



Energiahyödykkeiden merikuljetukset

Lassi Similä

Energiahyödykkeiden merikuljetukset

Lassi Similä

ISBN 978-951-38-7835-1 (URL: <http://www.vtt.fi/publications/index.jsp>)
ISSN 2242-122X (URL: <http://www.vt.fi/publications/index.jsp>)

Copyright © VTT 2012

JULKAISIJA – UTGIVARE – PUBLISHER

VTT
PL 1000 (Vuorimiehentie 5, Espoo)
02044 VTT
Puh. 020 722 111, faksi 020 722 4374

VTT
PB 1000 (Bergsmansvägen 5, Esbo)
FI-2044 VTT
Tfn +358 20 722 111, telefax +358 20 722 4374

VTT Technical Research Centre of Finland
P.O. Box 1000 (Vuorimiehentie 5, Espoo)
FI-02044 VTT, Finland
Tel. +358 20 722 111, fax + 358 20 722 4374

Energiahyödykkeiden merikuljetukset

Lassi Similä. Espoo 2012. VTT Technology 22. 68 s.

Tiivistelmä

Julkaisu sisältää SALKKU-hankkeessa tehdyn kirjallisuuskatsauksen, joka käsittelee energiahyödykkeiden merikuljetuksia. Raportissa jäsennetään merikuljetusmarkkinoiden ominaisuuksia osana energiajärjestelmiä ja kartoitetaan tietoa niiden tulevaisuuden kehityksen arvioimiseksi.

Merikuljetusten kokonaismäärä maailmassa vuonna 2010 oli 8 408 miljoonaa tonnia (Mt). Energiahyödykkeiden merikuljetuksista suurimmat luokat muodostivat öljyn kuljetukset (2 752 Mt) ja hiilen kuljetukset (904 Mt). Öljyn kuljetukset koostuivat raakaöljyn kuljetuksista (1 800 Mt) ja öljytuotteiden (esimerkiksi bensiini, diesel) kuljetuksista (968 Mt). Nesteytetyn maakaasun (LNG:n) kuljetusten määrä (tuonnin yhteismäärä maailmassa) vuonna 2010 oli 220 Mt (298 bcm). Karkeasti nämä energiahyödykkeet muodostavat vajaa puolet kansainvälisten laivakuljetusten kokonaismassasta. Bioenergiahyödykkeiden merikuljetusmäärät ovat toistaiseksi pieniä verrattuna ”perinteisiin” fossiilisiin polttoaineisiin, raakaöljyyn ja öljyjalosteisiin, kivihiileen ja LNG:hen. Esimerkiksi pellettien tuonti EU:n alueelle vuonna 2010 oli noin 2,5 Mt, josta Kanadasta 0,93 Mt ja Yhdysvalloista 0,74 Mt.

Katsauksen mukaan energiahyödykkeiden merikuljetuksissa käytettävien alusten koot vaihtelevat muutamien tuhansien tonnien lyhyen matkan pellettikuljetuksista (esimerkiksi Baltiasta Pohjois-Eurooppaan) useiden satojen tuhansien tonnin valtameriliikenteen raakaöljytankkereihin. Suuremmat alukset operoivat yleensä pidemmillä matkoilla ja pienemmät lyhyemmällä. Raakaöljy ja öljyjalosteet kuljetetaan raakaöljy- ja tuotetankkereilla (crude oil tankers, product tankers). Hiili ja kiinteät biomassat kuljetetaan puolestaan irtolastialuksilla (bulk carriers), etanolia ja biodieseliä kuljetetaan kemikaalitankkereissa (chemical tankers). LNG:n kuljettaminen vaatii omanlaisiaan erikoisaluksia (LNG carriers).

Energiahyödykkeiden merikuljetuksista yhä suurempi osa on siirtynyt lyhyen aikavälin markkinoille. Merikuljetusten hintakehityksessä on tyypillisesti nähtävissä syklejä, joissa havaitaan rahtihintojen nopean nousun, huipun ja nopean romahduksen vaiheet. Skaalaedut, joiden vuoksi aluskoon kasvattaminen on pienentänyt yksikköä kohti laskettuja kuljetuskustannuksia, ovat olleet merkittävä tekijä merikuljetusten kustannusten kehittämisessä pitkällä aikavälillä. Esimerkiksi Yhdysvalloista Japaniin kulkevien hiililaivojen koko on eräällä reitillä jopa 15-kertaistunut 1950-luvulta 2000-luvulle.

2000-luvun yleisessä merikuljetusten hintakehityksessä vuosien 2003–2008 välillä tapahtui voimakkaita nousuja, jolloin useat hintoja kuvaavat indeksit nousivat kaikkien aikojen ennätyksiin. 2000-luvun hintakehitykseen on merkittävästi vaikuttanut kuljetusten kysyntä, johon on vaikuttanut maailmantalouden kehitys. Poliittikatoimenpiteet meriliikenteen ympäristövaikutusten, kuten CO₂-päästöjen sekä

rikkipäästöjen, vähentämiseksi ovat merkittäviä lähitulevaisuudessa rahdin hintaan vaikuttavia tekijöitä.

Katsauksessa on jäsennetty energiahyödykkeiden merikuljetusten tulevaisuuden kehitystä selvittämällä laivakuljetusten kysynnän kehitystä ja hintaa ohjaavia tekijöitä. Merikuljetusten kysyntää ohjaavia tekijöitä ovat maailmantalous, meritse tapahtuva tavarakauppa, keskimääräinen kuljetusmatka, satunnaissokit ja kuljetuskustannukset. Katsauksessa kiinnitetään runsaasti huomiota eri energiahyödykkeiden kuljetuskuljetuskustannuksiin ja niiden rakenteisiin. Tyypillisesti öljyllä on energiahyödykkeistä pienin kuljetuskustannus suhteessa tuotteen arvoon. Kuljetuskustannukset ovat usein maksimissaan 10 %:n luokkaa. Suhteessa suurimmat kuljetuskustannukset ovat pellettien, hakkeen, hiilen ja LNG:n merikuljetuksilla. Katsauksessa löydettiin esimerkkejä, joissa hiilen ja pellettien kuljetuskustannukset olivat kokonaistoimituskustannuksista 45 %:n luokkaa. LNG-kuljetuksissa kuljetuskustannusten osuus on ollut tyypillisesti 10–30 %. Sekä rahdin että polttoaineiden hinnat ovat vaihdelleet voimakkaasti, ja muun muassa matka ja kuljetuksen nopeus vaikuttavat yksittäisten kuljetusten kustannuksiin ja hintoihin.

Asiasanat

shipping, energy, freight markets, transportation costs, oil, LNG, coal, bioenergy

Esipuhe

Julkaisussa on esitetty hankkeen ”Suomalainen tulevaisuuden energialiiketoiminta – skenaariot ja strategiat (SALKKU)” eri polttoaineiden merikuljetusten näkymiä käsittelevän osatehtävän tulokset.

Tutkimus tehtiin VTT:n ja Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskuksen (MTT) yhteishankkeena ja koordinaattorina toimi VTT. Tutkimusta rahoittivat Tekesin lisäksi Gasum Oy, Metso Power Oy, Teknologiateollisuus ry, Helsingin Energia, VTT ja MTT. Yhteishankkeen koordinaattorina ja vastuullisena johtajana toimi tiimipäällikkö Tiina Koljonen ja projektipäällikkönä toimi erikoistutkija Göran Koreneff VTT:ltä. MTT:n osahankkeen vastuullisena johtajana toimi erikoistutkija Katri Pahkala. Projektin johtoryhmän puheenjohtajana toimi Timo Arponen (Helsingin Energia). Johtoryhmään kuuluivat lisäksi Marjatta Aarniala (Tekes), Björn Ahlnäs (Gasum), Matti Rautanen (Metso Power), Timo Airaksinen (Teknologiateollisuus) toukokuuhun 2011 asti ja Martti Kätkä (Teknologiateollisuus) siitä eteenpäin, Hannu Hernesniemi (Etlatieto Oy), Markku Järvenpää (MTT), Satu Helynen (VTT), Tiina Koljonen (VTT), Katri Pahkala (MTT) ja Göran Koreneff (siht., VTT).

Tekijä haluaa kiittää johtoryhmää aktiivisesta osallistumisesta ja ohjauksesta sekä laiva- ja meriliikennealan tutkijoita Hanna Askolaa ja Saara Hännistä VTT:ltä julkaisun luonnoksen kommentoinnista.

Toukokuussa 2012
Lassi Similä

Sisällysluettelo

Tiivistelmä	3
Esipuhe.....	5
Lyhenneluettelo.....	8
1. Johdanto	10
2. Laivakuljetusten perusominaisuudet ja energian kuljetukset.....	11
2.1 Kuljetusmäärien kehitys ja kuljetustarpeen määräytyminen	11
2.2 Alukset.....	13
2.3 Energian laivakuljetukset	14
2.3.1 Öljykuljetukset	16
2.3.2 Hiilen kuljetukset.....	18
2.3.3 LNG:n kuljetukset	20
2.3.4 Bioenergiajalosteet ja biomassat	22
3. Kuljetusmarkkinoiden toiminta, kehitys ja nykytila.....	28
3.1 Markkinoiden osa-alueet ja toimijat.....	28
3.2 Kauppapaikat	29
3.3 Hintakehityshistoria.....	29
3.4 Hinnan määräytyminen kuljetusmarkkinoilla.....	32
3.4.1 Kysyntä- ja tarjontakäyrätarkastelu	33
3.4.2 Kustannuskehitys ja kustannuksiin vaikuttavat tekijät	34
3.5 Kustannusrakenne ja sopimusmallit	35
3.6 Merikuljetusten kustannus- ja hintakehitysesimerkkejä polttoaineittain.....	37
3.6.1 Hiilen ja öljyn kuljetukset	37
3.6.2 LNG:n kuljetukset	39
3.6.3 Bioenergiajalosteet ja biomassat	41
4. Laivakuljetusten tulevaisuuden kehityksen arvioiminen	44
4.1 Laivakuljetusten kysyntään vaikuttavat tekijät	44
4.1.1 Yleisesti.....	44
4.1.2 Energiahyödykkeiden laivakuljetukset.....	45
4.2 Energiahyödykkeiden laivakuljetusten kysynnän suuntaviivoja	46

4.2.1	Bioenergiajalosteet ja biomassat	46
4.2.2	LNG:n kuljetukset	47
4.2.3	Öljyn kuljetukset	48
4.2.4	Hiilen kuljetukset.....	49
4.3	Hintaa ohjaavien tekijöiden arviointi.....	50
4.3.1	Hintaan vaikuttavat tekijät	50
4.3.2	Öljyn hinnan vaikutus merikuljetusten hintoihin	50
4.3.3	Institutionaaliset muuttajat.....	51
4.3.4	Teknologia.....	51
4.4	Polttoainekuljetusten tulevaisuuden näkymät Suomen näkökulmasta.....	52
4.4.1	Kuljetusmäärät.....	52
4.4.2	Alukset.....	54
4.4.3	Regulaatio ja institutionaaliset muuttajat	55
4.4.4	Matkapäivä- ja satamapäiväkustannukset Suomen oloissa.....	56
5.	Johtopäätökset ja yhteenveto.....	60
5.1	Hinnan määräytyminen	60
5.1.1	Yleisiä piirteitä	60
5.1.2	Lähihistoria: 2000-luvun kehitys.....	61
5.2	Tulevaisuuden kehityksen arvioiminen ja kehitystä ohjaavat tekijät.....	61
	Lähdeluettelo.....	64

Lyhenneluettelo

UNCTAD	United Nations Conference on Trade and Development
BP	British Petroleum (aiemmin), kansainvälinen energia-alan yritys
CO ₂	hiilidioksidi
IEA	International Energy Agency, kansainvälinen energiajärjestö
LNG	Liquefied Natural Gas, nesteytetty maakaasu
LPG	Liquefied Petroleum Gas, nestekaasu
VLCC	very large crude carrier. Kokoluokka, jota käytetään yli 200 000 dwt:n suuruisista raakaöljytankkereista. Joissain luokituk- sissa luokan ylärajana 350 000 dwt.
dwt	deadweight ton, ”kuollut paino (tonnia)”. Aluksen kantavuutta kuvaava yksikkö.
m ³	kuutiometri
Mt	miljoona tonnia, 10 ⁹ kg
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change, hallitustenvälinen ilmastonmuutospaneeli
FAPRI	Food and Agricultural Policy Research Institute
FAO	Food and Agriculture Organization of the United Nations. YK:n ruoka- ja maatalousjärjestö.
OECD	Organisation for Economic Co-operation and Development. Teolli- suusmaiden yhteisjärjestö.
MBtu	miljoona Btu (British thermal unit). 1 MBtu LNG:tä vastaa 0,021 tonnia LNG:tä.
t, ton	tonni, 1 000 kg
odt	owen dried tonni, uunikuivattu tonni. Pellettien massasta käytetty yksikkö.
PJ	petajoule, 10 ¹⁵ joulea

MARPOL	International Convention for the Prevention of Pollution from Ships. Kansainvälinen yleissopimus alusten aiheuttaman meren pilaantumisen ehkäisemiseksi. Lyhenne MARPOL on alkujaan peräisin sanoista "marine pollution".
SECA	Sulphur Emission Control Areas, rikki päästöjen kontrollialueet
HFO	Heavy Fuel Oil, raskas polttoöljy
IFO	Intermediate Fuel Oil, raskaan polttoöljyn laatu
MDO	Marine Diesel Oil, meridieseöljy
MGO	Marine Gas Oil, kaasuöljy
mb/d	miljoona barreliä päivässä. 1 mb/d raakaöljyä vastaa 49,8 Mton raakaöljyä vuodessa.
NGL	Natural Gas Liquids. Maakaasun tuotannon sivutuotteina saadusta raskaammista hiilivedyistä valmistettuja tuotteita.
bcm	billion cubic meters, miljardi kuutiometriä, 10^9 m^3 . 1 bcm maakaasua vastaa 0,74 miljoonaa tonnia nesteytettyä maakaasua (LNG).
bbf	ks. barrel
barrel, barreli	159 litraa. 1 barreli raakaöljyä vastaa noin 0,135 tonnia raakaöljyä.
NM	Nautical mile, merimaili eli meripeninkulma, 1 852 m
kn, knot	solmu, 1 kn = 1,852 km/h

1. Johdanto

Muutokset maailmantalouden rakenteessa, toteutuva talouskasvu, teollisuustuotannon alueellinen sijoittuminen, ilmastonmuutoksen hillintään liittyvät CO₂-vähennystoimet, niukkenevat fossiiliset energiareсурssit sekä teknologian kehitys ja käytönotto tulevat muuttamaan energian tuotannon ja käytön, energiajärjestelmien, rakennetta tulevana vuosikymmeninä. Energiajärjestelmien tulevaisuuteen liittyen on tehty runsaasti aikaisempaa tutkimusta näiden muutostekijöiden valossa (esim. VTT 2009).

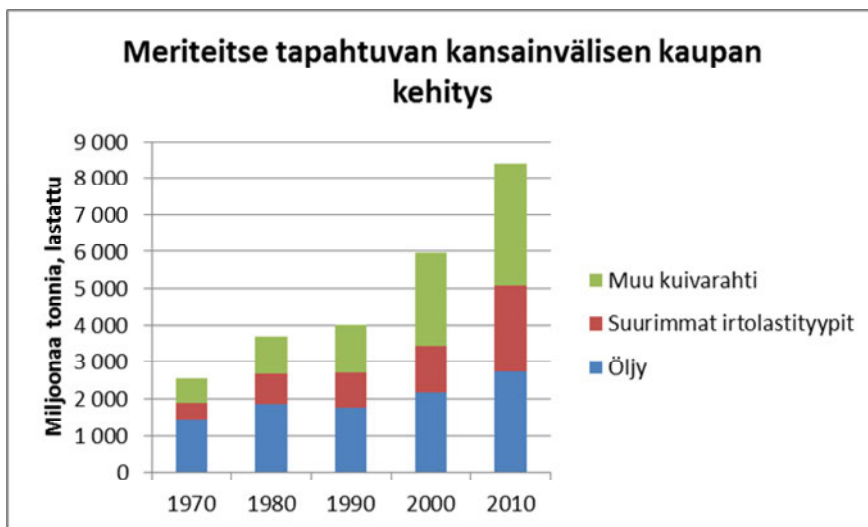
Maailman nykyinen energiajärjestelmä on riippuvainen laivakuljetuksista. Esimerkiksi vuonna 2010 tuotetusta raakaöljystä, maailmanlaajuisesti merkittävimmästä energianlähteestä, lähes 50 % kuljetettiin meriteitse tuotantopaikoilta käyttökohteisiin, ja nämä kuljetukset muodostavat yli 20 % maailman kaikkien merikuljetusten massasta (BP 2011, UNCTAD 2011). Tältä pohjalta on ilmeistä, että globaalin energiajärjestelmän muutoksilla on vaikutuksia polttoaineiden laivakuljetusmarkkinoihin ja päinvastoin. Esimerkiksi tehostuneen logistiikan tai laivateknologian aikaansaama kuljetuskustannusten aleneminen voi alentaa energiantuotannossa käytettävien tuontipolttoaineiden kuljetusten hintoja kuljetusmarkkinoiden kautta. Tällöin tuontipolttoaineiden osuus energiantuotannossa mahdollisesti kasvaa niiden parantuneen kilpailukyvyn vuoksi.

