutos	2019	2019	Muutos	2019	2019	Muutos	2019	2019	Muutos
Merellä	161	131	-19,0 %	18 570	15 042	-19,0 %	5 738 036	4 647 809	-19,0 %	5 797 900	4 696 299	-19,0 %
Satamassa	4	4	0,0 %	98	98	0,0 %	155 489	155 489	0,0 %	156 967	156 967	0,0 %
Yhteensä	165	134	-18,5 %	18 668	15 140	-18,9 %	5 893 526	4 803 299	-18,5 %	5 954 867	4 853 266	-18,5 %
Tuonti	59	48	-18,4 %	4 899	3 977	-18,8 %	2 113 530	1 725 381	-18,4 %	2 135 528	1 743 327	-18,4 %
Vienti	106	86	-18,6 %	13 769	11 163	-18,9 %	3 779 995	3 077 918	-18,6 %	3 819 339	3 109 939	-18,6 %
Yhteensä	165	134	-18,5 %	18 668	15 140	-18,9 %	5 893 526	4 803 299	-18,5 %	5 954 867	4 853 266	-18,5 %

Skenaarioesimerkki: alusten koon suurentamisen vaikutus päästöihin

Esimerkissä on vuonna 2019 kaikkien alustyyppien keskikokoja suurennettu 10 %, jolloin vuotuiset kokonaispäästöt vähenisivät noin 5–6 %. (Taulukko 10)

Taulukko 10. Skenaarioesimerkki: alusten koon suurentamisen 10 %:lla vaikutus päästöihin (taulukko lähde MERIMA-kokonaispäästömalli).

PÄÄSTÖT (tonnia/vuosi)	Hiilimonoksidi (CO)			Hiilivedyt (HC)			Typen oksidit (NO _x)			Hiukkaset (PM)			Metaani (CH ₄)		
	2019	2019	Muutos	2019	2019	Muutos	2019	2019	Muutos	2019	2019	Muutos	2019	2019	Muutos
Merellä	4 789	4 474	-6,6 %	998	932	-6,6 %	132 644	123 925	-6,6 %	1 479	1 389	-6,1 %	474	443	-6,6 %
Satamassa	141	141	0,0 %	46	46	0,0 %	3 107	3 107	0,0 %	35	35	0,0 %	12	12	0,0 %
Yhteensä	4 930	4 616	-6,4 %	1 044	978	-6,3 %	135 751	127 032	-6,4 %	1 514	1 424	-5,9 %	486	454	-6,4 %
Tuonti	1 770	1 674	-5,4 %	376	356	-5,3 %	48 665	46 014	-5,4 %	498	473	-5,0 %	174	165	-5,4 %
Vienti	3 161	2 941	-6,9 %	668	622	-6,8 %	87 087	81 018	-7,0 %	1 016	951	-6,4 %	311	290	-7,0 %
Yhteensä	4 930	4 616	-6,4 %	1 044	978	-6,3 %	135 751	127 032	-6,4 %	1 514	1 424	-5,9 %	486	454	-6,4 %

PÄÄSTÖT (tonnia/vuosi)	Typpioksiduuli (N ₂ O)			Rikkidioksidi (SO ₂)			Hiilidioksidi (CO ₂)			Hiilidioksidiekvivalentti (CO ₂ -ekv.)		
	2019	2019	Muutos	2019	2019	Muutos	2019	2019	Muutos	2019	2019	Muutos
Merellä	161	151	-6,6 %	18 570	17 642	-5,0 %	5 738 036	5 361 024	-6,6 %	5 797 900	5 416 952	-6,6 %
Satamassa	4	4	0,0 %	98	98	0,0 %	155 489	155 489	0,0 %	156 967	156 967	0,0 %
Yhteensä	165	155	-6,4 %	18 668	17 741	-5,0 %	5 893 526	5 516 513	-6,4 %	5 954 867	5 573 919	-6,4 %
Tuonti	59	56	-5,4 %	4 899	4 709	-3,9 %	2 113 530	1 998 960	-5,4 %	2 135 528	2 019 761	-5,4 %
Vienti	106	99	-7,0 %	13 769	13 032	-5,4 %	3 779 995	3 517 554	-6,9 %	3 819 339	3 554 158	-6,9 %
Yhteensä	165	155	-6,4 %	18 668	17 741	-5,0 %	5 893 526	5 516 513	-6,4 %	5 954 867	5 573 919	-6,4 %

Skenaarioesimerkki: polttoaineen rikkipitoisuuden pienentäminen muilla merialueilla

Esimerkissä alusten muilla merialueilla kuin SECA-alueilla käyttämien polttoaineiden rikkipitoisuuksia (raskas polttoöljy 2,1 % ja kevyt polttoöljy 0,6 %) on pienennetty 0,5 %:iin vuoden 2019 liikenteessä, jolloin vuotuiset rikkidioksidipäästöt vähenisivät kokonaisuutena noin 62 % ja muilla merialueilla noin 73 %. (Taulukko 11)

Taulukko 11. Skenaarioesimerkki: alusten muilla merialueilla kuin SECA-alueilla käyttämien polttoaineiden rikkipitoisuuden (raskas polttoöljy 2,1 % ja kevyt polttoöljy 0,6 %) pienentämisen 0,5 %:iin vaikutus rikkidioksidipäästöihin (taulukko lähde MERIMA-kokonaispäästömalli).

PÄÄSTÖT MERIALUEITTAIN

(tonnia/vuosi) Merellä ja satamassa yhteensä	Rikkidioksidi (SO ₂)		
	2019	2019	Muutos
Itämeri (Euroopan SECA)	2 101	2 101	0,0 %
Pohjanmeri ja Englannin kanaali (Euroopan SECA)	742	742	0,0 %
Muut merialueet	15 796	4 216	-73,3 %
Pohjois-Amerikan SECA	29	29	0,0 %
Yhteensä	18 668	7 089	-62,0 %

Esimerkissä rikkidioksidipäästöjen vuotuiset päästökustannukset vähenisivät kokonaisuutena noin 4,45 miljoonaa euroa (noin 62 %) noin 2,72 miljoonaa euroon. Vuotuiset kokonaispäästökustannukset (ml. kaikki päästökomponentit) vähenisivät tällöin noin 0,9 %.