Laivakuljetusmarkkinoiden ja energiajärjestelmien vuorovaikutusta ei energiajärjestelmien skenaariomallinnustutkimuksissa aina huomioida. Tämä on perusteltua, mikäli polttoainekuljetusten osuus energiahuollon kokonaiskustannuksista on pieni. Muuttuvassa toimintaympäristössä voi kuitenkin olla perusteltua arvioida uudelleen tätä oletusta. Tavoitteena tässä julkaisussa on jäsentää laivakuljetusmarkkinoiden ominaisuuksia osana energiajärjestelmiä ja kartoittaa tietoa niiden tulevaisuuden kehityksen arvioimiseksi. Tuloksilla voi olla merkitystä energiaskenaarioiden mallintamisessa ja energialiiketoiminnan toimintaympäristön arvioinnissa.

2. Laivakuljetusten perusominaisuudet ja energian kuljetukset

2.1 Kuljetusmäärien kehitys ja kuljetustarpeen määräytyminen

Laivakuljetukset ovat perinteisin ja merkittävin maailmankaupan mahdollistaja. Yli 80 % maailmankaupan määrästä ja 70 % arvosta kuljetetaan meriteitse (UNCTAD 2010b). Merikuljetusten kokonaismäärä vuonna 2010 oli 8 408 miljoonaa tonnia (UNCTAD 2011).



Kuva 1. Meriteitse tapahtuva kansainvälinen kauppa maailmassa. Suurimmat irtolastityypit -ryhmä käsittää rautamalmin, viljan, hiilen, bauksiitin/alumiinioksidin ja fosfaatin kuljetukset. Erityisesti muun kuivarahdin kasvu on ollut huomattavaa. (UNCTAD 2011.)

Kuva 1 esittää meriteitse tapahtuvan kaupan kehityksen vuodesta 1970 jaoteltuna päätuoteryhmiin. Muu kuivarahti, joka sisältää arvokkaimpia erikoistavara- tuotteita, on noussut nopeasti 1990-luvulta lähtien. Suhteellisesti voimakkaimmin ryhmässä ovat lisääntyneet konttikuljetukset, joiden määrä on noussut vuosina 1980–2011 102 miljoonasta tonnista 1 477 miljoonaan tonniin (UNCTAD 2011). Muu kuivarahti -ryhmän kuljetusmäärissä on selvimmin näkynyt vuonna 2008 alkaneen finanssikriisin vaikutus.

Öljyn ja muun irtolastin (ns. bulkkituotteiden) kuljetusmäärien kehitys on ollut viime vuosina vakaampaa. Öljyn kuljetusmäärät (Kuva 1) sisältävät sekä raakaöljyn että öljytuotteiden kuljetukset.

Laivakuljetukset ovat ns. johdettua kysyntää: kuluttajien maksuhalukkuus ei kohdistu varsinaiseen kuljettamiseen, vaan kuljetettavaan tuotteeseen. Maailmanmarkkinoilla alueellisesti epätasaisesti jakautuneiden resurssien tai tuotteiden, kuten öljyn, tapauksessa kuljetusten kysyntä muodostuu luonnollisesti. Tällöin kuljetukset muodostavat yhteyden kuluttajan ja tuottajan välille.

Talousteorian mukaan hintaero alueiden välillä muodostaa kysynnän tuotteen kuljetukselle: mikäli kuljetuksen hinta on alhaisempi kuin tämä hintaero, kuljettaminen parantaa kokonaishyvinvointia. Hintaerot alueiden välillä voivat johtua esimerkiksi tuotantoteknologian tai -resurssien olosuhde-eroista, markkinoiden epätäydellisyyksistä, kuten kilpailutilanteesta, alueellisesti eroavista työvoimakustannuksista tai poliittisten ohjauskeinojen eroista (kannustimet, verot jne.). Energia-palvelun tapauksessa kuljetuksen kysynnän aiheuttava hintaero voi muodostua myös tuotteiden korvaavuuden kautta. Esimerkiksi sähkön tuotantoon voidaan tietyissä olosuhteissa käyttää joko hiiltä tai maakaasua, joten niiden keskinäisillä hintasuhteilla on vaikutusta markkinoilla toteutuviin kauppoihin ja kuljetuksiin.

50 viime vuoden aikana laivakuljetukset ovat erilaisten kuljetustarpeiden (lasti, matka, nopeus jne.) vuoksi eriytyneet siten, että puhutaan kolmesta erillisestä kuljetusmarkkinoiden osa-alueesta, jotka ovat luonteeltaan erilaisia: irtolastikuljetukset (*bulk shipping*), erikoiskuljetukset (*specialized shipping*) ja linjakuljetukset (*liner shipping*). Tyypillisesti irtolastialukset kuljettavat suuria volyymejä lasteja, jotka ovat herkkiä hinnan muutoksille (esimerkiksi vilja, hiili, öljy) (*high volume, price-sensitive cargoes*); erikoiskuljetuksina kuljetetaan arvokkaampia lasteja, kuten autoja ja metsätuotteita. (Stopford 2009)

Linjakuljetukset kulkevat säännöllisillä reiteillä ja kiinteillä aikatauluilla. Tuotteet voivat olla yksittäisiä tai esimerkiksi kontteihin pakattuja. Tuote-erät ovat liian pieniä, jotta niillä saataisiin kokonainen alus täytettyä. Kuljetettavat tuotteet ovat usein suhteellisen arvokkaita. Esimerkiksi konttialuksen tulot voivat koostua 10 000–50 000 kuljetusta koskevasta kaupasta vuodessa. Linjakuljetuksissa siirtyminen enenevästi standardikokoisten konttien käyttöön on tehostanut lastien käsittelyä (Stopford 2009). Konttiliikenteen kasvu on ollut verrattain nopeaa. Sen volyyymi on kuljetusten kokonaismassasta pieni, mutta kuljetettavat volyymit ovat kuljetusyksikköä kohden arvoltaan suurempia. Irtolastikuljetuksissa kyse on enemmän yksikkökustannusten minimoinnista, kun taas linjaliikenteessä enemmän nopeudesta, luotettavuudesta ja laadusta.

Kuljetusjärjestelmässä aluskaluston ohella satama- ja väyläinfrastruktuurin teknologinen kehittyminen ja tehokkuus ovat olennaisia tekijöitä polttoainekuljetusten tulevaisuutta arvioitaessa.

2.2 Alukset

Merenkulussa alusten koko ilmaistaan yleensä kykynä kuljettaa lastia. Aluksen lastinkantokyvystä käytetään usein yksikköä dwt (deadweight (tonne), kuollut paino). Tämä luku sisältää henkilöstön, varastojen, lastin, makean veden ja polttoaineen jne. suurimman sallitun yhteismassan. Suuremmat alukset operoivat yleensä pidemmällä matkoilla ja pienemmät lyhyemmällä. Maailman kauppalaivaston yhteenlaskettu koko vuonna 2010 oli 1 276 137 000 dwt (UNCTAD 2010a).

Eri tuotteiden kuljettaminen vaatii teknisiltä ominaisuuksiltaan erilaisia alustyyppiä. Luokittelun (UNCTAD 2011) mukaiset alustyyppit maailman meriliikenteessä ovat seuraavat¹.

- öljytankkerit ("oil tankers")
- irtolastialukset ("bulk carriers"),
- kappaletavara-alukset ("general cargo ships/carriers")
- konttialukset ("container ships")
- muut alustyyppit ("other ships").

Kuva 2 esittää maailman kauppalaivaston tonniston kehittymisen alustyypeittäin vuodesta 1980.

¹ Suomekset: <http://wiki.metropolia.fi/display/koneautomaatio/Sanasto>

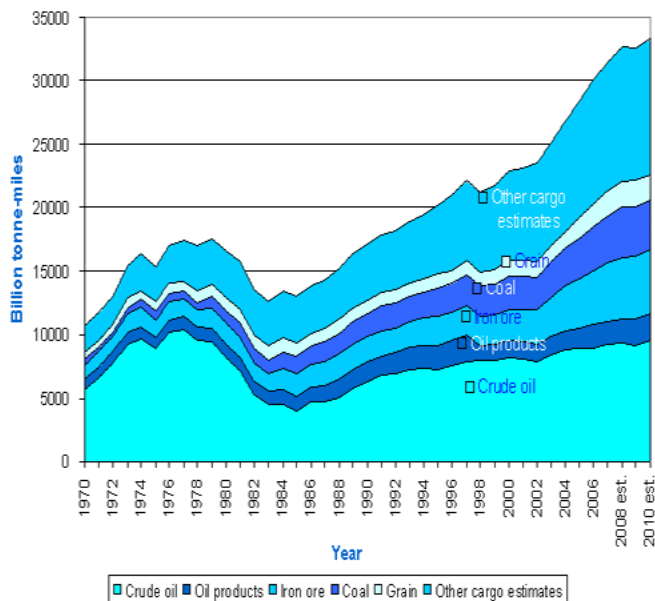


Kuva 2. Maailman kauppalaivaston koko alustyyppin mukaan. Irtolastialusten kapasiteetin prosentuaalinen kasvu koko aikavälillä on huomattava, öljytankkerien ja konttialusten kapasiteetit ovat kasvaneet nopeasti 2000-luvulla. (UNCTAD 2011.)

Alustyyppien soveltuvuus polttoaineiden kuljettamiseen vaihtelee. Polttoaineiden laivakuljetukset ovat pääasiassa irtolasti- tai erikoiskuljetuksia. Raakaöljy ja öljyjalosteet kuljetetaan raakaöljy- ja tuotetankkereilla. Hiili ja biomassat kuljetetaan puolestaan irtolastialuksilla. Joissain tilastoissa ja asiayhteyksissä alukset jaotellaan dry bulk (kuivat irtolastit) -luokkaan, johon mm. hiilikuljetukset sisältyvät, ja liquid bulk (nestemäinen irtolasti) -luokkaan, johon öljytankkerit sisältyvät. LNG:n kuljettaminen vaatii omanlaisiaan erikoisaluksia ("LNG carriers"), ja ne luetaan esimerkiksi julkaisun UNCTAD (2011) tilastoissa muiden alusten luokkaan.

2.3 Energian laivakuljetukset

Maailmanlaajuisesti merkittävimmät tilastoitavat polttoaineet tai energiahyödykkeet, joita kuljetetaan meriteitse, ovat (kivi)hiili, öljy, nesteytetty maakaasu (Liquefied Natural Gas, LNG) ja nestekaasu (Liquefied Petroleum Gas, LPG). Lisäksi meriteitse kuljetetaan biomassaa ja bioenergiajalosteita energiakäyttöön, joskin niiden kuljetusmäärät ovat huomattavasti pienempiä.



Kuva 3. Eräiden tuotteiden kuljetusmäärien kehitys tonnimailleina (Marisec²).

Merikuljetusten kokonaismäärä vuonna 2010 oli 8 408 miljoonaa tonnia (Mt) (UNCTAD 2011). Energiahyödykkeiden laivakuljetuksista on tästä kokonaismäärätilastosta helposti erotettavissa öljyn kuljetukset (2 752 Mt) ja hiilen kuljetukset (904 Mt). Öljyn kuljetukset koostuivat raakaöljyn kuljetuksista (1 800 Mt) ja öljytuotteiden (esimerkiksi bensiini, diesel) kuljetuksista (968 Mt). LNG:n kuljetusten määrä (tuonti) vuonna 2010 oli 220 Mt (298 bcm) (BP 2011). Karkeasti nämä energiahyödykkeet muodostavat vajaa puolet kansainvälisten laivakuljetusten massasta ja kokonaismäärästä tonnimailleina (Kuva 3). Raakaöljyn kuljetusmäärissä näkyy esimerkiksi 1970-luvun öljykriisin vaikutus 1980-luvulla pienenevinä kuljetusmäärinä. Energiankuljetusten määrän kehittyminen on merkittävä tekijä merikuljetusmarkkinoilla.

Taulukko 1 esittää joitakin energian laivakuljetuksia harjoittavien maiden satamien välisiä etäisyyksiä ja matka-aikoja irtolastialusten tyypillisillä kulkunopeuksilla. Taulukko esitetään tässä lähinnä suuruusluokkien hahmottamiseksi, reittejä käsitellään myöhemmin tarkemmin kunkin polttoaineen kuljetusten yhteydessä.

² <http://www.marisec.org/shippingfacts/worldtrade/volume-world-trade-sea.php>

Taulukko 1. Joidenkin energian kuljetuksissa esiintyvien lähtö- ja kohdemaiden välisiä satamien etäisyyksiä (SeaRates 2012) ja matka-aikoja suuruusluokkien hahmottamiseksi. Matkojen pituuksiin voi vaikuttaa huomattavasti, kierretäänkö mantereet vai käytetäänkö kanavia. Keskinopeutena on käytetty 14 solmua (merimailia tunnissa), joka on lähteen Stopford (2009) mukaan tyypillinen irtolastialusten nopeus. On huomioitava, että nämä matka-ajat eivät sisällä odotusaikoja (esimerkiksi laituripaikan vapautuminen, luotsinodottelu) tai sääolosuhteista johtuvia viivästyksiä (virrat, tuulet, jää) tai alennetulla nopeudella kulkemista (esimerkiksi kapeikot, kanavat, manöveeraus eli ohjailu).

Lähtösatama	Kohdesatama	Matka, merimailia	Matka, km	Matka-aika, vrk
Helsinki, Suomi	Rotterdam, Hollanti	929	1 721	2,8
Vancouver, Kanada	Rotterdam, Hollanti	8 884	16 453	26,4
Halifax, Kanada	Rotterdam, Hollanti	2 741	5 076	8,2
Umm Said, Qatar	Nagasaki, Japani	6 020	11 149	17,9
Port Elizabeth, Etelä-Afrikka	Rotterdam, Hollanti	6 551	12 132	19,5
Newcastle, Australia	Guangzhou, Kiina	4 396	8 141	13,1
Newcastle, Australia	Rotterdam, Hollanti	11 610	21 502	34,6
Jeddah, Saudi-Arabia	New York, USA	5 805	10 751	17,3

2.3.1 Öljykuljetukset

Öljytankkerit-luokan kokonaiskapasiteetti vuonna 2010 oli noin 450 Mdw (Inter-tanko 2011) eli ne muodostivat n. 35 % maailman kauppalaivaston kapasiteetista. Kaksirunkoalukset ovat hiljalleen korvaamassa yksirunkoiset tankkerit ympäristöturvallisuussyistä.

Öljyn kuljetuksissa on usein kaksi erillistä kuljetusta: raakaöljyn kuljettaminen jalostamolle ja jalostetun tuotteen kuljettaminen käyttökohteeseen. Raakaöljytankkerit kulkevat paluumatkoillaan tyypillisesti tyhjinä. Vuonna 2010 raakaöljyn laivakuljetukset olivat 1 800 miljoonaa tonnia, ja öljytuotteiden laivakuljetusten kokonaisuus oli noin 967,5 miljoonaa tonnia. Raakaöljyn tuotannosta 45 % lastattiin tankkereihin merikuljetuksia varten (UNCTAD 2011).

Raakaöljytankkerit ovat suurimpia polttoaineiden laivakuljetusmarkkinoilla toimivia aluksia: suurimmat ovat kooltaan luokkaa 500 000 dwt. Öljytankkerit jaotellaan koon mukaan seuraaviin luokkiin (esim. Stopford 2009):

- *ULCC* (Ultra Large Crude Carrier), yli 350 000 dwt.
- *VLCC* (Very Large Crude Carrier), yli 200 000 dwt.
- *Suezmax*, 120 000–200 000 dwt. Suezmax-tankkerien nimi juontaa juurensa siitä, että nämä tankkerit ovat suurimpia, jotka kykenevät liikennöimään

Suezin kanavan läpi täydessä lastissa (tarkoittaa noin 1 miljoonaa barrelia raakaöljyä eli noin 135 000 tonnia).

- *Aframax*, 80 000–120 000 dwt. Aframax-tankkerien nimi tulee *Average Freight Rate Assessment* (AFRA) -rahtimaksuarviojärjestelmästä. Aikaisemmin Aframax-kokoluokka oli suurin, jolle oli oma AFRA-noteeraus.
- *Panamax* 60 000–79 999 dwt. Suurimmat Panaman kanavasta mahtuvat alukset.

Pienimmät tankkerit kuljettavat tyypillisesti öljyalosteita, ja näistä käytettyjä kokoluokkia ovat.

- *Handy* 10 000–59 999 dwt
- *Small* 1 000–9 999 dwt.

VLCC-tankkereita käytetään pääasiassa Lähi-idästä lähtevien suurten volyymien (yli 2 miljoonaa barrelia alusta kohti) ja pitkien matkojen kuljetuksiin (Eurooppaan ja Tyynen valtameren Aasian maihin). Pienempiä tankkereita käytetään yleensä lyhyimpien matkojen kuljetuksiin, kuten Lätinalaisesta Amerikasta (Venezuela ja Meksiko) Yhdysvaltoihin³. Aframax- ja Panamax -kokoluokan tankkereita käytetään keskipitkien matkojen, kuten Välimerellä ja Karibianmerellä tapahtuviin kuljetuksiin (Stopford 2009).

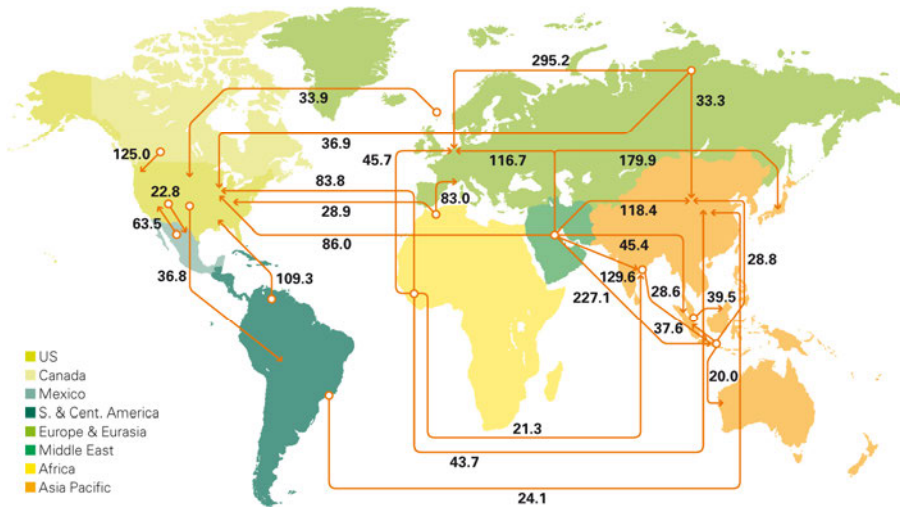
Raakaöljyn keskimääräinen kuljetusmatka vuosina 1963–2005 on vaihdellut noin 4 500 ja 7 500 mailin välillä (Stopford 2009) (7 200–12 000 km). Amerikkaan suuntautuvien kuljetusten matka-aikoina tyypillisiä ovat alle 20 päivää kestävät kuljetukset Atlantin altaan alueelta (sisältäen Länsi-Afrikan) Amerikkaan, jotka käsittävät kolme neljäsosaa Amerikan öljytuonnista. Suurin osa Aasian öljytuonnista tulee Lähi-idästä kolmen viikon matkan päästä, puolessa matkassa sijaitsevan Singaporen ollessa maailman suurin jalostuskeskus⁴.

³ <http://people.hofstra.edu/geotrans/eng/ch5en/appl5en/ch5a1en.html>

⁴ <http://people.hofstra.edu/geotrans/eng/ch5en/appl5en/ch5a1en.html>

2. Laivakuljetusten perusominaisuudet ja energian kuljetukset

Major trade movements 2010 Trade flows worldwide (million tonnes)



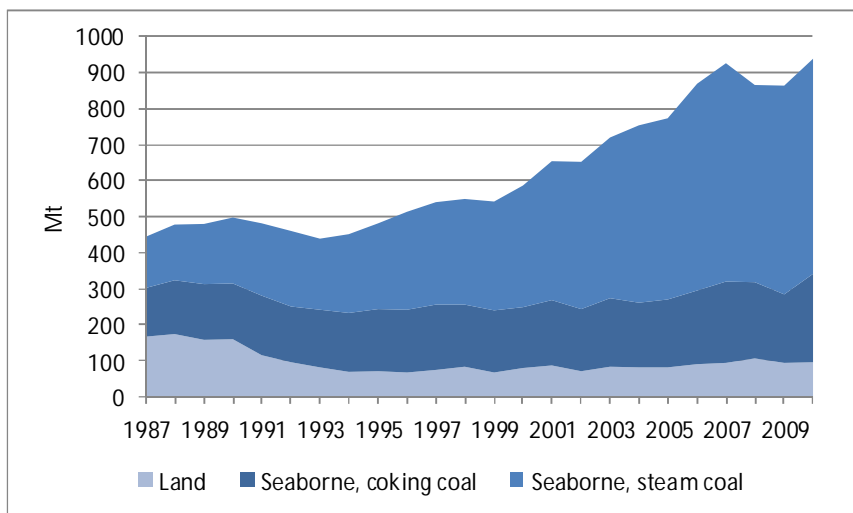
Kuva 4. Öljyn kauppa 2010 (BP 2011).

Vuonna 2010 eniten raakaöljyä kuljetettiin laivakuljetuksilla Lähi-idästä. Tätä seurasivat siirtymätalouksista (entisestä Neuvostoliitosta), Afrikasta ja Amerikan kehittyvistä maista lähtevät kuljetukset. Kuljetukset suuntautuivat pääasiassa Pohjois-Amerikkaan, kehittyvään Aasiaan, Eurooppaan ja Japaniin (BP 2011, UNCTAD 2011) (ks. Kuva 4).

2.3.2 Hiilen kuljetukset

Hiilen kuljetuksissa käytetään irtolastialuksia. Kaiken kaikkiaan kivihiilestä suurempi osa käytetään paikallisesti kuin öljyä: maiden rajojen yli kuljetetaan alle viidesosa kokonaiskäytöstä.

Kansainvälisessä meriliikenteessä kuljetetaan kahta eri kivihiilen tyyppiä. Nämä ovat koksiihiili, jota käytetään lähinnä terästeollisuudessa ja höyryhiili, jota käytetään sähköntuotannossa. Vuonna 2010 höyryhiilen osuus meritse tapahtuvasta kivihiilen kuljetusten määrästä oli noin 74 % (VDKI 2011) (ks. Kuva 5). Höyryhiilen voimakas kasvu viittaa lisääntyneeseen sähköntuotantokäyttöön kuljetuksia lisäävänä tekijänä.



Kuva 5. Kansainvälisen hiilikaupan jakautuminen koksishiilen (coking coal) ja höyryhiilen (steam coal) sekä maa- ja merikuljetusten (land, seaborne) välille 1987-2010 (IEA Coal 2011).

Hiiltä kuljetetaan irtolastialuksissa (kuivarahtialuksissa), joilla voidaan kuljettaa myös muita tuotteita, esimerkiksi rautamalmia tai vehnää. Hiilen kuljetuksessa käytettäviä irtolastialusten kokoluokkia ovat *Panamax*-luokka (60 000–80 000 dwt), joka on suurin Panaman kanavaan mahtuva alus, ja *Capesize*-luokka (yli 80 000 dwt), jonka kokoisten alusten täytyy kiertää Panaman kanava Etelä-Amerikan eteläisimmän kärjen, Kap Hornin (Cape Horn), kautta. Panaman uusi kanava on sinne valmistumassa, ja siitä mahtuvat kulkemaan huomattavasti suuremmat laivat. Pienimmistä irtolastialuksista käytetään nimitystä *Handymax*-luokka (40 000–60 000 dwt) tai *Handysize*-luokka (10 000–40 000 dwt) (Stopford 2009).

Irtolastialusten kokonaiskapasiteetti vuonna 2010 oli noin 456,6 Mdw. Kokonaiskapasiteetista Capesize-luokan aluksia on. n. 34 % ja Panamax-luokan n. 27 %⁵. Noin 40 % molempien alusluokkien kapasiteetista kuljettaa hiiltä.

Hiilen markkinoiden kysynnän katsotaan jakautuvan Atlantin markkinoihin⁶, jotka koostuvat Länsi-Euroopan hiiltä tuovista maista (Iso-Britannia, Saksa ja Espanja) ja Tyynenmeren markkinoihin, jotka koostuvat Aasian teollisuus- ja kehittyvistä maista, joista merkittävimmät ovat Japani, Etelä-Korea ja Taiwan. Tyynenmeren markkinoilla välitetään noin 57 % maailman höyryhiilen kaupasta.

Euroopan suurimmat hiilentuotajat ovat Iso-Britannia ja Saksa. Suurin osa Atlantin markkinoilla myytävästä hiilestä tuotetaan Venäjällä, Kolumbiassa ja Etelä-

⁵ <http://www.excelmaritime.com/the-market>

⁶ <http://www.worldcoal.org>

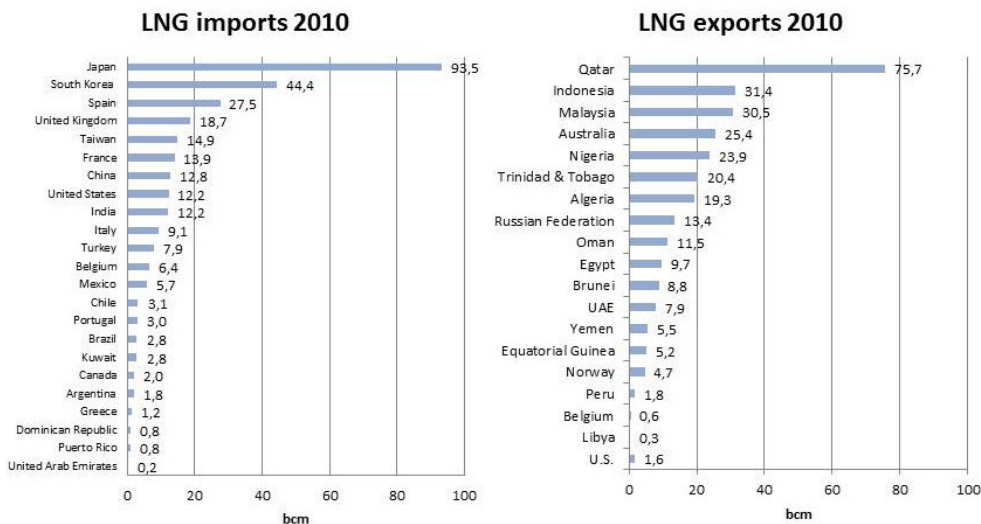
2. Laivakuljetusten perusominaisuudet ja energian kuljetukset

vuoden 2011 tammikuussa oli 43,3 Mdw, jossa oli 6,6 % nousu edelliseen vuoteen verrattuna (UNCTAD 2011).

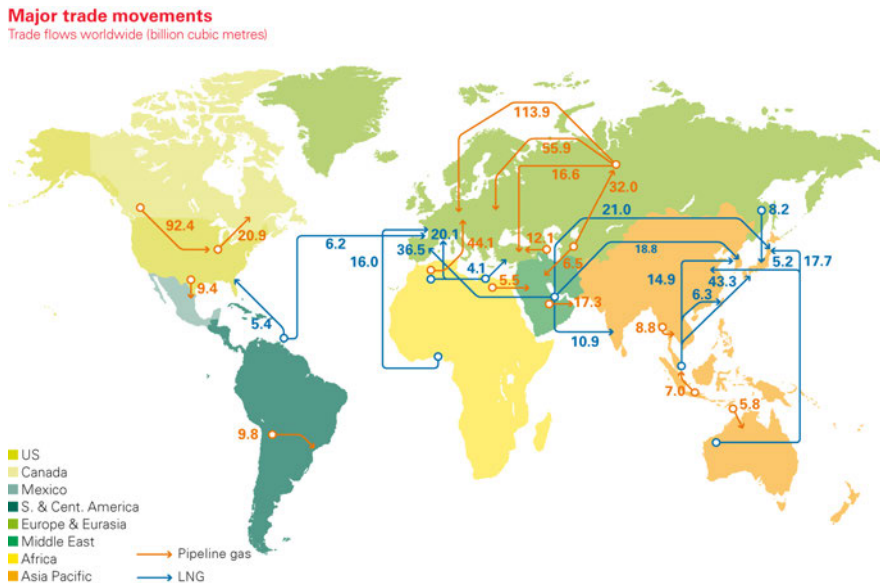
LNG-tankkereiden kokonaiskapasiteetti kasvoi nopeasti 2000-luvun ensimmäisenä vuosikymmenenä. Vuonna 2004 LNG-tankkereita oli 155 kpl, eli kappalemäärä kasvoi tänä ajanjaksona keskimäärin yli 14 %:n vuosivauhtia. LNG:n kokonaistuontimäärät maailmalla kasvoivat vuosina 2006–2010 noin 8 %:n vuosivauhtia. Vuonna 2009 tuontimäärä notkahti edellisestä vuodesta maailmantalouden hidastumisen vaikutuksesta, joten vuonna 2010 LNG-tuonnin kasvu oli peräti yli 21 % saavuttaen 298 bcm:n (220 Mt) määrän.

Öljyyn verrattuna maakaasulla on suuret kuljetuskustannukset suhteessa energiasältöön. Tyypillisesti kuljetusmatkat ovat lyhyemmät. Keskimääräinen kuljetusmatka vuosina 2006–2010 oli 3 700–4 100 mailiin luokkaa. Maakaasun kuljettaminen nesteytettynä tulee putkikuljetusta edullisemmaksi noin 1600–2200 merimailiin (3 000–4 000 km) etäisyyksillä, offshore-putkikuljetuksiin verrattuna jo noin 1 100 merimailiin (2 000 km:n) etäisyyksillä (Ruska et al. 2012).

LNG:n laivakuljetusmatkat ovat tyypillisesti lyhyempiä kuin raakaöljyn (ks. Kuva 4 ja Kuva 8). Suurimmat vientialueet sijaitsevat Lähi-idässä, jossa Qatar on suurin viejämaa. Kuljetukset suuntautuvat lähinnä Japanin, Etelä-Koreaan ja Eurooppaan (ks. Kuva 7 ja Kuva 8).



Kuva 7. LNG:n vienti- ja tuontimaat 2010. Japani on suurin LNG:n tuoja, Qatar suurin viejä. (BP 2011.)



Kuva 8. Tärkeimmät maakaasun putkikuljetukset ja LNG-kuljetukset 2010 (BP 2011).

LNG-tankkerit voivat kulkea nopeammin kuin öljytankkerit tai kuivairtolastialukset. Teoksessa Stopford (2009) esitellään erään LNG-tankkerin teknisiä ominaisuuksia, ja sen kulkunopeus on 20,6 solmua (n. 38 km/h), kun samassa teoksessa öljytankkerien ja kuivairtolastialusten nopeudet ovat 14–15 solmua (n. 26–28 km/h). LNG-tankkerikuljetuksissa osa nestemäisessä muodossa olevasta lastista muuttuu väistämättä kaasuksi (*boil-off gas*), mikä aiheuttaa hävikkiä. Tämä kaasu on poistettava säiliöistä. Halvin ja yksinkertaisin menetelmä on käyttää kaasu aluksen polttoaineena ja tarvittaessa ottaa enemmänkin lastia polttoaineeksi. Varapolttoaineena LNG-tankkerit käyttävät öljyä.

2.3.4 Bioenergiajalosteet ja biomassat

Merkittävimmät meriteitse kuljetettavat bioenergiatuotteet ovat liikenteen biopolttoaineina käytettävät bioetanoli ja biodiesel, sekä pelletit, joita käytetään sähkö- ja lämmöntuotannossa. Lisäksi raakabiomassaa kuljetetaan edelleenjalostusta varten. Esimerkiksi haketta kuljetetaan käytettäväksi paperiteollisuuden raakaineena. Energiabiomassan volyymien tarkastelua hankaloittaa se, että useat raaka-aineiden käyttökohteet ovat pääasiassa muualla kuin energiasektorilla (metsä- ja paperiteollisuudessa, elintarviketeollisuudessa), ja tilastointikäytännöt eivät tue tarkasteluja kaikilta osin.