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

Skenaarioesimerkki: alusten polttoaineen muuttaminen nesteytetyksi maakaasuksi

Esimerkin muutetussa tilanteessa 10 % roro-matkustaja-alusten vuoden 2019 suoritteesta on ajettu nesteytettyä maakaasua (LNG) polttoaineena käyttävillä aluksilla muiden alusten käyttäessä polttoaineena raskasta (ml. pakokaasupesuri) ja kevyttä polttoöljyä. Esimerkin perustilanteessa kaikki alukset ovat käyttäneet polttoaineena raskasta (ml. pakokaasupesuri) ja kevyttä polttoöljyä. Esimerkissä koko suorite on kertynyt Itämereltä. (Taulukko 12)

Nesteytetyn maakaasun käytöllä alusten polttoaineena ei olisi vaikutusta kokonaihiilimonoksidipäästöihin. Kokonaisuutena hiilivety- ja metaanipäästöt kasvaisivat kumpikin noin 1,2 %. Typen oksidipäästöt ja typpioksiduulipäästöt vähenisivät kokonaisuutena kumpikin noin 0,7 %, hiukkaspäästöt vähenisivät kokonaisuutena noin 0,5 % ja rikkidioksidipäästöt vähenisivät kokonaisuutena noin 0,2 %. Hiilidioksidi- ja hiilidioksidiekvivalenttipäästöt vähenisivät kokonaisuutena kumpikin noin 0,7 %. (Taulukko 12)

Taulukko 12. *Skenaarioesimerkki: alusten polttoaineen muuttaminen nesteytetyksi maakaasuksi vaikutus päästöihin. Roro-matkustaja-alusten vuoden 2019 suoritteesta on muutetussa tilanteessa ajettu 10 % nesteytettyä maakaasua polttoaineena käytävillä aluksilla (taulukko lähde MERIMA-kokonaispäästömalli).*

PÄÄSTÖT (tonnia/vuosi)	Hiilimonoksidi (CO)			Hiilivedyt (HC)			Typen oksidit (NO _x)			Hiukkaset (PM)			Metaani (CH ₄)		
	Perus-tilanne	Muutettu tilanne	Muutos	Perus-tilanne	Muutettu tilanne	Muutos	Perus-tilanne	Muutettu tilanne	Muutos	Perus-tilanne	Muutettu tilanne	Muutos	Perus-tilanne	Muutettu tilanne	Muutos
Merellä	4 789	4 789	0 %	998	1 009	+1,2 %	132 644	131 713	-0,7 %	1 479	1 471	-0,5 %	473,9	479,5	+1,2 %
Satamassa	141	141	0 %	46	47	+1,8 %	3 107	3 079	-0,9 %	35	35	-0,7 %	11,7	11,9	+1,8 %
Yhteensä	4 930	4 930	0 %	1 044	1 056	+1,2 %	135 751	134 792	-0,7 %	1 514	1 506	-0,5 %	485,6	491	+1,2 %
Tuonti	1 770	1 770	0 %	376	382	+1,7 %	48 665	48 178	-1,0 %	498	494	-0,8 %	174,1	177,1	+1,7 %
Vienti	3 161	3 161	0 %	668	674	+0,9 %	87 087	86 614	-0,5 %	1 016	1 012	-0,4 %	311,5	314,3	+0,9 %
Yhteensä	4 930	4 930	0 %	1 044	1 056	+1,2 %	135 751	134 792	-0,7 %	1 514	1 506	-0,5 %	485,6	491,4	+1,2 %

PÄÄSTÖT (tonnia/vuosi)	Typpioksiduuli (N ₂ O)			Rikkidioksidi (SO ₂)			Hiilidioksidi (CO ₂)			Hiilidioksidiekvivalentti (CO ₂ -ekv.)		
	Perus-tilanne	Muutettu tilanne	Muutos	Perus-tilanne	Muutettu tilanne	Muutos	Perus-tilanne	Muutettu tilanne	Muutos	Perus-tilanne	Muutettu tilanne	Muutos
Merellä	161,1	160,1	-0,7 %	18 570	18 542	-0,2 %	5 738 036	5 697 225	-0,7 %	5 797 900	5 756 909	-0,7 %
Satamassa	4,0	3,9	-1,0 %	98	97	-1,2 %	155 489	153 780	-1,1 %	156 967	155 251	-1,1 %
Yhteensä	165,1	164	-0,7 %	18 668	18 639	-0,2 %	5 893 526	5 851 005	-0,7 %	5 954 867	5 912 160	-0,7 %
Tuonti	59,2	58,6	-1,0 %	4 899	4 884	-0,3 %	2 113 530	2 091 946	-1,0 %	2 135 528	2 113 849	-1,0 %
Vienti	105,9	105,4	-0,5 %	13 769	13 755	-0,1 %	3 779 995	3 759 060	-0,6 %	3 819 339	3 798 311	-0,6 %
Yhteensä	165,1	164,0	-0,7 %	18 668	18 639	-0,2 %	5 893 526	5 851 005	-0,7 %	5 954 867	5 912 160	-0,7 %

4.2 Päästövertailumallilla tehdyt skenaariot

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

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

Seuraavana on esitetty muutamia mallilla tehtyjä esimerkkejä vertailuista ja skenaarioista.