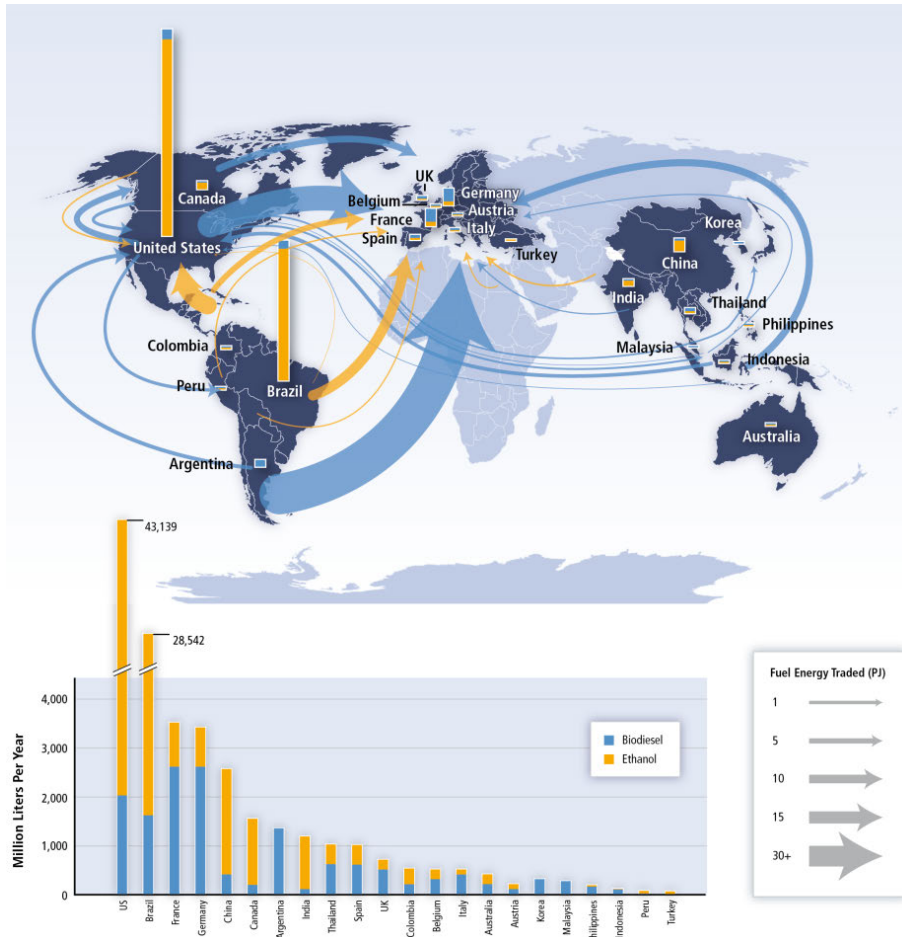
Bioenergiatuotteiden ja raaka-aineiden merikuljetuksia käsittelevässä IEA:n raportissa (Bradley et al. 2009) on kuvattu bioenergiatuotteiden teknisiä ominaisuuksia, jotka vaikuttavat niiden kuljetuksissa käytettävien alusten teknisiin vaatimuk-

siin. Kuljetettavien aineiden pH-ominaisuudet vaikuttavat alusten lastitilojen materiaaleilta vaadittaviin ominaisuuksiin, kun taas tiheys vaikuttaa optimaaliseen kuljetussäiliöiden kokoon ja muotoon. Esimerkiksi pellettien tiheys on suurempi kuin hakkeen, joten samanlaiseen alukseen mahtuu enemmän pellettejä ja pellettien yksikkökuljetuskustannukset tonnia kohti ovat tältä osin pienemmät.

Metsätuotteita (forest products) on alkujaan kuljetettu tukkeina, mutta teollisuuden kehittyessä kuljetukset ovat siirtyneet enenevästi sahatavaraan, hakkeeseen, paneeleihin tai selluun ennen laivakuljetusta. Tämä on johtanut erikoisalusten kehittelyyn. (Stopford 2009)

Etanolia ja biodieseliä kuljetetaan kemikaalitankkereissa. Etanolin tyypillisin kuljetusreitti on kulkenut Brasiliasta Euroopan satamiin, kuten Antwerpeniin ja Rotterdamiin (Bradley et al. 2009). Biodieselin kansainvälinen kauppa on kasvanut erittäin nopeasti, ollen noin 1,7 Mt (80 PJ) vuonna 2009, noin 80-kertainen vuoteen 2005 verrattuna (Lamers et al. 2011; IPCC SRREN 2011). Tuotanto vuonna 2009 oli noin 565 PJ, joten biodieselistä valtaosa käytetään paikallisesti. Suurimmat kuljetukset ovat Argentiinasta ja Yhdysvalloista Eurooppaan, pienemmissä määrin biodieseliä kuljetetaan myös Malesiasta ja Indonesiasta Pohjois-Amerikkaan (Lamers et al. 2011). Vuonna 2010 biodieselin kansainvälinen kauppa oli n. 1,9 Mt (FAPRI-ISU 2011). Etanolin ja biodieselin kauppavirtoja on esitetty kuvassa (Kuva 9).

2. Laivakuljetusten perusominaisuudet ja energian kuljetukset

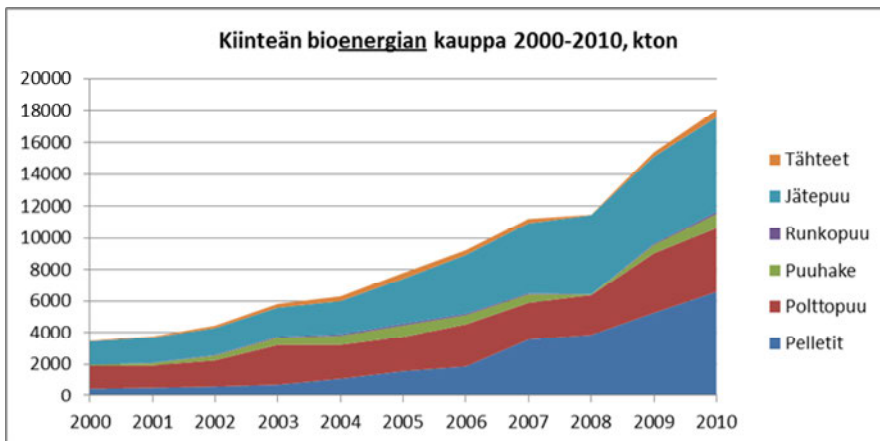


Kuva 9. Etanolin ja biodieselin tuotanto ja pääasialliset kauppavirrat, 2009 (IPCC SRREN 2011).

Julkaisun FAPRI-ISU (2011) mukaan kansainvälinen etanolikauppa vuonna 2010 oli 3,0 Mt. Etanolia käytetään polttoainekäytön lisäksi myös teollisuudessa (esim. juomateollisuudessa), joten tätä lukua ei voi tulkita suoraan etanolin energiakäyttömääräksi. Bioetanolin *polttoainekäytön* kansainvälinen kauppa (nettomäärä) vuonna 2009 oli arvon Lamers et al. (2011) mukaan noin 1,4–1,8 Mt (37–47 PJ), EU:n sisäinen kauppa 116 PJ (IPCC SRREN 2011). Verrattuna etanolin tuotantoon (1 600 PJ vuonna 2009) kansainvälinen kauppa on kohtalaisen pientä.

Myös palmuöljyä kuljetetaan laivoilla energijalosteiden raaka-aineeksi, vaikka sen suurin käyttökohde on ollut elintarviketeollisuudessa. Vuonna palmuöljyn 2010 viennin kokonaismäärä oli noin 32,8 miljoonaa tonnia (FAPRI-ISU 2011), viejä-

maiden ollessa Malesia ja Indonesia, ja suurimpien tuojamaiden/-alueiden Kiina, Intia ja EU.



Kuva 10. Kansainvälinen kiinteiden biopolttoaineiden kauppa 2000–2010. Pellettien kaupan kasvu on ollut merkittävää. (Lamers et al. 2012.)

Kiinteiden biopolttoaineiden suora kansainvälinen kauppa oli lähteen Lamers et al. (2012) mukaan vuonna 2010 18 Mt, joista suurimmat osat kattoivat puupelletit (6,6 Mt), puujäte (6 Mt) ja polttopuu (4 Mt) (Kuva 10). EU:n sisäinen kauppa käsittää noin 2/3 kiinteiden biopolttoaineiden kaupasta, ja sisältää myös maantiekuljetuksia. Pellettien maailmankaupan määrä on noussut eksponentiaalisesti 2000-luvulla. Puuhakkeen (0,9 Mt), tähteiden (0,3 Mt) ja raakapuun (0,3 Mt) polttoainekäytön kauppamäärät ovat verrattain pieniä. (Lamers et al. 2012)

Pellettien merikuljetukset mantereiden välillä, esimerkiksi USA:sta tai Kanadasta Eurooppaan, toteutetaan Handymax- tai Panamax-kokoluokkien irtolastialuksilla. Sovellettava laivan koko riippuu mm. reitistä. Yleisillä kauppareiteillä, kuten Vancouverista Rotterdamiin tai Antwerpeniin, voidaan käyttää suurempia laivoja. Tällöin esimerkiksi pellettikuljetukset Halifaxista ja Vancouverista Eurooppaan ovat kustannuksiltaan samaa suuruusluokkaa, vaikka matka Vancouverista on kolme kertaa pidempi (IPCC SRREN 2011).

Pääasialliset (puu)pellettien merikuljetusreitit kulkevat Pohjois-Amerikasta (Kanada, Yhdysvallat) ja Baltian maista Länsi- ja Pohjois-Eurooppaan, erityisesti Ruotsiin, Alankomaihin ja Belgiaan. Pienempiä kauppavirtoja on kulkenut myös esimerkiksi Australiasta, Argentiinasta ja Etelä-Amerikasta EU:hun. Kanadalaiset tuottajat ovat myös aloittaneet pienen mittakaavan kuljetuksia Japaniin (Bradley et al. 2009).

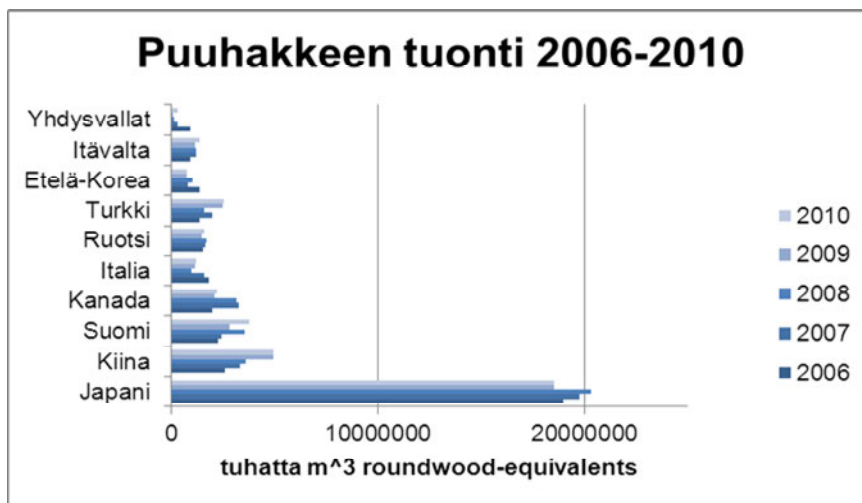
Pellettikuljetuksissa valtameren yli Pohjois-Amerikasta Eurooppaan keskimääräinen lasti on n. 20 000–30 000 tonnia/rahti. Kuljetuksissa Baltiasta ja Venäjältä Pohjoismaihin käytetään pienempiä rannikkoaluksia, jolloin keskimääräinen lastin koko on 4 000–6 000 tonnia. (Sikkema et al. 2009).

2. Laivakuljetusten perusominaisuudet ja energian kuljetukset

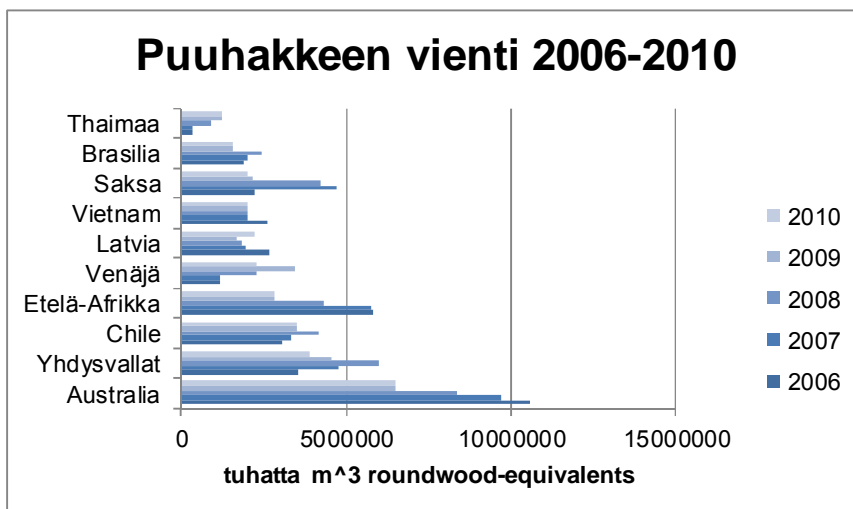
Vuonna 2007 koko maailman pellettien merikuljetusten arvioitiin olevan 2,4 Mt (Bradley et al. 2009). Tuonti EU:n alueelle vuonna 2010 oli noin 2,5 Mt, josta Kanadasta 0,93 Mt ja Yhdysvalloista 0,74 Mt. EU:n sisäinen kauppa (tuonnit) oli vuonna 2010 4,17 Mt. Tämä määrä sisältää myös rekkakuljetuksia. Globaalisti pellettien tuotanto vuonna 2010 oli 15,7 Mt (230 PJ), pääasiallisesti Euroopassa, USA:ssa ja Kanadassa, joten tuotannosta suurin osa käytetään paikallisesti (Lamers et al. 2012). Kattavaa tietoa pellettien kuljetusten kehittymisestä on heikosti saatavilla, ja tiedot ovat usein epätarkkoja (Bradley et al. 2009).

Puuhakkeen (wood chips) maiden rajojen ylittävät kuljetukset *energiakäyttöön* on toistaiseksi rajoittunut käytännössä Euroopan sisäiseen kauppaan, ja energiakäyttöön kuljetusten kokonaismääräksi arvioidaan 0,9 Mt vuonna 2010. Hakkeen viennin kokonaismäärä vuonna 2009 oli 25,2 Mt, joten energiakäyttö muodostaa vain muutamia prosentteja hakkeen viennistä. Huonolaatuisempaa haketta sisältynee lisäksi jonkin verran tilastoissa jätepuu-kategoriaan (vientä 4,5 Mt vuonna 2010). Suurimpia puuhakkeen tuojia vuonna 2010 olivat Japani, Kiina ja Suomi, ja viejämaita Australia, Yhdysvallat ja Chile. (Lamers et al. 2012)

Suurimpia puuhakkeen tuojia vuonna 2010 olivat Japani, Kiina ja Suomi, ja viejämaita Australia, Yhdysvallat ja Chile (Kuva 11, Kuva 12). Puuhakkeen tuonti vuonna 2010 oli 45,1 miljoonaa m³, ja vienti 37,6. Energiakäyttö muodostanee vain joitain prosentteja näistä volyyymeista sijoittuen Euroopan sisäisiin kuljetuksiin (Lamers et al. 2012).



Kuva 11. Puuhakkeen tuonti, kymmenen suurinta tuojaa, 2006–2010 (FAO 2012).



Kuva 12. Puuhakkeen vienti, kymmenen suurinta viejää, 2006–2010 (FAO 2012).

Pääosa hakkeen energiakuljetuksista on ollut pienten laivojen liikennettä Baltian satamista Ruotsin CHP- ja Ison-Britannian sähkölaitoksiin. Sellu- ja paperiteollisuus on kuitenkin kuljettanut haketta pitkiäkin matkoja (Australiasta ja Brasiliasta). Täten vastaava on mahdollista myös energiasovelluksissa (Bradley et al. 2009).