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

Esimerkissä on tehty skenaario konttialusten koon suurentamisen vaikutuksesta päästöihin vuoden 2019 HaminaKotkan ja Alankomaiden Rotterdamin satamien välisessä liikenteessä. Kuljetus 2 -osassa alusten kokoa on suurennettu 20 %, jolloin konttialusten vuotuiset päästöt vähenisivät noin 6–7 %. (Kuva 30)

KULJETUS 1						KULJETUS 2										
1) Valitse reitti			2) Valitse alusten käyttämä polttoaine *			1) Valitse reitti			2) Valitse alusten käyttämä polttoaine *							
Valitse Suomen satama HaminaKotka (FHMN)			Valitse ulkomaan satama Rotterdam (NLRTM)			Valitse Suomen satama HaminaKotka (FHMN)			Valitse ulkomaan satama Rotterdam (NLRTM)							
Valittu reitti vuonna 2019 kuljetettu lasti alustyyppittäin (tonnia)						Valittu reitti vuonna 2019 kuljetettu lasti alustyyppittäin (tonnia)										
0	854 528	0	0	0	0	0	854 528	0	0	0	0					
Raakaöljyalus		Roro lastialus, paperi				Raakaöljyalus		Roro lastialus, paperi								
25 796	222 417	Roro matkustaja-alus				25 796	222 417	Roro matkustaja-alus								
643 776	13 440	Muu alus				643 776	13 440	Muu alus								
60	0					60	0									
3) Valitse aluksen tyyppi, koko täyttöaste ja lastin määrä						3) Valitse aluksen tyyppi, koko täyttöaste ja lastin määrä										
Valitse alustyyppi Konttialus		Muuta aluksen kokoa Suurennä <input type="text"/> ±0 % Pienennä <input type="text"/>	Aluksen koko (DWT) 12 000	Muuta lastin osuutta DWT:stä Lisää <input type="text"/> 32 % Vähennä <input type="text"/>	Kuljetettu lasti (tonnia/v.) 854 528	Valitse alustyyppi Konttialus		Muuta aluksen kokoa Suurennä <input type="text"/> +20 % Pienennä <input type="text"/>	Aluksen koko (DWT) 14 400	Muuta lastin osuutta DWT:stä Lisää <input type="text"/> 32 % Vähennä <input type="text"/>	Kuljetettu lasti (tonnia/v.) 854 528					
4) Valitse aluksen keskimääräinen matkanopeus						4) Valitse aluksen keskimääräinen matkanopeus										
Oletusnopeus 19,0 solmua		Muuta oletusnopeutta Lisää <input type="text"/> Vähennä <input type="text"/>	0 %	Uusi nopeus 19,0 solmua		Oletusnopeus 19,0 solmua		Muuta oletusnopeutta Lisää <input type="text"/> Vähennä <input type="text"/>	0 %	Uusi nopeus 19,0 solmua						
* Alusten käyttämä polttoaine: HFO, MDO/GO - SECA-alueilla HFO pesuriin kanssa (osuus 50 %) ja MDO/GO (osuus 50 %), muilla merialueilla HFO, LNG - nesteytetty maakaasu HFO = raskas polttoöljy (FO380 / FO180 suhteessa 80 % / 20 %), pesuri = pakokaasupesuri, MDO/GO = kevyt polttoöljy																
ALUSTEN TIEDOT		Tyyppi	Koko (DWT)	Lastin osuus DWT:stä	Keskimääräinen matkanopeus (solmua)	Polttoaine	ALUSTEN TIEDOT		Tyyppi	Koko (DWT)	Lastin osuus DWT:stä	Keskimääräinen matkanopeus (solmua)	Polttoaine			