Hakkeen kuljetuksiin on olemassa myös tarkoitusta varten suunniteltuja erikoisaluksia, hakelaivoja (*woodchip carriers*). Hakelaivoilla on suuri tilavuus, jotta ne pystyvät lastaamaan haketta, jolla on pieni tiheys. Vuonna 2006 hakelaivoja oli 129 kappaletta, ja ne vaihtelivat kooltaan 12 000:sta 74 000 dwt:hen. Hakelaivat pystyvät lastaamaan 2,5 m³ dwt:tä kohden, kun yleisellä irtolastialuksella luku (*ahtauskerroin*) on 1,3. (Stopford 2009)

3. Kuljetusmarkkinoiden toiminta, kehitys ja nykytila

3.1 Markkinoiden osa-alueet ja toimijat

Merikuljetusten markkinoihin vaikuttaa suuri joukko muuttujia, ja markkinoilla on suuri määrä toimijoita, joiden päätösten perusteella hinnat ja kuljetusmäärät määräytyvät. Markkinoilla toimii mm. varustamoja (*shipowners*), rahtaajia eli rahdinantajia (*charterers*). Laivameklareiden (*ship brokers*) rooli on välittää kauppvoja kuljetuspalveluita erilaisille tuotteille tarvitsevien ostajien ja niitä tarjoavien myyjien välillä.

Laivakuljetusten yritys rakenne vaihtelee eri tuotteiden ja kuljetustarpeiden välillä. Yritykset, joilla on jatkuva tarve suurten volyymien kuljetuksiin (esimerkiksi hiili- ja malmiyritykset), omistavat ja käyttävät usein toiminnassaan tarvitsemansa laivat, eli toimivat laivanvarustajina/varustamoina. Vaihtoehtoisesti tällaiset yritykset voivat solmia pitkiä, jopa 20 vuoden kestoisia sopimuksia (esim. aikarahtaus, kts. kappale 3.5). Mikäli kaupan luonne on vaihteleva ja tarve hankalasti ennustettava, kuten maatalousperäisen biomassan kuljetusten tapauksessa, on yleisempää vuokrata laiva yksittäisiä matkoja varten (matkarahtaus, ks. kappale 3.5). (Bradley et al. 2009)

Energiahöydykkeiden (polttoaineiden) kuljetusten markkinoiden toimintaan vaikuttaa välillisesti muitakin toimijoita kuin polttoaineen ostaja ja myyjä. Varsinaisena kiinnostuksen kohteena on energiapalvelu (esim. lämpö, sähkö), ja se välitetään loppukuluttajille esimerkiksi energiayhtiön kautta.

Merikuljetusten markkinoilla on kolme eri aikaväleillä toimivaa osa-aluetta, jotka kukin vaikuttavat markkinoiden toimintaan ja lopputulemaan; laivanrakennus-, rahtaus- ja romutusmarkkinat. Lyhyen aikavälin markkinatilanteessa ei ole mahdollista rakentaa uutta kuljetuskapasiteettia, koska alusten toimitusajat liikkuvat jopa vuosiluokassa.

Rahtausmarkkinoilla osa kaupasta toteutetaan lyhyen aikavälin spotmarkkinoiden (matkarahtaus) ja osa pitkäaikaisen sopimusten (aikarahtaus/bareboat) avulla. Pitkäaikaiset sopimukset ovat mm. keino jakaa pitkäkestoitteiden investointien riskejä. Pitkät sopimukset ovat houkuttelevia myyjälle, kun kuljetuskustannukset ovat suuria verrattuna tuotteen arvoon. Lyhyen aikavälin markki-

noiden edut tulevat esiin tilanteissa, joissa kysyntä ja tarjonta voivat muuttua nopeasti.

Spot-markkinoilla toimivien alusten kuljettamien lastien kauppa voi tapahtua alusten ollessa kullussa, jolloin alus ei satamasta lähtiessään välttämättä tiedä tarkkaa määränpäättään. Lastissa olevan öljytankkerin reitti voi muuttua useita kertoja, kun sisältö ostetaan ja myydään spot-markkinoilla.

Hintavaihtelujen vaikutukselta suojautumista varten on kehittynyt myös markkinat *rahtijohdannaisille* (freight derivatives). Johdannais sopimus on laillisesti sitova sopimus, jossa kaksi osapuolta sopii suoritettavasta kompensatiosta, joka riippuu jostakin tulevasta tapahtumasta. Lastien omistajat ja laivojen omistajat kohtaavat vastakkaissuuntaiset riskit: kun rahtihinnat nousevat, rahtaajat menettävät rahaa ja laivojen omistajat vaurastuvat, ja päinvastoin. Rahtijohdannaisten päämuoto on FFA:t (Forward Freight Agreements). Johdannaista tavoittelevan on indikoitava välittäjälle reitti, hinta, sopimuskuukausi, sopimuksen määrä (tonneina) ja indeksi, johon korvaus sidotaan. (Stopford 2009). Johdannaismarkkinoiden hinnat indikoivat markkinaosapuolten näkemyksiä tulevasta hintakehityksestä.

3.2 Kauppapaikat

Organisoidut alusten rahtimarkkinat alkoivat alun perin kehittyä 1800-luvun puolivälissä *Baltic Shipping Exchange* -pörssissä. Yhtiön nimi juontaa juurensa Lontoossa sijainneeseen Baltic Coffee House -nimiseen kahvilaan, jossa kuljetuspalveluja tarvinneet kauppiat ja niitä tarjonneet laivojen kapteenit tapasivat (Stopford 2009). Yhtiönä Baltic Exchange on edelleen toiminnassa ja merkittävässä osassa rahtimarkkinoilla, joskin sen rooli on aikojen saatossa muuttunut.

Nykyisin on luonnollista, että sähköinen kaupankäynti, sähköposti ja muut modernit viestintävälineet ovat merkittävässä osassa kaupoista sopimisen välineenä. SeaRates.com on internet-sivujensa mukaan maailman suurin reaaliaikainen rahtipörssi, jossa kuljetusten tarjoajat ja ostajat kohtaavat. Kuljetuksia tarjoavien ja niitä tarvitsevien yritysten ei välttämättä tarvitse toimia aktiivisesti pörssissä, vaan laivameklarit voivat toimia kauppojen välittäjinä.

Lontoo on edelleen tärkeä rahtikaupan keskus, ja siellä toimii suuri osa laivameklareista. Baltic Exchangen verkkosivujen mukaan Lontoossa toimivien n. 700 laivameklariyrityksen on arvioitu kattavan 50 % tankkeri- ja 30–40 % kuivarahtauksen liiketoiminnasta. Hong Kong, Singapore, Shanghai, Tokio, Soul, New York, Vancouver, Ateena, Hampuri, Kööpenhamina ja Oslo ovat muita laivameklaritoiminnan tärkeitä keskuksia (Stopford 2009).

3.3 Hintakehityshistoria

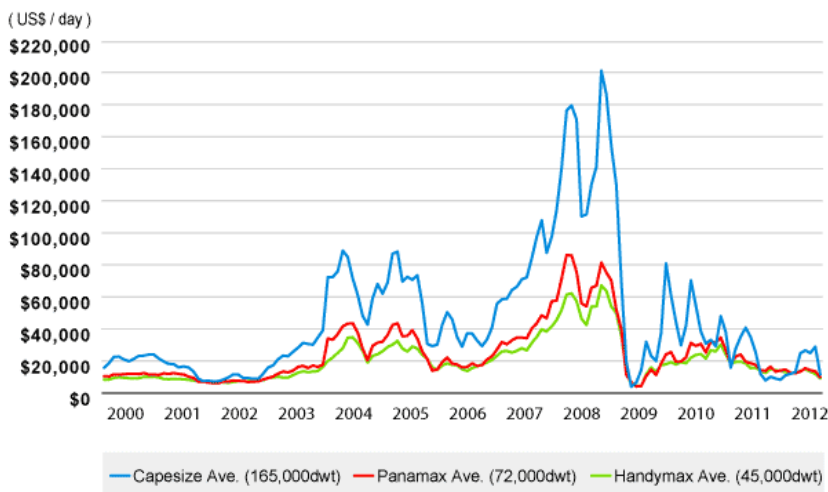
Merikuljetusten kauppvoja sovitaan monin eri tavoin, monien sopijapuolten välillä ympäri maailmaa, ja vain osasta on julkista tietoa. Energiakuljetuksissa merkittäviä ovat tankkereiden ja irtolastikuljetusten hintakehitys.

3. Kuljetusmarkkinoiden toiminta, kehitys ja nykytila

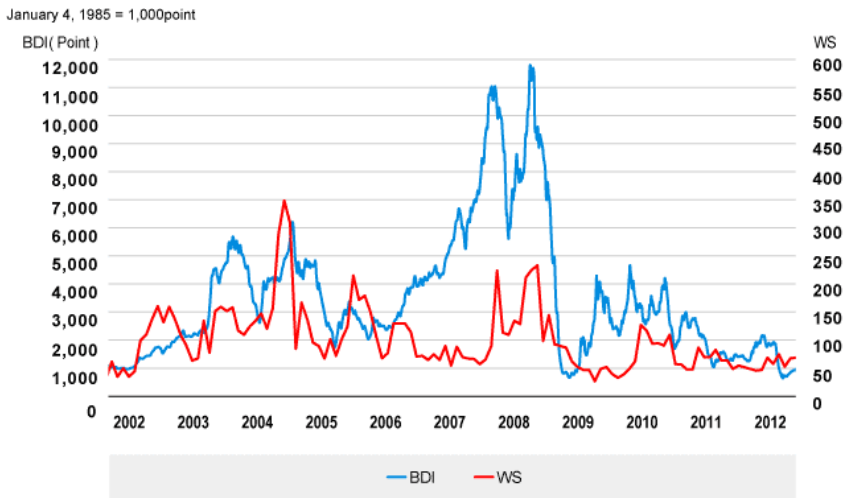
Baltic Exchange julkaisee kuivien irtolastikuljetusten hintakehitystä kuvaavia indeksejä eri alusluokille. Capesize-, Panamax- ja Handymax-alusluokkien indekseistä yhdistetty *Baltic Dry Index* on tärkein kuivien irtolastikuljetusten hintoja kuvaava indeksi. Sitä on julkaistu vuodesta 1999 asti (Bradley et al. 2009).

Baltic Exchange julkaisee myös raakaöljytankkereiden ja öljyalosteiden hintakehitystä kuvaavia indeksejä. *Baltic Dirty Tanker Index* kuvaa raakaöljytankkereiden ja *Baltic Clean Tanker Index* jalostettujen tuotteiden, kuten bensiinin, kerosiinin ja etanolin hintoja. Baltic Exchange on hiljattain aloittanut myös palmuöljyn kuljetusten hintaindeksin julkaisemisen (Bradley et al. 2009).

Tarkasteltaessa laivakuljetusten hintoja yleisellä tasolla havaitaan niiden vaihtelevan hyvin voimakkaasti (ks. esim. Kuva 13). 2000-luvun yleisessä hintakehityksessä huomioitavaa on vuosien 2003–2008 välillä tapahtuneet voimakkaat nousut, jolloin useat hintoja kuvaavat indeksit nousivat kaikkien aikojen ennätyksiin. Tästä on käytetty selityksenä voimakasta Kiinan talouskasvua. Teollisuustuotannon siirtyminen Kiinan ja tuotannon kasvu Kiinassa lisäsi laivakuljetusten ja alusten kysyntää voimakkaasti. Laivakuljetuskapasiteetti lisääntyikin huomattavasti 2000-luvun ensimmäisen vuosikymmenen lopulla. Hinnat romahtivat, kun tuotanto ja kuljetustarve pienenivät vuoden 2008 finanssikriisin aikana, joten ylikapasiteettia kuljetusmarkkinoilla oli runsaasti. Tällöin laivoja makuutetaan satamissa ("laid-up"). Esimerkiksi kuivarahtikuljetusten hintoja kuvaava *Baltic Dry Index* putosi n. 94 % vuoden 2008 kuuden viime kuukauden aikana.



Kuva 13. Eri kokoluokkien (kuivien) irtolastialusten hintakehitys (US\$/päivä) 2000–2012 (NYK Line 2012.)



Kuva 14. Kuivien irtolastien ja tankkerikuljetusten yleistä hintakehitystä kuvaavien BDI- ja WS -indeksien kehitys 2002-2012. (NYK Line 2012)

Eri tuotteiden kuljettamiseen soveltuvien alustyyppien rahtihintakehitys on luonteeltaan erilaista. Esimerkiksi muutokset öljyn kysynnässä näkyvät yleensä öljytankkereiden rahtihinnoissa. Hiilen kuljetusten rahtihintoja tarkasteltaessa tulee huomioida, että irtolastialukset soveltuvat myös rautamalmin ja viljan kuljettamiseen, joten selitykset hiilen kuljetusten hintahistorialle voivat löytyä myös näiltä sektoreilta.

Kuvassa 14 on esitetty kuivien irtolastien ja tankkerikuljetusten yleistä hintakehitystä kuvaavien Baltic Dry Index (BDI) - ja Worldscale⁸ (WS) -indeksikehitys vuodesta 2002 vuoden 2012 toukokuuhun. Näillä mittareilla öljytankkerien hintakehityksessä ei näy yhtä suurta vaihtelua kuin kuivien irtolastien hintakehityksessä. Ero on huomattava ennen kaikkea kuivien irtolastialusten huippuhintojen vuosina 2006-2008.

Mitkä tekijät sitten aiheuttavat rahtihintojen vaihtelun? Rahtimarkkinat ovat alltiita monille ulkoisille muuttujille, mutta pohjimmiltaan niitä ajavat seuraavat tekijät⁹:

- Alusten tarjonta: kuinka paljon erityyppisiä aluksia on käytettävissä? Kuinka paljon aluksia rakennetaan lisää ja kuinka paljon romutetaan?

⁸ Worldscale (WS) on öljytankkerien rahtihintojen määrittämiseksi kehitetty järjestelmä. Vuosittain julkaistaan laaja taulukko, joka kuvaa yleisimpien lähtö- ja kohdesatamien reittien perushintatasoja (US\$/t) teoreettiselle standardialukselle. Hinnat spot-markkinoilla ilmaistaan yleensä prosentteina näistä tasoista. Yleisimpien reittien Worldscale-hinnoista muodostettu indeksi kuvaa siten öljytankkerien rahtihintojen kehitystä.

⁹ <http://www.balticexchange.com/default.asp?action=article&ID=3>

- Hyödykkeiden kysyntä: mikä on teollisuustuotannon volyyymi? Onko viljasato ollut hyvä? Onko energiantuotantolaitosten hiilen tuonti kasvussa? Miten terästeollisuus tuottaa?
- Vuodenaikaisvaihtelu. Säällä on suuri vaikutus kuljetusmarkkinoihin: esimerkiksi satoisuuden, satamien tai väylien jäätyminen ja jokien pinnankorkeuksien kautta.
- Ajopolttoaineen hinnat ovat n. neljäs-kolmasosa alusten käyttökustannuksista, joten öljyn hintaliikkeet vaikuttavat suoraan laivojen omistajien tulokseen. Polttoaineen kulutus vaihtelee suuresti nopeuden mukaan, ja tällä on suuri merkitys polttoainekustannuksiin.
- Kapeikot/”pullonkaulat”. Tämä tekijä vaikuttaa ennen kaikkea tankkereihin, jotka kuljettavat puolet maailman öljystä muutamien suhteellisten kapeiden laivaväylien läpi. Pahimmat ruuhkautumispisteet ovat mm. salmet ja muut tärkeät kanavat (esimerkiksi Panama, Suez, Malakka), joiden sulkeminen konfliktin, terroristihyökkäyksen tai yhteentörmäyksen vuoksi muuttaa koko maailman tarjontatilannetta. Viimeaikaisista tekijöistä esimerkiksi Adeninlahdella yleistynyt merirosvous on vaikuttanut merikuljetusten markkinoihin.
- Markkinoiden ilmapiiri. Koska ehkä vain noin puolet kysyntäpuolesta tiedetään oikea-aikaisesti, markkinoiden näkemys sopivasta rahtihinnasta vaikuttaa rahtimarkkinoihin yhtä paljon kuin todellinen laivojen ja lastien kysyntä-tarjontatilanne.

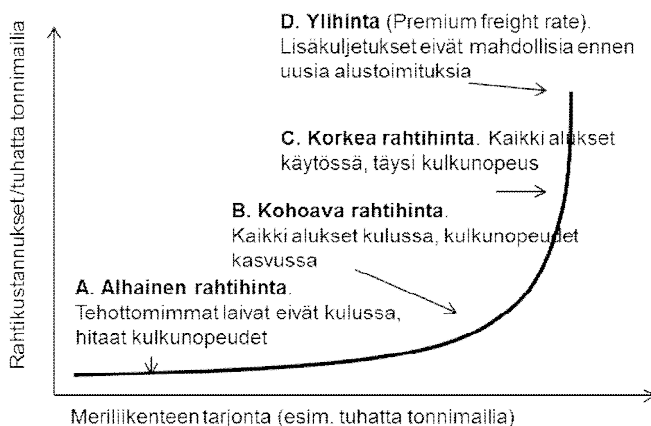
3.4 Hinnan määräytyminen kuljetusmarkkinoilla

Perinteisenä kuljetusmuotona historiallisia tarkasteluja laivakuljetusmarkkinoiden hintakehityksestä voidaan tehdä jopa 1700-luvulta asti (ks. esim. Stopford 2009). Polttoaineiden globaalien kuljetusten historia ei tosin kaikilta osin näin pitkälle menneisyyteen yllä; esimerkiksi öljynkuljetusten historian alkaminen ajoittui 1800-luvun loppupuoliskolle. Kuljetusmarkkinoiden hintakehityksessä on nähtävissä erimittaisia syklejä, jollaiset ovat tyypillisiä muillakin toimialoilla.

Polttoaineiden merikuljetusten kustannuksia arvioitaessa on syytä erottaa markkinahinnat sekä rahtauksesta laivanomistajalle ja rahtaajalle aiheutuvat kustannukset, joista ensin mainitusta on saatavilla monipuolisemmin tietoa. Mikäli kilpailutilanne on tiukka ja ylikapasiteettia markkinoilla, on perustellumpaa olettaa, että havaitut hinnat ovat lähellä kustannuksia. Talousteoriasta tunnetaan, että markkinahinta asettuu täydellisessä kilpailussa lyhyen aikavälin marginaalikustannusten tasolle. Hintakehityksen tulevaisuuden tarkastelua varten tarkastelemme seuraavassa alusten kustannusrakennetta.

3.4.1 Kysyntä- ja tarjontakäyrätarkastelu

Markkinoiden kehitykseen vaikuttavia tekijöitä voidaan tarkastella kysyntä- ja tarjontakäyrien valossa. Laivakuljetuksilla katsotaan yleisesti ottaen olevan (lyhyellä aikavälillä) joustamaton kysyntä ja epälineaarinen tarjonta (UNCTAD 2010b, Kuva 15), ja näiden käyrien vuorovaikutuksen avulla voidaan tarkastella rahdin markkinahintojen määräytymistä.



Kuva 15. Laivakuljetusten tarjontakäyrän tyypillinen muoto (Stopford 2009).

Tyypillistä laivakuljetusten tarjontakäyrälle on, että se nousee hyvin jyrkästi, kun kapasiteetista on pulaa. Tällöin tehottomampia laivoja otetaan käyttöön, kuljetusnopeudet ja matkat kasvavat, mitkä tekijät kasvattavat yksikkökustannuksia verrattuna runsaan kapasiteetin tilanteeseen.

Merikuljetusten kysynnän ja tarjonnan välille voi syntyä epätasapainoa, jonka korjaamiseksi tehtyjen toimenpiteiden vaikutukset usein realisoituvat epäsovivana ajankohtana. Tämä aiheuttaa merikuljetusten hintakehityksessä tyypillisiä *syklejä*, joissa havaitaan rahtihintojen nopean nousun, huipun ja nopean romahduksen vaiheet. Kuljetusten kysyntä voi lisääntyä suhteessa tarjontaan esimerkiksi maailmakaupan nopean kasvun vuoksi niin voimakkaasti, että rahtihinnat nousevat äkillisesti voimakkaasti. Korkeat rahtihinnat kiihdyttävät laivojen rakentamista, mutta kuljetuskapasiteetti lisääntyy viiveellä. Mikäli lisäkapasiteetti tulee markkinoille, kun merikuljetusten kysyntä on nopeasti laskenut esimerkiksi maailmantalouden suhdanteen taituttua, seurauksena oleva ylitarjonta romahduttaa rahtihinnat.

Hinnat ovat olleet vakaampia, kun kapasiteettia on runsaasti tarjolla. Tarjontaja kysyntäkäyrän avulla on selitetty hyvin suuria rahtihintojen heilahteluille vuoden 2008 taluskriisin yhteydessä. 2000-luvulla kuljetusten kysynnän nopeasti kasvessa rakennettiin runsaasti kapasiteettia, jolloin kysynnän romahtaessa ylikapasiteettia oli runsaasti. Tämä johti hintojen hyvin nopeaan romahtamiseen.

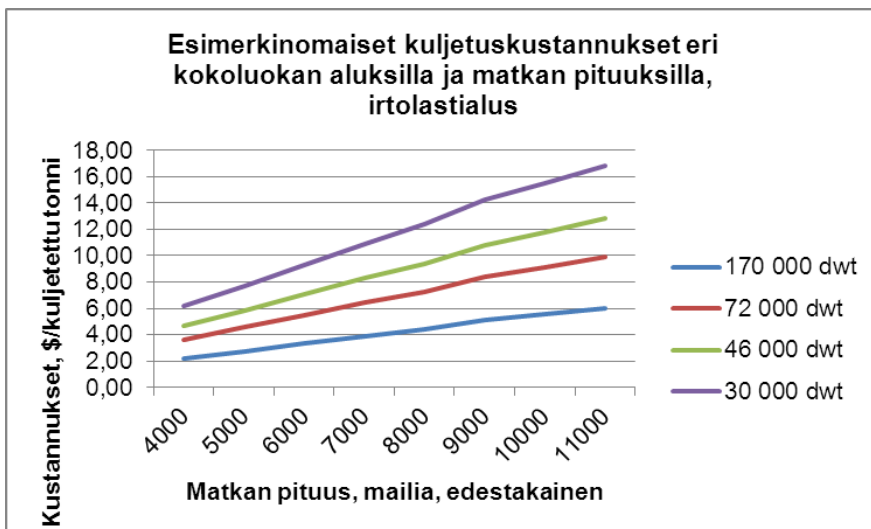
3.4.2 Kustannuskehitys ja kustannuksiin vaikuttavat tekijät

Merikuljetusten yleinen tehostuminen ja kustannuskehitys pitkällä aikavälillä ovat olleet vakuuttavia verrattuna useisiin muihin talouden sektoreihin. Esimerkiksi hiilen kuljettaminen Yhdysvaltain itärannikolta Japaniin maksoi nimellisesti vain hieman enemmän 1990-luvulla kuin 1950-luvulla, kun monien kuljetettavien tuotteiden arvo on vastaavalla aikavälillä jopa 10–20-kertaistunut (Stopford 2009). Pitkän aikavälin kustannuskehitys voi vaihdella huomattavasti riippuen kuljetettavasta tuotteesta, reittien ja tarkasteluajavälistä (OECD 2011).

Merikuljetusten kustannuksiin vaikuttaa monia hyvin tiedossa olevia tekijöitä (OECD 2011). Tutkituin tekijä on kuljetettavan hyödykkeen **etäisyys** päämarkkina-alueelta. Viimeaikaiset tutkimustulokset viittaavat siihen, että etäisyys ja kuljetuskustannusten kehitys eivät korreloi täydellisesti. Riippuvuus voi olla epälineaarinen, ja siihen vaikuttavat monet tekijät. Paremmin kuljetuskustannusten kanssa korreloi hyödykkeiden markkinoille saamiseksi kuljetuksessa kuluva **aika**. Muita merikuljetusten kustannuksiin vaikuttavia tekijöitä ovat ainakin **kaupan epätasapaino, volyyymi, satamien infrastruktuuri, kilpailu ja riskit**. Näitä tekijöitä on tutkittu vähemmän, ja niiden vaikutukset tunnetaan huonommin. Kohoavat **polttoaineiden hinnat** ovat myös laivakuljetusten hintoihin vaikuttava tekijä, ja ne ovat heilahdelleet erityisen voimakkaasti viime vuosina. Monet kuljetusten hintoihin vaikuttavat tekijät riippuvat toisistaan, ja niiden yhteisvaikutus kuljetuskustannuksiin on monimutkainen. (OECD 2011).

Tehostumiskehityksessä **skaalaedut**, jotka ovat merikuljetuksissa huomattavat ovat olleet merkittävässä osassa. Tämä tarkoittaa, että kuljetuksen yksikkökustannukset laskevat, kun kuljetettava volyyymi (laivan koko) kasvaa. Useimpien alustyyppien keskimääräinen koko onkin pitkällä aikavälillä kasvanut (esim. Stopford 2009). Skaalaetujen merkitystä ja aiheuttajaa pohti jo ekonomisti Alfred Marshall 1900-luvun alussa, perusteluna, että laivan kuljetuskapasiteetti paranee suhteessa mittojen kuutioon, kun taas vastusvoimat suhteessa neliöön. (OECD 2011). Tällöin aluskoon kasvaessa keskimääräiset kustannukset laskevat, mikäli muut kustannuksiin vaikuttavat tekijät oletetaan samoiksi.

Alusten koon kasvattaminen on vaatinut teknologista kehitystä sekä alusten että satama- ja väyläinfrastruktuurin kehittämistä. Myös moottoriteknologian ja lastinkäsittelylaitteiston parantuminen ovat myötävaikuttaneet kuljetusten yksikkökustannusten pienenemiseen. Alusten ulosliputtaminen matalamman palkkakustannustason tai verotuksen maihin on sekin osaltaan laskenut yleiskustannusten tasoa (Stopford 2009). Polttoainetta voidaan säästää merkittävästi kulkunopeuksia alentamalla, ja polttoainekustannuksiin voidaan vaikuttaa myös reittioptimoinnilla.



Kuva 16. Skaalaetujen merkitys kuljetuskustannuksissa, irtolastialus. Siirryttäessä 170 000 dwt:n aluskoosta 30 000 dwt:n kuljetettua yksikköä kohti lasketut kustannukset ovat yli kaksinkertaiset. (Stopford 2009.)

Merikuljetusten kustannuksia tarkasteltaessa olennaista on aluskustannusten ohella myös kuljetusketjun ja satamien tehokkuus: mikäli alukset joutuvat kulkemaan tyhjinä tai viettämään turhia päiviä satamissa, näkyy tämä kuljetusten yksikkökustannuksissa. Onkin todettu yhteys kaupan epätasapainon (esim. tuonti on suurempi kuin vienti) ja rahtihintojen välillä (OECD 2011). Tämä tarkoittaa sitä, että alusten tyhjinä kulkeminen on tyypillistä, kun paluumatkalle ei ole kuljetettavaa lastia. Satamien tehokkuuden vaikutusta kuljetuskustannuksiin käsittelee muun muassa UNCTAD (2010b).

3.5 Kustannusrakenne ja sopimusmallit

Laivukuljetuksiin liittyvät kustannukset jaetaan usein seuraaviin osiin:

- **Käyttökustannukset** (operating costs) – aluksen toimintaan liittyvät muuttuvat kustannukset: miehistö, korjaukset ja ylläpito, varastot, voiteluaineet, varaosat
- **Matkakustannukset** (voyage costs) – tietyn matkan tekemiseen liittyvät muuttuvat kustannukset: polttoainekustannukset, satamamaksut, kanavamaksut, vakuutukset ja ylimääräiset kulut
- **Pääomakustannukset** – aluksen hankintaan liittyvät kustannukset: ostohinta, rahoitusehdot, pääoman tuottovaatimukset.

3. Kuljetusmarkkinoiden toiminta, kehitys ja nykytila

Taulukko 2. Esimerkkilaskelma erään 22 000 tonnin pellettilastin merikuljetuksen kustannusrakenteesta. Tonnia kohti laskettu rahtihinta tälle kuljetukselle on 40,2 \$/tonni (Bradley et al. 2009). Huom! satamamaksut, lastinkäsittelykustannukset ja polttoainekustannukset vaihtelevat suuresti, kun satamat A ja B vaihtelevat.

<i>Esimerkilaskelma: rahtihinta 22 000 tonnin pellettilastin kuljetukselle</i>		Polttoaineen tarve	
Aikarahti; aluksen päivävuokra	10 000 US-\$	IFO 380	879 tonnia
Lastin määrä	22 000 tonnia	MDO	169 tonnia
 		Kustannukset	
Lastaus	3500 tonnia/päivä	Satamamaksut	60 000 US-\$
Purku	2500 tonnia/päivä	1. purun kustannukset	60 000 US-\$
Matkan kesto		2. purun kustannukset	0 US-\$
Kesto (matka A:han)	3 päivää	Polttoainekustannukset, IFO	175 800 US-\$
Kesto (A:sta B:hen)	21 päivää	Polttoainekustannukset, MDO	59 150 US-\$
Lastauksen kesto	6 päivää	Suezin kanavamaksu	120 000 US-\$
Purun kesto	9 päivää	Vakuutusmaksut	3 740 US-\$
Kokonaiskesto	39 päivää	Siivouskustannukset	3 080 US-\$
 		Sekalaiset kulut	2 200 US-\$
Polttoaineyksikkökustannukset		Välityspalkkio	9 771 US-\$
IFO 380 - polttoaine	200 US-\$/tonni	 	
MDO -meridiesel	350 US-\$/tonni	Kokonaisaikarahtikustannukset	390 857 US-\$
		Kokonaiskustannukset US-\$	884 598 US-\$
		Rahtihinta	40,2 US-\$/tonni

Taulukko 2 kuvaa eri kustannuskomponenttien merkitystä kuljetuskustannuksiin erään pellettikuljetuksen tapauksessa. Aikarahdin tapauksessa rahtaaaja maksaisi matkakohtaiset kustannukset sekä laivanomistajalle maksettavan aikarahtihinnan aluksen hallintaoikeuden luovutuksesta. Esimerkiksi polttoaineen (IFO ja MDO) hinnan kaksinkertaistuminen nostaisi kokonaiskustannuksia 234 950 \$:lla (= 175 800 \$ + 59 150 \$), joka vastaisi 10,68 \$/tonnin lisää kustannuksiin (= 234 950 \$ / 22 000 t). Kuljetettava tonni- tai tonnimaaili hinta on merkityksellisin yksittäisen kuljetuksen kilpailukyvyyn kannalta. Se riippuu voimakkaasti matkan pituudesta ja muista edellä kuvatuista reitti- ja aluskohtaisista tekijöistä, kuten edellisestä esimerkistä voidaan todeta.

Tarkasteltaessa laivakuljetusten kustannuksia on tärkeää ymmärtää erilaiset sopimustyytit, joissa kustannusten jakamisesta sovitaan, ja mitä velvoitteita ne osapuolille aiheuttavat. Yleisesti mainittuja sopimustyyppisiä laivojen rahtauksessa ovat aikarahtaus, "time charter" ja matkarahtaus, "voyage charter"). Näiden erot ovat seuraavat:

- **Aikarahtaus** (time charter): sopimus kuljetuksesta, jossa rahtaaaja hallitsee aluksen käyttöä tietyn ajanjakson. Aluksen vuokrana suoritetaan kiinteä päivä- tai kuukausimaksu, esimerkiksi 20 000 \$ / päivä. Tässä sopimusmallissa varustamo hallinnoi aluksen toimintaa ja vastaa käyttökustannuksista (palkat jne.) sekä pääomakustannuksista. Rahtaaaja maksaa matkakohtaiset polttoainekustannukset, satamamaksut, lastaus/purkumaksut ja muut lastikustannukset, ja johtaa laivan operatiivista toimintaa.

- **Matkarahtaus** (voyage charter): rahtaaaja vuokraa aluksen tiettyä, määritettyä matkaa varten, ja varustamo kustantaa polttoaineet, henkilöstön ja muut tarvikkeet matkaa varten.

Näiden sopimusmallien lisäksi esimerkiksi *bare boat* -rahtauksessa varustamo vastaa vain aluksen pääomakustannuksista ja joistakin vakuutusmaksuista, kaikista muista kuluista vastaa rahtaaaja.

3.6 Merikuljetusten kustannus- ja hintakehitysesimerkkejä polttoaineittain

3.6.1 Hiilen ja öljyn kuljetukset

Hiilen ja öljyn kuljetusten kustannuskehitystä pitkällä aikavälillä tarkastelee Stopford (2009, s. 74), jossa on kuvattu kustannuksia hiilen kuljetuksista Yhdysvaltojen itärannikolta Japaniin ja öljyn kuljetuksia Persianlahdelta Yhdysvaltojen länsirannikolle vuosina 1947–2007. Ennen vuonna 2003 alkanutta nopeaa kuljetushintojen nousua hiilen kuljetusten hinta vaihteli 2000-luvulla noin 10–15 \$/tonnin välillä. Öljyn kuljetusten hinta samalla jaksolla oli noin 1-2 \$/barreli, joka vastaa tasoa 7–14 \$/tonni. Tarkastelujaksolla 1947–2007 tankkerien koko on kasvanut 17 000 dwt:stä 280 000 dwt:hen ja kuivarahtialusten 10 000 dwt:stä 150 000 dwt:hen.