Kuljetus 1		Konttialus	12 000	32 %	19,0	HFO, MDO/GO	Kuljetus 2		Konttialus	14 400	32 %	19,0	HFO, MDO/GO			
TULOKSET																
Merialue		Reitti- ja lastitiedot			Polttoainetiedot **		Päästöt (tonnia/vuosi)									
		Kuljetettu lasti (tonnia/v.)	Pituus yhteen suuntaan (km)	Suorite (milj. tonnikm/v.)	Kulutus (tonnia/v.)	Kustannus (milj. €/v.)	Hilj-monoksidit (CO)	Hiljivedyt (HC)	Typen oksidit (NOx)	Huikkaset (PM)	Metaani (CH4)	Typpi-oksidiuuli (N2O)	Rikkidioksidi (SO2)	Hiljidioksidi (CO2)	Hiljidioksidi-ekvivalentti (CO2-ekv.)	
Kuljetus 1 HaminaKotka-Rotterdam	Itämeri (Euroopan SECA)			1 395	1 191,7	15 367,5	6,371	40,71	8,60	1 123,28	9,26	4,01	1,36	30,73	48 623	49 130
	Pohjanmeri ja Englannin kanaali (Euroopan SECA)			845	721,7	9 440,0	3,926	25,04	5,34	689,09	5,67	2,46	0,84	18,88	29 868	30 179
	Muut merialueet															
	Pohjois-Amerikan SECA															
Yhteensä		854 528	2 239	1 913,3	24 807,4	10,297	65,75	13,94	1 812,37	14,92	6,48	2,20	49,61	78 491	79 309	
Kuljetus 2 HaminaKotka-Rotterdam	Itämeri (Euroopan SECA)			1 395	1 191,7	14 343,6	5,949	38,01	8,04	1 048,29	8,64	3,75	1,27	28,69	45 383	45 856
	Pohjanmeri ja Englannin kanaali (Euroopan SECA)			845	721,7	8 820,0	3,670	23,40	5,00	643,67	5,29	2,30	0,78	17,64	27 906	28 197
	Muut merialueet															
	Pohjois-Amerikan SECA															
Yhteensä		854 528	2 239	1 913,3	23 163,6	9,619	61,40	13,03	1 691,96	13,93	6,05	2,06	46,33	73 290	74 053	
** Polttoaineen hintoina ovat keskihinnat Rotterdamin satamassa vuonna 2019: raskas polttoöljy 318 €/tonni ja kevyt polttoöljy 507 €/tonni						Ero (Kuljetus 1 miinus Kuljetus 2)										
						-1 643,8 -0,678 -4,35 -0,91 -120,41 -1,00 -0,43 -0,15 -3,29 -5,201 -5,255										
						-7 % -7 % -7 % -7 % -7 % -7 % -7 % -7 % -7 % -7 % -7 %										
PÄÄSTÖKUSTANNUKSET ***																
TULOKSET		Päästökustannukset (€)					Mallin käyttämät yksikkökustannukset (€/päästötonni)									
		Hiljivedyt (HC)	Typen oksidit (NOx)	Huikkaset (PM)	Metaani (CH4)	Typpi-oksidiuuli (N2O)	Rikkidioksidi (SO2)	Hiljidioksidi (CO2)	Yhteensä	Hiljivedyt (HC)	Typen oksidit (NOx)	Huikkaset (PM)	Metaani (CH4)	Typpi-oksidiuuli (N2O)	Rikkidioksidi (SO2)	Hiljidioksidi (CO2)
Kuljetus 1		460,03	567 272	51 205	5 596	28 097	19 052	6 043 781	6 715 463	33	313	7 024	864	12 760	384	77
Kuljetus 2		430,14	529 583	47 865	5 224	26 230	17 790	5 643 297	6 270 419	33	313	3 355	864	12 760	384	77
Ero		-29,89	-37 689	-3 340	-372	-1 866	-1 262	-400 484	-445 044							
Ero %		-6 %	-7 %	-7 %	-7 %	-7 %	-7 %	-7 %	-7 %							
*** Vuoden 2018 hintataso																