Hiilen kuljetuskustannukset voivat muodostaa huomattavan osan hiilen toimitusten kokonaiskustannuksista. Kuljetuskustannuksiin sisältyvät mm. sisämaa- ja merikuljetukset sekä satama-/terminaalimaksut.

Hiilen sisämaakuljetuskustannuksista Venäjän pitkissä rautatiekuljetuksissa kustannukset ovat suurimmillaan nousseet viimeisten viiden vuoden aikana jopa tasolle 35 \$/tonni. Joki- ja/tai lyhyempien kuljetusten ollessa mahdollista, kuten Indonesiassa tai Kolumbiassa, sisämaakuljetusten kustannukset ovat olleet matalammat, noin 4–8 \$/tonni. Käsittelykustannukset ovat tyypillisesti matalia, noin 2–5 \$/tonni, mutta välityskyky hiilen vientisatamissa voi muodostaa merkittäviä pulonkauloja. (IEA 2011)

Suurista hiilen viejämaista Australian satamat ovat viime vuosina välittäneet hiiltä lähes maksimaalisella kapasiteetilla. Toisaalta perinteisesti suurten hiilen viejien, Yhdysvaltojen ja Puolan, satamissa on ollut runsaasti ylimääräistä kapasiteettia. Satamien käyttöasteet Indonesiassa ja Australiassa ovat pysyneet korkealla merkittävistä laajennuksista huolimatta. Australia lisäsi satamien vientikapasiteettia tasolle 380 Mt vuodessa vuonna 2011, ja laajentumistahdin arvioidaan olevan 80 Mt vuodessa seuraavien viiden vuoden ajan. Muiden maiden suunnitellussa niin ikään vientikapasiteetin lisäämistä kokonaisuudessaan kapasiteetin lisäys nousee noin tasolle 240 Mt/vuosi, eli n. 20 %:n vuosittainen lisäys vuoteen 2016 mennessä (IEA 2011).

Keskimäärin kuljetuskustannukset ovat paljon merkittävämmässä osassa kansainvälisessä hiili- kuin öljykaupassa. Pitkän matkan kuljetuksissa merikuljetus voi toisinaan olla merkittävin kustannuskomponentti hiilen toimitusketjussa. Hiilen

3. Kuljetusmarkkinoiden toiminta, kehitys ja nykytila

laivakuljetuskustannukset voivat olla hyvin volatiileja, ja kustannusten viimeaikaisesta laskusta huolimatta niiden osuus kokonaiskustannuksista on tietyillä markkinoille hyvin merkittävä, kuten kuljetuksissa Luoteis-Eurooppaan. Vuonna 2008 hiilen rahtihinnat saavuttivat kaikkien aikojen ennätystason 40 \$/tonni, jolloin ne muodostivat 45 % hiilen kokonaistoimituskustannuksista tietyillä reiteillä. Vuosina 2009 ja 2010 rahtihinnat Australiasta Luoteis-Eurooppaan ovat olleet keskimäärin 18 \$/tonni. Seuraavien kahden-neljän vuoden aikana arvioidaan olevan runsaasti vapaata kapasiteettia, minkä arvioidaan pitävän hinnat matalalla tasolla (IEA 2011).

Öljyn kuljetuksille oli pitkään tyypillistä, että tankkerit oli aikarahdattu pitkillä, jopa 15–20 vuoden sopimuksilla. Ennen 1970-luvun öljykriisejä noin 80 % tankkerilaivastosta oli rahdattu pitkäaikaisilla sopimuksilla, kun nykyään tilanne on kääntynyt päinvastaiseksi pitkien sopimusten osuuden ollessa noin 20 % (Stopford 2009). Ennen vuoden 1973 öljykriisiä suuret öljy-yhtiöt kontrolloivat öljyn merikuljetuksia – suunnitellen kuljetuskapasiteetin tarpeen, rakentaen laivoja omaa tarpeaan varten tai tehden pitkiä sopimuksia laivanomistajien kanssa. Lyhyen aikavälin kaupan merkitys tällöin oli lähinnä kausivaihteluiden, kaupan kasvun arviointivirheiden tai yllättävien tapahtumien tasaajana.

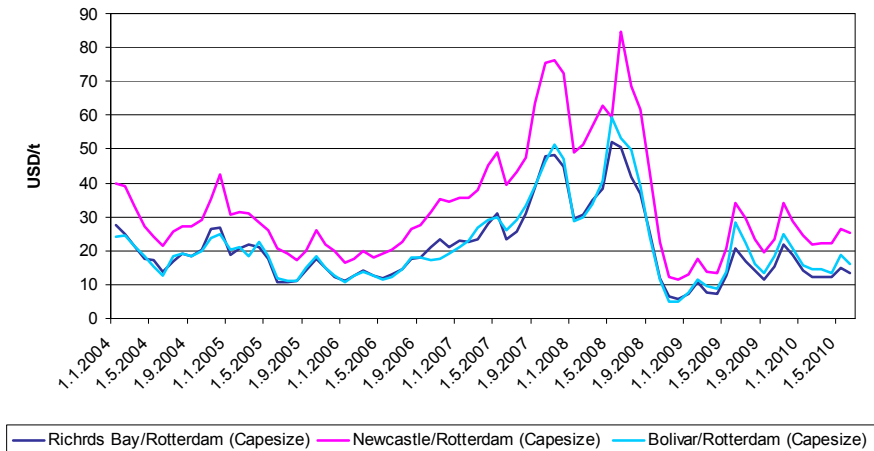
Oil & Gas Journalissa on vuonna 2009 julkaistu kuljetuskustannusarvioita tyypillisille öljynkuljetusreiteille tuotantoalueilta (Persianlahti, Länsi-Afrikka, Pohjois-Eurooppa) käyttöalueille (Pohjois-Amerikka, Eurooppa, Japani). Raakaöljyn osalta kuljetuskustannukset vaihtelevat välillä 1,5–2,3 \$/barreli. (n. 11,3–17,3 \$/tonni) (Taulukko 3¹⁰)

Taulukko 3. Raakaöljyn kuljetuskustannuksia erällä reiteillä. Lastin kokoa voi verrata raakaöljytankkereiden kokoluokkiin: Handysize 10 000–60 000 dwt, Panamax 60 000–80 000 dwt, Aframax 80–120 000 dwt, Suezmax 120 000–199 999 dwt, VLCC > 200 000 dwt.

Lähtöalue	Purkausalue	Lastin koko, tuhatta barreliä	Lastin koko, t	Tuote	Rahtauksen kustannus, \$/barreli
Pohjois-Eurooppa	Houston	400	54 000	Raakaöljy	2,22
Länsi-Afrikka	Pohjois-Eurooppa	910	122 850	Raakaöljy	1,60
Länsi-Afrikka	Houston	910	122 850	Raakaöljy	2,27
Persianlahti	Houston	1 900	256 500	Raakaöljy	2,08
Persianlahti	Japani	1 750	236 250	Raakaöljy	1,61
Persianlahti	Pohjois-Eurooppa	1 900	256 500	Raakaöljy	1,51

¹⁰ http://www.petrostrategies.org/Learning_Center/oil_transportation.htm (muokattu)

Kuva 17 esittää hiilen kuljetuskustannusten Rotterdamiin eri satamista Capesize-kokoluokan laivoilla. Tällä tavalla arvioidut hiilen kuljetuskustannukset Kolumbiasta ja Etelä-Afrikasta Rotterdamiin ovat vaihdelleet tyypillisesti välillä 10–25 \$/tonni, mutta kohosivat vuonna 2007–2008 huomattavasti korkeammiksi. Australiasta kuljetuskustannukset ovat olleet korkeammat.



Kuva 17. Hiilen kuljetuskustannusten kehitys Rotterdamiin eri lähtösatamista, USD/t. Richards Bay sijaitsee Etelä-Afrikassa, Newcastle Australiassa ja Bolivar Kolumbiassa. (Ruska et al. 2012, Euracoal 2010.)

OECD:n merikuljetuskustannustietokannan mukaan hiilen merikuljetuskustannukset USA:sta EU:hun ovat tietokannan mukaan vaihdelleet vuosina 2003–2007 välillä 5–20 \$/tonni. Nämä kustannusarviot koskevat Capesize-kokoluokan aluksia (OECD 2012).

3.6.2 LNG:n kuljetukset

Nesteytetyn maakaasun (LNG:n) kuljetusketju käsittävää neljä vaihetta: (i) maakaasun kuljetus putkia pitkin nesteytyslaitokselle, (ii) LNG:n nesteyttäminen, puhdistus ja varastointi, (iii) lastaus ja merikuljetus kohteeseen, (iv) lastin purku ja uudelleen kaasumaiseksi muuntaminen. Näiden vaiheiden kustannusten jakauma on tyypillisesti 15 %, 40 %, 25 % ja 20 % (Stopford 2009).

Historiallisesti LNG-kuljetusketjut on toteutettu kokonaisuudessaan yhden yrityksen hallinnoimina, jolloin laivat ovat olleet tietyille reitille sidottuja pitkillä rahoitussopimuksilla. Tällöin spot-markkinoita vastaavaa mekanismia, jossa hinnat ja määrät määräytyvät lyhyen aikavälin kysynnän ja tarjonnan perusteella, ei ole ollut LNG-markkinoilla.

LNG:n myyjät ovat suosineet pitkiä kuljetussopimuksia vähentääkseen riskiä sille, että ostajat korvaavat volyymejä myöhemmin lähempänä markkinoita saatavilla olevalla halvemmalla kaasulla. Aiemmin LNG-alukset oli aikarahdattu kiinteille reiteille pitkillä jopa 20–25 vuoden sopimuksilla. Lisääntynyt joustavuuden tarve on kuitenkin ajanut rahtaajat tyypillisesti 10–15 vuoden kestoisiin rahtaus sopimuksiin. (Thakur 2011)

LNG-markkinoilla on viime aikoina vahvistunut lyhyen aikavälin spot-markkinoiden rooli. On arvioitu, että noin 20 % LNG-kaupoista (2008) muodostuu lyhyen aikavälin markkinoilla, kun vielä 2000-luvun alussa lyhyen aikavälin markkinoiden osuus oli olematon. Spot-markkinoiden osuuden on arvioitu olevan edelleen kasvussa. (Thompson 2009). Tämä heijastuu myös LNG:n kuljetusten markkinoihin: lisääntyvä lyhyen aikavälin kauppa edellyttää enenevässä määrin lyhyellä aikavälillä saatavilla olevia kuljetuspalveluita, jotka eivät ole sidottu pitkillä sopimuksilla.

LNG-tankkereiden päivavuokrat ovat vaihdelleet välillä 20 000 \$/päivä–100 000 \$/päivä (Thakur 2011). Vuoden 2011 lopulla LNG-kuljetusten hinnat saavuttivat kaikkien aikojen ennätysensä: 150 000 \$/päivä, mikä kuvastaa ajoittaista kuljetuskapasiteetin niukkuutta. Vuonna 2010 lyhyen aikavälin sopimukset ja kaupat spot-markkinoilla lisääntyivät edellisen vuoden 491:stä 727:een. (UNCTAD 2011)

LNG-kuljetusten hintakehitys oli vuonna 2011 poikkeavaa verrattuna muiden polttoaineiden kuljetusten hintakehityksiin. Vuonna 2011 päivähintojen keskiarvot kaksinkertaistuivat vuoden 2010 keskiarvosta 40 858 \$, mihin vaikuttivat kysynnän kasvu Euroopassa ja Aasiassa sekä yllättävä LNG-kuljetusten lisätarve Fukushiman ydinvoimalaonnettomuuden seurauksena.¹¹

LNG:llä on öljyä pienempi energiatiheys, ja sen monimutkaisempi logistiikka ja käsittely vaativat kalliita erikoistankkereita sekä erikoiskoulutettua miehistöä, joten LNG:n yksikkökuljetuskustannukset ovat tyypillisesti öljyä suuremmat. Vuodelta 2003 peräisin olevan arvion mukaan öljyn merikuljetuskustannukset ovat alle 10 % tuotteen arvosta, kun LNG:llä osuus on 10–30 % (riippuen kuljetusmatkasta) (Kavalov et al. 2009).

Taulukko 4 ja Taulukko 5 ilmaisevat tyypillisiä LNG:n laivakuljetuskustannuksia erilaisille kuljetusetäisyyksille ja aluskooille yksikössä \$/MBtu.

¹¹ <http://www.marsoft.com/Documents/Dec%202011%20LNG%20Market%20Review.pdf>

Taulukko 4. Viitteellisiä LNG:n vuosikustannuksia, 170 000 m³:n tankkeri, \$/MBtu (Thakur 2011). 1 \$/MBtu = 52 €/ton (LNG).

Edestakainen matka (mailia)	Pääoma-kustannukset	Muuttuvat kustannukset	Matka-kustannukset	Yhteensä
2 000	0,09	0,03	0,07	0,21
4 000	0,15	0,05	0,13	0,33
6 000	0,23	0,07	0,23	0,53
8 000	0,29	0,09	0,28	0,65
10 000	0,32	0,10	0,27	0,69
12 000	0,38	0,12	0,32	0,82
20 000	0,61	0,19	0,52	1,32
25 000	0,76	0,24	0,64	1,64

Taulukko 5. Viitteellisiä LNG:n vuosikustannuksia, 215 000 m³:n tankkeri, \$/MBtu (Thakur 2011). 1 \$/MBtu = 52 €/ton (LNG)

Edestakainen matka (mailia)	Pääoma-kustannukset	Muuttuvat kustannukset	Matka-kustannukset	Yhteensä
2 000	0,08	0,02	0,63	0,73
4 000	0,12	0,04	0,51	0,67
6 000	0,19	0,06	0,32	0,56
8 000	0,23	0,07	0,27	0,57
10 000	0,26	0,08	0,26	0,60
12 000	0,30	0,15	0,22	0,61
20 000	0,48	0,15	0,13	0,76
25 000	0,59	0,19	0,08	0,86

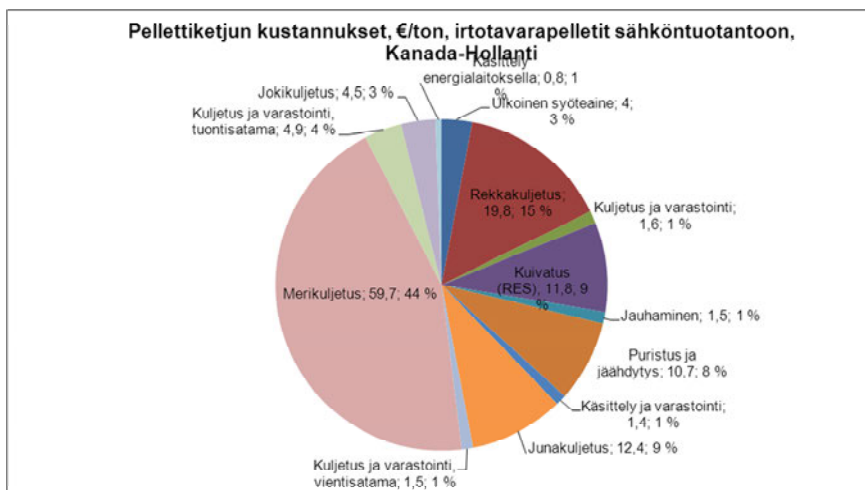
3.6.3 Bioenergiajalosteet ja biomassat

Pohjois-Amerikasta Eurooppaan suuntautuvien pellettikuljetusten kustannukset vaihtelivat arvion Sikkema et al. (2011) mukaan 27–69 €/tonnin välillä vuosina 2002–2008. Näistä jälkimmäinen edustaa hintapiikkiä, jolloin rahtihinnat olivat yleisesti historiallisen korkeita ja jonka jälkeisen romahduksen jälkeen hinnat ovat palautuneet piikkiä edeltäneelle tasolle. Tutkimuksen data on belgialaisesta tutkimuksesta, jossa arvioitiin pellettien valtamerikuljetuskustannuksia Kanadasta belgialaisiin voimalaitoksiin, sekä käsittelyä ja varastointia koskevista haastatte- luista hollantilaisissa satamissa. Kuljetusmatka Kanadan länsirannikolta Euroop- paan on tarkastelluista pellettikuljetuksista pisin; hinnaksi raportoitiin vuonna 2004

3. Kuljetusmarkkinoiden toiminta, kehitys ja nykytila

Länsi-Kanadan Vancouverista 35 €/tonni, mutta se nousi lähes 100 €/iin/tonni vuonna 2007.