Kuva 30. Skenaarioesimerkki: konttialusten koon suurentamisen vaikutus päästöihin (kuva lähde MERIMA-päästövertailumalli).

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

Esimerkissä on tehty skenaario kemikaalialusten keskinopeuden vähentämisen vaikutuksesta päästöihin vuoden 2019 HaminaKotkan ja Alankomaiden Rotterdamin satamien välisessä liikenteessä. Kuljetus 2 -osassa aluksen nopeutta on pienennetty 10 %, jolloin kemikaalialusten vuotuiset päästöt vähenisivät päästökompontista riippuen noin 15–17 %. (Kuva 31)

KULJETUS 1						KULJETUS 2																																																																							
1) Valitse reitti			2) Valitse alusten käyttämä polttoaine *			1) Valitse reitti			2) Valitse alusten käyttämä polttoaine *																																																																				
Valitse Suomen satama HaminaKotka (FHM-N)			Valitse ulkomaan satama Rotterdam (NLRTM)			Valitse Suomen satama HaminaKotka (FHM-N)			Valitse ulkomaan satama Rotterdam (NLRTM)																																																																				
Valittu lailla vuonna 2019 kuljetettu lasti alustyyppittäin (tonnia)			Roro lastialus, paperi			Valittu lailla vuonna 2019 kuljetettu lasti alustyyppittäin (tonnia)			Roro lastialus, paperi																																																																				
Raakaliyälus			0			Raakaliyälus			0																																																																				
Tuotetankkeri			854 528			Tuotetankkeri			854 528																																																																				
Kemikaalialus			222 417			Kemikaalialus			222 417																																																																				
Bulkaalus			13 440			Bulkaalus			13 440																																																																				
Roro lastialus			0			Roro lastialus			0																																																																				
Muu alus			0			Muu alus			0																																																																				
3) Valitse aluksen tyyppi, koko täyttöaste ja lastin määrä			Muuta aluksen kokoa			3) Valitse aluksen tyyppi, koko täyttöaste ja lastin määrä			Muuta aluksen kokoa																																																																				
Valitse alustyyppi			Suurennna / Pienennä ±0 %			Valitse alustyyppi			Suurennna / Pienennä ±0 %																																																																				
Kemikaalialus			Aluksen koko (DWT) 8 000			Kemikaalialus			Aluksen koko (DWT) 8 000																																																																				
4) Valitse aluksen keskimääräinen matkanopeus			Oletusnopeus 13,0 solmua / Uusi nopeus 24,1 km/h			4) Valitse aluksen keskimääräinen matkanopeus			Oletusnopeus 13,0 solmua / Uusi nopeus 21,7 km/h																																																																				
Lisää / Vähennä			0 %			Lisää / Vähennä			-10 %																																																																				
* Alusten käyttämä polttoaine: HFO, MDO/GO - SECA-alueilla HFO pesuriin kanssa (osuus 50 %) ja MDO/GO (osuus 50 %), muilla merialueilla HFO, LNG - nesteytetty maakaasu HFO = raskas polttoöljy (FO380 / FO180 suhteessa 80 % / 20 %), pesuri = pakokaasupesuri, MDO/GO = kevyt polttoöljy																																																																													
ALUSTEN TIEDOT		Tyyppi		Koko (DWT)		Lastin osuus DWT:stä		Keskimääräinen matkanopeus (solmua)		Polttoaine																																																																			
Kuljetus 1		Kemikaalialus		8 000		50 %		13,0		HFO, MDO/GO																																																																			
Kuljetus 2		Kemikaalialus		8 000		50 %		11,7		HFO, MDO/GO																																																																			
TULOKSET		Merialue		Reitti- ja lastitiedot		Polttoainetiedot **		Päästöt (tonnia/vuosi)																																																																					
				Kuljetettu lasti (tonnia/v.)		Kustannus (milj. €/v.)		Hiilimonoksidi (CO)		Hiilivedyt (HC)		Tyypen oksidit (NOx)		Hiukkaset (PM)		Metaani (CH4)		Typpioksiduuli (N2O)		Rikkioksiduuli (SO2)		Hiilidioksidi (CO2)		Hiilidioksidiekvivalentti (CO2-ekv.)																																																					
Kuljetus 1		Itämeri (Euroopan SECA)		1 395		897,8		5 194,2		2,202		13,87		3,11		376,05		3,05		1,34		0,46		10,39		16 434		16 604																																																	
HaminaKotka-Rotterdam		Pohjanmeri ja Englannin kanaali (Euroopan SECA)		845		543,7		3 392,7		1,459		9,11		2,12		244,09		1,96		0,87		0,30		6,79		10 734		10 845																																																	
		Muut merialueet																																																																											
		Pohjois-Amerikan SECA																																																																											
		Yhteensä		643 776		2 239		1 441,5		8 586,9		3,661		22,98		5,23		620,14		5,01		2,22		0,75		17,17		27 169		27 449																																															
Kuljetus 2		Itämeri (Euroopan SECA)		1 395		897,8		4 326,4		1,844		11,57		2,64		312,48		2,53		1,12		0,38		8,65		13 689		13 830																																																	
HaminaKotka-Rotterdam		Pohjanmeri ja Englannin kanaali (Euroopan SECA)		845		543,7		2 867,2		1,242		7,72		1,83		205,60		1,64		0,74		0,25		5,73		9 072		9 165																																																	
		Muut merialueet																																																																											
		Pohjois-Amerikan SECA																																																																											
		Yhteensä		643 776		2 239		1 441,5		7 193,5		3,088		19,29		4,47		518,08		4,17		1,85		0,63		14,39		22 760		22 994																																															
** Polttoaineen hintoina ovat keskihinnat Rotterdamin satamassa vuonna 2019: raskas polttoöljy 318 €/tonni ja kevyt polttoöljy 507 €/tonni						Ero (Kuljetus 1 miinus Kuljetus 2)						-1 393,3						-0,575						-3,68						-0,77						-102,06						-0,84						-0,36						-0,12						-2,79						-4 409						-4 455					
Ero % (Kuljetus 1 miinus Kuljetus 2)						-16 %						-16 %						-16 %						-15 %						-17 %						-16 %						-16 %						-16 %						-16 %						-16 %																	
PÄÄSTÖKUSTANNUKSET ***												Mallin käyttämät yksikkökustannukset (€/päästötonni)																																																																	
TULOKSET		Hiilivedyt (HC)		Tyypen oksidit (NOx)		Hiukkaset (PM)		Metaani (CH4)		Typpioksiduuli (N2O)		Rikkioksiduuli (SO2)		Hiilidioksidi (CO2)		Yhteensä		Hiilivedyt (HC)		Tyypen oksidit (NOx)		Hiukkaset (PM)		Metaani (CH4)		Typpioksiduuli (N2O)		Rikkioksiduuli (SO2)		Hiilidioksidi (CO2)																																															
Kuljetus 1		172,73		194 105		18 925		1 916		9 621		6 595		2 092 003		2 323 338		33		313		7 024		864		12 760		384		77																																															
Kuljetus 2		147,40		162 159		16 094		1 601		8 039		5 525		1 752 546		1 946 112		33		313		3 355		864		12 760		384		77																																															
Ero		-25,33		-31 946		-2 831		-315		-1 582		-1 070		-339 456		-377 226																																																													
Ero %		-15 %		-16 %		-15 %		-16 %		-16 %		-16 %		-16 %		-16 %																																																													
*** Vuoden 2018 hintataso																																																																													

Kuva 31. Skenaarioesimerkki: kemikaalialusten nopeuden pienentämisen vaikutus päästöihin (kuva lähde MERIMA-päästövertailumalli).

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

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

KULJETUS 1					KULJETUS 2											
1) Valitse reitti		Valitse ulkomaan satama		Satamien välinen etäisyys	2) Valitse aluksen käyttämä polttoaine *		1) Valitse reitti		Valitse ulkomaan satama		Satamien välinen etäisyys	2) Valitse aluksen käyttämä polttoaine *				
HaminaKotka (FHMN)		Lybeck (DELB)		1 248 km	<input checked="" type="radio"/> HFO, MDO/GO <input type="radio"/> LNG		HaminaKotka (FHMN)		Lybeck (DELB)		1 248 km	<input checked="" type="radio"/> HFO, MDO/GO <input type="radio"/> LNG				
3) Valitse aluksen tyyppi ja täyttöaste		Aluksen koko (DWT)	Valitse lastin osuus DWT:stä		Keskimääräinen lastin osuus DWT:stä		3) Valitse aluksen tyyppi ja täyttöaste		Aluksen koko (DWT)	Valitse lastin osuus DWT:stä		Keskimääräinen lastin osuus DWT:stä				
Roro lastialus		10000	Menomatka	Palumatka	25 %		Roro lastialus		10000	Menomatka	Palumatka	25 %				
4) Valitse aluksen keskimääräinen matkanopeus		Oletusnopeus	Muuta oletusnopeutta	Uusi nopeus		4) Valitse aluksen keskimääräinen matkanopeus		Oletusnopeus	Muuta oletusnopeutta	Uusi nopeus		Keskimääräinen lastin osuus DWT:stä				
		20,0 solmua	Lisää Vähennä	20,0 solmua				20,0 solmua	Lisää Vähennä	16,0 solmua		25 %				
		37,0 km/h	0 %	37,0 km/h				37,0 km/h	-20,0 %	29,6 km/h						
* Alusten käyttämä polttoaine: HFO, MDO/GO = SECA-alueilla HFO pesurin kanssa (osuus 50 %) ja MDO/GO (osuus 50 %), muilla merialueilla HFO; LNG = nesteytetty maakaasu HFO = raskas polttoöljy (FO380 / FO180 suhteessa 80 % / 20 %), pesuri = pakokaasupesuri, MDO/GO = kevyt polttoöljy																
ALUSTEN TIEDOT		Tyyppi	Koko (DWT)	Lastin osuus DWT:stä	Keskimääräinen matkanopeus (solmua)	Polttoaine	Kuljetus 1		Tyyppi	Koko (DWT)	Lastin osuus DWT:stä	Keskimääräinen matkanopeus (solmua)	Polttoaine			
Kuljetus 1		Roro lastialus	10 000	25 %	20,0	HFO, MDO/GO	Kuljetus 2		Roro lastialus	10 000	25 %	16,0	HFO, MDO/GO			
TULOKSET		Merialue	Reitti- ja lastitiedot			Polttoainetiedot **		Päästöt (tonnia)								
			Kuljetettu lasti (tonnia)	Pituisuus yhteen suuntaan (km)	Suorite (mlj, tonnikm)	Kulutus (tonnia)	Kustannus (mlj, €)	Hilj-monoksidi (CO)	Hilivedyt (HC)	Typen oksidit (NOx)	Huikkaset (PM)	Metaani (CH4)	Typpi-oksidi (N2O)	Rikkidioksidi (SO2)	Hilidioksidi (CO2)	Hilidioksid-ekvivalentti (CO2-ekv.)
Kuljetus 1		Itämeri (Euroopan SECA)		1 248	3,1	112,9	0,047	0,30	0,06	8,24	0,07	0,03	0,01	0,23	357	361
		HaminaKotka-Lybeck														
		Pohjanmeri ja Englannin kanaali (Euroopan SECA)														
		Muut merialueet														
		Pohjois-Amerikan SECA														
		Yhteensä	2 500	1 248	3,1	112,9	0,047	0,30	0,06	8,24	0,07	0,03	0,01	0,23	357	361
Kuljetus 2		Itämeri (Euroopan SECA)		1 248	3,1	72,8	0,030	0,19	0,04	5,30	0,04	0,02	0,01	0,15	230	233
		HaminaKotka-Lybeck														
		Pohjanmeri ja Englannin kanaali (Euroopan SECA)														
		Muut merialueet														
		Pohjois-Amerikan SECA														
		Yhteensä	2 500	1 248	3,1	72,8	0,030	0,19	0,04	5,30	0,04	0,02	0,01	0,15	230	233
		Ero (Kuljetus 1 miinus Kuljetus 2)					-40,1	-0,117	-0,11	-0,02	-2,94	-0,02	-0,01	0,00	-0,08	-127
		raskas polttoöljy 318 €/tonni ja kevyt polttoöljy 507 €/tonni					-36 %	-35 %	-35 %	-35 %	-36 %	-36 %	-36 %	-36 %	-36 %	-36 %
PÄÄSTÖKUSTANNUKSET ***		Päästökustannukset (€)							Mallin käyttämät yksikkökustannukset (€/päästötonni)							
TULOKSET		Hilivedyt (HC)	Typen oksidit (NOx)	Huikkaset (PM)	Metaani (CH4)	Typpi-oksidi (N2O)	Rikkidioksidi (SO2)	Hilidioksidi (CO2)	Yhteensä	Hilivedyt (HC)	Typen oksidit (NOx)	Huikkaset (PM)	Metaani (CH4)	Typpi-oksidi (N2O)	Rikkidioksidi (SO2)	Hilidioksidi (CO2)
Kuljetus 1		2,07	2 578	231	25	128	87	27 494	30 545	33	313	7 024	864	12 760	384	77
Kuljetus 2		1,34	1 659	150	16	82	56	17 729	19 693	33	313	3 355	864	12 760	384	77
Ero		-0,73	-919	-81	-9	-46	-31	-9 765	-10 852							
Ero %		-35 %	-36 %	-35 %	-36 %	-36 %	-36 %	-36 %	-36 %							

Kuva 32. Skenaarioesimerkki: roro-lastialusten nopeuden pienentämisen vaikutus päästöihin (kuva lähde MERIMA-päästövertailumalli).

Skenaarioesimerkki: roro-matkustaja-alusten polttoaineen muuttamisen nesteytetyksi maakaasuksi vaikutus päästöihin (Päästöjen vertailu reiteittäin -käyttöliittymä)

Esimerkissä on tehty skenaario roro-matkustaja-alusten polttoaineen muuttamisesta raskaasta (ml. pakokaasupesuri) ja kevyestä polttoöljystä nesteytetyksi maakaasuksi Turun ja Ruotsin Tukholman satamien välisessä liikenteessä. Alusten polttoaine on muutettu maakaasuksi Kuljetus 2 -osassa ja Kuljetus 1 -osassa alusten polttoaineena on raskas ja kevyt polttoöljy. Roro-matkustaja-alusten vuotuiset hiilimonoksidipäästöt pysyisivät samana, hiilivety- ja metaanipäästöt kasvaisivat kumpikin noin 2,5-kertaisiksi, typen oksidi-, hiukkas- ja rikkidioksidipäästöt vähenisivät kumpikin noin 90 %, typpioksiduulipäästöt vähenisivät noin 85 % sekä hiilidioksidi- ja hiilidioksidiekvivalenttipäästöt vähenisivät kumpikin noin 13 %. (Kuva 33)

KULJETUS 1						KULJETUS 2											
1) Valitse reitti			2) Valitse alusten käyttämä polttoaine *			1) Valitse reitti			2) Valitse alusten käyttämä polttoaine *								
Valitse Suomen satama Turku (FTRU)			Valitse ulkomaan satama Tukholma (SESTO)			Valitse Suomen satama Turku (FTRU)			Valitse ulkomaan satama Tukholma (SESTO)								
Valittu reittiä vuonna 2019 kuljetettu lasti alustyyppittain (tonnia)						Valittu reittiä vuonna 2019 kuljetettu lasti alustyyppittain (tonnia)											
Raskasöljy	0	Konttialus	0	Roro lastialus, paperi	0	Raskasöljy	0	Konttialus	0	Roro lastialus, paperi	0						
Tuotekankeri	0	Konttialus, paperi	0	Roro matkustaja-alus	1 425 400	Tuotekankeri	0	Konttialus, paperi	0	Roro matkustaja-alus	1 425 400						
Kemikaalialus	0	Kuulielastalus	0	Muu alus	0	Kemikaalialus	0	Kuulielastalus	0	Muu alus	0						
Bulkalus	0	Roro lastialus	0			Bulkalus	0	Roro lastialus	0								
3) Valitse aluksen tyyppi, koko täyttöaste ja lastin määrä			Muuta aluksen kokoa			3) Valitse aluksen tyyppi, koko täyttöaste ja lastin määrä			Muuta aluksen kokoa								
Valitse alustyyppi	Suurena	±0 %	Aluksen koko (DWT)	6 000	Muuta lastin osuutta DWT:stä	Lisää	25 %	Valitse alustyyppi	Suurena	±0 %	Aluksen koko (DWT)	6 000					
Roro matkustaja-alus	Pienennä				Vähennä			Roro matkustaja-alus	Pienennä								
4) Valitse aluksen keskimääräinen matkanopeus			Oletusnopeus			4) Valitse aluksen keskimääräinen matkanopeus			Oletusnopeus								
	Lisää		20,0 solmua	Muuta oletusnopeutta	Lisää	0 %	Uusi nopeus		Lisää		20,0 solmua	Muuta oletusnopeutta					
	Vähennä		37,0 km/h	Vähennä			37,0 km/h		Vähennä		37,0 km/h	Vähennä					
* Alusten käyttämä polttoaine: HFO, MDO/GO = SECA-alueilla HFO pesurin kanssa (osuus 50 %) ja MDO/GO (osuus 50 %), muilla merialueilla HFO; LNG = nesteytetty maakaasu HFO = raskas polttoöljy (FO380 / FO180 suhteessa 80 % / 20 %), pesuri = pakokaasupesuri, MDO/GO = kevyt polttoöljy																	
ALUSTEN TIEDOT		Tyyppi	Koko (DWT)	Lastin osuus DWT:stä	Keskimääräinen matkanopeus (solmua)	Polttoaine	ALUSTEN TIEDOT		Tyyppi	Koko (DWT)	Lastin osuus DWT:stä	Keskimääräinen matkanopeus (solmua)	Polttoaine				
Kuljetus 1		Roro matkustaja-alus	6 000	25 %	20,0	HFO, MDO/GO	Kuljetus 2		Roro matkustaja-alus	6 000	25 %	20,0	LNG				
TULOKSET		Merialue	Reitti- ja lastitiedot		Polttoainetiedot **		Päästöt (tonnia/vuosi)										
			Kuljetettu lasti (tonnia/v.)	Pituis yhteen suuntaan (km)	Suorite (milj. tonnikm/v.)	Kulutus (tonnia/v.)	Kustannus (milj. €/v.)	Hiilimonoksididi (CO)	Hiilivedyt (HC)	Typen oksidit (NOx)	Hiukkaset (PM)	Metaani (CH4)	Tyyppioksiduuli (N2O)	Rikkidioksidi (SO2)	Hiilidioksidi (CO2)	Hiilidioksidiekvivalentti (CO2-ekv.)	
Kuljetus 1		Itämeri (Euroopan SECA)	332	472,5	17 326,2	7,229	46,00	9,89	1 251,66	10,37	4,51	1,53	34,65	54 820	55 390		
		Turku-Tukholma															
		Pohjanmeri ja Englannin kanaali (Euroopan SECA)															
		Muut merialueet															
		Pohjois-Amerikan SECA															
		Yhteensä	1 425 400	332	472,5	17 326,2	7,229	46,00	9,89	1 251,66	10,37	4,51	1,53	34,65	54 820	55 390	
Kuljetus 2		Itämeri (Euroopan SECA)	332	472,5	13 861,0	Ei tietoa	46,00	24,73	125,17	1,04	11,29	0,23	3,47	47 694	48 044		
		Turku-Tukholma															
		Pohjanmeri ja Englannin kanaali (Euroopan SECA)															
		Muut merialueet															
		Pohjois-Amerikan SECA															
		Yhteensä	1 425 400	332	472,5	13 861,0	Ei tietoa	46,00	24,73	125,17	1,04	11,29	0,23	3,47	47 694	48 044	
** Polttoaineen hintoina ovat keskihinnat Rotterdamin satamassa vuonna 2019: raskas polttoöljy 318 €/tonni ja kevyt polttoöljy 507 €/tonni		Ero (Kuljetus 1 miinus Kuljetus 2)				-3 465,2		0,00		14,84		-1 126,49		-9,33		6,77	
		Ero % (Kuljetus 1 miinus Kuljetus 2)				-20 %		+0 %		+150 %		-90 %		+150 %		-85 %	
PÄÄSTÖKUSTANNUKSET ***		Päästökustannukset (€)						Mallin käyttämät yksikkökustannukset (€/päästötonni)									
TULOKSET		Hiilivedyt (HC)	Typen oksidit (NOx)	Hiukkaset (PM)	Metaani (CH4)	Tyyppioksiduuli (N2O)	Rikkidioksidi (SO2)	Hiilidioksidi (CO2)	Yhteensä	Hiilivedyt (HC)	Typen oksidit (NOx)	Hiukkaset (PM)	Metaani (CH4)	Tyyppioksiduuli (N2O)	Rikkidioksidi (SO2)	Hiilidioksidi (CO2)	
Kuljetus 1		326,44	391 770	36 221	3 900	19 584	13 307	4 221 158	4 686 266	33	313	7 024	864	12 760	384	77	
Kuljetus 2		816,11	39 177	3 622	9 750	2 938	1 331	3 672 408	3 730 041	33	313	3 355	864	12 760	384	77	
Ero		489,66	-352 593	-32 599	5 850	-16 646	-11 976	-548 751	-956 224								
Ero %		+150 %	-90 %	-90 %	+150 %	-85 %	-90 %	-13 %	-20 %								
*** Vuoden 2018 hintataso																	

Kuva 33. Skenaarioesimerkki: roro-matkustaja-alusten polttoaineen muuttamisen nesteytetyksi maakaasuksi vaikutus päästöihin (kuva lähde MERIMA-päästövertailumalli).

Lähteet

Lähteet

Aluskustannukset 2009. Merenkululaitos 2009. Merenkululaitoksen julkaisu ja 3/2009.

Alusliikenteen yksikkökustannukset 2013. Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 41/2014

<https://vayla.fi/documents/25230764/35412529/Alusliikenteen+yksikk%C3%B6kustannukset+2013.pdf/54ade1c4-17bd-4d9a-b901-9f71ae3e9c69/Alusliikenteen+yksikk%C3%B6kustannukset+2013.pdf?t=1442482427468> (viitattu syksyllä 2020)

Bunker Index

<http://www.bunkerindex.com/> (viitattu syksyllä 2020)

EU (2015). Meriliikenteen hiilidioksidipäästöjen tarkkailusta, raportoinnista ja todentamisesta sekä direktiivin 2009/16/EY muuttamisesta. Euroopan unionin virallinen lehti. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/PDF/?uri=CELEX:32015R0757&from=EN> (viitattu syksyllä 2020)

EU (2016). Rikkidirektiivi. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/fi/TXT/?uri=CELEX%3A32016L0802> (viitattu syksyllä 2020)

FleetMon

<https://www.fleetmon.com/> (viitattu syksyllä 2020)

GoogleMaps

<https://maps.google.com/> (viitattu syksyllä 2020)

International Maritime Organisation IMO

IMO (2018). International Maritime Organisation. Adoption of the initial imo strategy on reduction of ghg emissions from ships and existing imo activity related to reducing ghg emissions in the shipping sector. RESOLUTION MEPC.304(72) (adopted on 13 April 2018). [https://www.wcdn.imo.org/localresources/en/OurWork/Environment/Documents/Resolution%20MEPC.304\(72\)_E.pdf](https://www.wcdn.imo.org/localresources/en/OurWork/Environment/Documents/Resolution%20MEPC.304(72)_E.pdf)
<https://www.imo.org/en/MediaCentre/HotTopics/Pages/Sulphur-2020.aspx> (viitattu syksyllä 2020)

IMO (2019). Nitrogen Oxides (NOx) – Regulation 13.

[https://www.imo.org/en/OurWork/Environment/Pages/Nitrogen-oxides-\(NOx\)-%E2%80%93Regulation-13.aspx](https://www.imo.org/en/OurWork/Environment/Pages/Nitrogen-oxides-(NOx)-%E2%80%93Regulation-13.aspx) (viitattu syksyllä 2020)

IMO (2020). Air pollution prevention, Sulphur monitoring for 2019, Note by the Secretariat. MEPC 75-5-9.docx

Liikennevirasto a. Reittipituudet Suomen satamista kolmikantapisteeseen. Liikennevirasto, kirjallinen tiedonanto.

Liikennevirasto b. Suomen ja ulkomaiden keskimääräiset meriväyläetäisyydet. Liikennevirasto, kirjallinen tiedonanto. MarineTraffic
<http://www.marinetraffic.com> (viitattu syksyllä 2020)

Oilmonster

<https://www.oilmonster.com/bunker-fuel-prices/northern-europe/amsterdam/125> (Viitattu syksyllä 2020)

Ports.com

<http://ports.com/> (viitattu syksyllä 2020)

Sea Route Finder

<http://www.searoutefinder.com/> (viitattu syksyllä 2020)

Sea-Distances.org

<http://www.sea-distances.org/> (viitattu syksyllä 2020)

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

ShipBroker Net

<http://www.shipbroker.net/list/list1.asp> (viitattu syksyllä 2020).

Ship&Bunker

<https://shipandbunker.com/prices/emea/nwe/nl-rtm-rotterdam> (viitattu syksyllä 2020)

Suomen Varustamot. Merenkulkualan keskeisimpänä tavoitteena on päästöjen vähentäminen

<https://shipowners.fi/merenkulkualan-keskeisimpana-tavoitteena-on-paastojen-vahentaminen/> (viitattu syksyllä 2020)

Ulstein Group, kalvosarja

Valtioneuvosto. Laivojen typpipäästöjä rajoitetaan Itämerellä ja Pohjanmerellä. Tiedote 27.10.2016

<https://valtioneuvosto.fi/-/laivojen-typpipaastoja-rajoitetaan-itamerella-ja-pohjanmerella> (viitattu syksyllä 2020)

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

Vesiväylähankkeiden arviointiohje. Väyläviraston ohjeita 38/2020.

https://julkaisut.vayla.fi/pdf11/vo_2020-38_vesivaylahankkeiden_arviointiohje_web.pdf (viitattu tammikuussa 2021)

VTT LIPASTO järjestelmän yksikköpäästöosio.

<http://lipasto.vtt.fi/yksikkopaastot/index.htm> (viitattu syksyllä 2020)

Tilastot

Liikennevirasto ja Liikenne ja viestintävirasto Traficom (2020). Suomen kansainvälisen tavaraliikenteen vuositilastot alustyypeittäin tuonnissa ja viennissä vuosilta 2005–2019.

Liikenne- ja viestintävirasto Traficom

PL 320, 00059 TRAFICOM
p. 029 534 5000

traficom.fi

ISBN 978-952-311-742-6
ISSN 2669-8757 (verkkajulkaisu)

TRAFICOM
Liikenne- ja viestintävirasto