Sikkema et al. (2010) tarkastelee pellettien toimituksen osa-alueiden hintoja tarkemmin muutaman esimerkkitarkastelun avulla. Sähköntuotantoon tarkoitettun irtolastikuljetuksen oletuksena on 8 910 merimailin (16 500 kilometrin) matka Kanadasta Hollantiin, kuljetuksen kokonaisvolyymi 40 000 tonnia. Näillä oletuksilla pellettien merikuljetuksen kustannukseksi on saatu 59,7 €/tonni, joka muodostaa n. 44 % pellettiketjun kokonaiskustannuksista (Kuva 18).



Kuva 18. Pellettiketjun kustannukset, tapaus: irtotavarapelletit Kanadasta Hollantiin. Oletettu 8 910 merimailin (16 500 kilometrin) matka, joka vastaa matkaa Länsi-Kanadasta. Merikuljetus muodostaa suurimman komponentin kuljetuksessa. (Sikkema et al. 2011.)

Hakkeen laivakuljetusten kustannuksista on käytettävissä niukanlaisesti lähdetietoja. Hake on tiheydeltään pienempää kuin pelletit, joten yleisesti ottaen sen kuljetus on kalliimpaa. Ison-Britannian hallitukselle tehty selvitys E4Tech (2010) viittaa vuodelta 2009 peräisin olevaan arvioon, jonka mukaan ennen finanssikiiriä biomassan toimittajille maksettiin pitkäaikaisista sopimuksista noin 55 €/tonni (matka Brittiläisestä Kolumbiasta tai Yhdysvaltojen länsirannikolta Pohjois-Eurooppaan, n. 16 500 km), ja 28–35 €/tonni (matka Meksikonlahdelta, noin 8 800 km). Spothinnat näillä reiteillä kohosivat tasolle noin 75–80 €/tonni vuoden 2008 aikana, mutta putosivat tasolle 17–20 €/tonni vuoden 2009 alkuun mennessä. Vuoden 2010 aikana solmitut pidemmän aikavälin sopimukset asettuivat alle 25 €/tonni kuljetuksille Pohjois-Amerikasta Amsterdamiin, Rotterdamiin tai Antwerpeniin. Lähteen E4Tech (2010) mukaan biomassan laivakuljetuksista sovitaan usein pidempiaikaisilla sopimuksilla.

E4Tech (2010) vertailee hakkeen ja pellettien toimituskustannuksia Isoon-Britanniaan (mukaan lukien maantiekuljetus). Esimerkeissä laivakuljetuksen kustannukset on laskettu lyhyellä, n. 810 merimailin (1 500 km:n) matkalla. Tällä matkalla hakkeen laivakuljetuskustannukset ovat n. 15 % ja pellettien n. 6 % kokonaistoimituskustannuksista. Hakkeen laivakuljetuksen yksikkökustannukset ovat noin kaksinkertaiset verrattuna pellettien kuljetuksiin (hake: 25,14 £/odt; pelletit: 11,93 £/odt; karkeasti 31 ja 15 €/odt, odt = oven dried tonne, uunikuivattu tonni).

Nitschken (2009) konferenssiesitelmä sisältää Tanskaan USA:sta suuntautuvien pelletti- ja hakekuljetuksen kustannuksia Handysize-aluksilla (10 000–40 000 dwt). Pelletin rahtikustannus on 20 €/tonni, ja hakkeen 65 €/tonni.

Palmuöljyn laivakuljetuksen hinnan Kaakkois-Aasiasta Eurooppaan on sanottu ylittäneen tason 50 \$/tonni ensimmäistä kertaa kahteen vuoteen joulukuussa 2011, kun palmuöljyn kysyntä elintarvikkeisiin, kosmetiikkaan ja biopolttoaineisiin on noussut. Lastien koko on noin 35 000–40 000 tonnia.¹²

¹² <http://www.lloydslist.com/ll/sector/tankers/article367956.ece>

4. Laivakuljetusten tulevaisuuden kehityksen arvioiminen

Tässä luvussa tarkastellaan laivakuljetusten kysyntään ja hintoihin vaikuttavia tekijöitä sekä niiden tulevaisuuden näkymiä energiahyödykkeiden kuljetusten yhteydessä.

Kansainvälisten merikuljetusten rahdin hinta riippuu pääasiassa alusten kysynnästä ja tarjonnasta, jotka puolestaan riippuvat aluekohtaisista kansantalouksien kehityksistä.

Muuttuvilla kustannuksilla, kuten polttoaineiden hinnalla ja etäisyyksillä, on tois-
taiseksi ollut meriliikenteessä paljon pienempi merkitys kuin tieliikenteessä (E4tech 2010). Tulevaisuudessa polttoainekustannusten merkitystä voivat kasvat-
tavat uudet ympäristösäädökset ja niiden myötä puhtaampi ja kalliimpi polttoaine. Etäisyyksiin voivat vaikuttaa lisääntyvät mahdollisuudet kanavien kautta oikaisuun ja tietyissä tapauksissa avautuvat uudet reittimahdollisuudet, kuten Koillisväylä.

4.1 Laivakuljetusten kysyntään vaikuttavat tekijät

4.1.1 Yleisesti

Laivakuljetusten kokonaiskysynnän kasvun ja vaihtelun havaitaan historiallisesti olleen läheisessä kytköksessä talouskasvuun. Tämä ei ole yllättävää, sillä teollisuustuotanto on edellytys ja kysynnän luoja raaka-aineiden ja tuotteiden laivakuljetukselle. Tarkasteltaessa maailman BKT:n ja kuljetusten kysynnän muutoksia havaitaan, että laivakuljetusten kysyntä voi muuttua varsin nopeasti: historiassa tunnetaan 10–20 %:n suuria vuosimuutoksia. Talouskriisit näkyvät BKT:n ja kuljetusten kysynnän tilastoissa selvästi, kun maailmantalouden taantumassa kuljetusten tarve pienenee. (Stopford 2009, s. 140)

Tärkeimmät laivakuljetusten kysyntään vaikuttavat tekijät ovat lähteen (Stopford 2009) mukaan:

1. Maailmantalous
2. Meritse tapahtuva tavarakauppa – kausivaihtelu, tuotannon sijainti...
3. Keskimääräinen kuljetusmatka

4. Satunnaisshokit (esim. öljykriisit, talouslamat)
5. Kuljetuskustannukset – tehokkuus, skaalaedut...

Meritse tapahtuva kauppa (*seaborne commodity trade*) muuttuu sekä lyhyellä että pitkällä aikavälillä; lyhyellä aikavälillä tähän vaikuttavat esimerkiksi eri maataloustuotteiden sadot. Pitkän aikavälin trendeihin vaikuttavat kuljetettavan tuotteen (tai sen tuotteen, jonka raaka-aineeksi tuotetta kuljetetaan) kysyntä, muutokset tuotteen saatavuuden lähteissä, tuotannon uudelleen sijoittumisessa tai muutokset kuljetuspalvelua tarvitsevan toimijan kuljetuskäytännöissä (*transport policies*).

Seuraavassa on pohdittu kysyntään vaikuttavien tekijöiden merkitystä erityisesti polttoaineiden kuljetusten tapauksessa.

4.1.2 Energiahyödykkeiden laivakuljetukset

Laivakuljetusten kysyntään vaikuttavia tekijöitä voidaan tarkastella luvussa (2.3) kuvattujen eri energia-alojen kuljetusten tapauksissa.

Maailmantalous on tärkeä kuljetusten kysyntään vaikuttava tekijä, ja se liittyy olennaisesti myös energian kysyntään. Maailmantalouden taantumassa pienenee sekä teollisuuden käyttämän energiantarve että kuljetusten tarve ja sitä myötä kuljetusten käyttämän energian tarve. Useat skenaariot lähtevät oletuksesta, että maailmantalous kasvaa pitkällä aikavälillä. Esimerkiksi IEA:n World Energy Outlook 2011:n skenaarioissa (IEA 2011) talouskasvu on keskimäärin 3,6 % vuodesta 2009 vuoteen 2035 mennessä. Yli 70 % kasvusta tapahtuu OECD:n ulkopuolisissa maissa; Kiinan osuus on 31 % ja Intian 15 %.

Keskimääräisen kuljetusmatkan muutoksiin liittyen on keskusteltu uusista merikuljetusreiteistä, jotka lyhentäisivät keskimääräistä kuljetusmatkaa joidenkin polttoainekuljetusten osalta. Mahdollisesti tulevaisuudessa enenevästi merikuljetuksille avoinna oleva Koillisväylä tarjoaa lyhyemmän reitin Aasiasta Eurooppaan ja uusia mahdollisuuksia alueen energiavarojen kuljetuksille.

Koillisväylän käyttäminen voisi lyhentää merikuljetusten matka-aikaa Euroopan ja Aasian välillä huomattavasti. Koillisväylä on 6 500 kilometrin pituudellaan lyhin mahdollinen meriteitse kulkeva väylä Atlantin valtamereltä Tyynelle valtamerelle. Esimerkiksi Koillisväylää käyttäen matka Tokiosta Rotterdamiin on n. 7 100 merimailia (13 200 km), kun taas tavanomaisesti käytettyä Suezin kanavan reittiä pitkin matkaa kertyy n. 11 500 merimailia (21 300 kilometriä)¹³. Toisaalta pohjoisissa oloissa liikennöimiseen tarvitaan vaihtelevissa jääolosuhteissa operoivia erikoisaluksia, mikä voi osaltaan nostaa alusten investointi- ja matkakustannuksia turvallisuuden kiinnitettävän erityishuomion ohella.

Keskimääräisiä kuljetusmatkoja voidaan lyhentää myös kanavia laajentamalla/syventämällä, esimerkkinä Panaman kanavan uudistaminen.

¹³ elohanke.fi/folders/Files/WP4%20Tulokset/Koillisvayla.pdf

Skaalaedut ovat olleet keskeinen *kuljetuskustannuksiin vaikuttava tekijä* irtolas-tikuljetusten, kuten useiden energiahyödykkeiden kuljetusten, tapauksessa. Stopford (2009) vetää yhteen johtopäätökset skaalaetujen merkityksestä meriliikenteessä.

1. Suuret alukset ovat aina halvempia kuin pienemmät, mikä luo kannustimen käyttää suuria laivoja, kun muut tekijät oletetaan samoiksi.
2. Absoluuttisesti mitattuna skaalaedut lyhyen matkan reiteillä ovat paljon pienempiä kuin pitkällä matkoilla, joten kannustimet investoida suurempia laivoja käsittelevään infrastruktuuriin ovat pienempiä.
3. Lyhyillä matkoille alukset kuluttavat vähemmän aikaa merellä, joten lastinkäsittelyn tehokkuus suunnitteluperusteena korostuu lyhyillä matkoilla.
4. Kuljetettavat määrät kasvavat nopeasti, kun matkan pituus lyhenee. Sopiva laivan koko riippuu siten myös siitä, onko lastia tarpeeksi suuremmille laivoille.

Nämä tekijät selittävät, miksi eri kokoluokan aluksia käytetään myös energiahyödykkeiden kuljetuksissa, vaikka absoluuttisesti mitattuna suuri alus onkin usein edullisin. Kuljetusten kustannusrakennetta täytyy tarkastella myös infrastruktuurin osalta. Jos suuri osa matkakustannuksista aiheutuu satamamaksuista, lastinkäsittelykyky korostuu, mikä suosii pienempiä aluksia, jotka ovatkin yleisiä lyhyillä reiteillä. Suuret alukset vaativat suurta käyttöastetta niiden suurten pääomakustannusten kattamiseksi, mikä suosii isojen alusten sijoittamista reiteille joilla skaalaedut ovat suurimpia (pitkät matkat).

4.2 Energiahyödykkeiden laivakuljetusten kysynnän suuntaviivoja

4.2.1 Bioenergiajalosteet ja biomassat

Biomassan kansainvälinen kauppa raaka-aineiksi (puuhake, raat kasviöljyt, maatalousjätteet) ja erityisesti moderniksi bioenergiaksi (etanoli, biodiesel, pelletit), kasvaa nopeasti. Näiden tuotteiden kuljetusmäärien arvioidaan kasvavan, Latinalaisen Amerikan ja Saharan eteläpuolisen Afrikan ollessa mahdollisia nettoviejiä ja Pohjois-Amerikan, Euroopan ja Aasian odotetaan olevan nettotuojia (IPCC SRREN 2011, Heinimö & Junginger 2009).

Puupellettien tuotannosta ja EU-27-alueelle suuntautuvasta kaupasta on olemassa erilaisia skenaarioita (Cocchi et al. 2011). Niiden mukaan alhaisen tuotannon skenaariossa kauppa kasvaisi 16 Mt:n (280 PJ) määrään vuoteen 2020 mennessä, ja korkean tuotannon skenaarion mukaan määrään 33 Mt (600 PJ) (Cocchi et al. 2011). Tämä tarkoittaisi huomattavaa kasvua nykyisiin lukuihin nähden – tuonti EU:n alueelle oli alle 3 Mt vuonna 2010. Korkeamman skenaarion toteutuminen edellyttäisi tehdasinvestointeja ja nopeaa kehitystä nopeakierroisten kasvi-

en energiaviljelmissä (esim. eukalyptus) tietyillä potentiaalisilla vientialueilla (Brasilia, Uruguay, Länsi-Afrikka, Mosambik, Venäjä) (Cocchi et al. 2011).

Pellettien kuljetukset ovat enenevässä määrin siirtyneet erittäin suuriin valtameriluokan irtolastialuksiin. Ennustetaan, että Quebecin suuret biomassaresurssit lisäävät Kanadan vientikuljetuksista St. Lawrence'n väylää pitkin joko pelletteinä tai biojalostamoiden tuotteina. (Bradley et al. 2009)

Toistaiseksi hakkeen laivakuljetukset energiakäyttöön ovat keskittyneet Baltian satamista Ruotsin ja Iso-Britannian energialaitoksiin. Sellu- ja paperiteollisuudessa on kuitenkin pitkään kuljetettu haketta pitkän matkan laivakuljetuksilla Australiasta ja Brasiliasta, joten pidemmät kuljetukset lienevät mahdollisia myös energiasovelluksissa. (Bradley et al. 2009)

Nestemäisten biopolttoaineiden kauppamäärien kehityksessä niiden edistämiseksi toteutettujen politiikkatoimien merkitys on ollut erittäin suuri. Kauppamäärät ovat kasvaneet eksponentiaalisesti vuosina 2000–2009. Biodieselin kauppa on suuntautunut EU:n alueelle. EU ja USA ovat olleet pääsiallisia polttoaine-etanolin kuljetusten kohteita, ylivoimaisesti suurimman osan ollessa peräisin Brasiliasta (Lamers et al. 2011). Tukitoimien merkitys lienee jatkossakin suuri biopolttoaineiden kauppa- ja kuljetusmäärien kehityksessä. IEA:n (IEA 2011) New Policies -skenaariossa biopolttoaineiden käyttö kasvaa liikennesektorilla nykyisestä 1,3 miljoonasta öljykvivalenttibarrelista/päivä tasolle 4,4 miljoonaa barreliä/päivä vuonna 2035, mikä tekee tässä skenaariossa vuosittaiseksi kasvuksi 5 %. Tieliikenteen lisäksi myös nestemäisten biopolttoaineiden lentoliikennekäyttö on kasvavan kiinnostuksen kohteena.

4.2.2 LNG:n kuljetukset

LNG:n kauppa kasvoi yli 20 % vuonna 2010 saavuttaen 299 bcm:n määrän, prosentuaalisen kasvun ollessa kaikkien aikojen suurinta. Maailmanlaajuinen LNG-kauppa kattaa nyt 9 % maakaasun globaalista kysynnästä. Qatarin toimittamat määrät olivat suurin kasvun lähde, ja Qatar edustaa nyt neljäsosaa koko maailman LNG:n toimituksista ollen kaksi kertaa suurempi kuin toiseksi suurin toimittaja, Indonesia. LNG-kaupan kasvu jatkuu 2011–2016, kun uusia laitoksia käynnistyy. (IEA 2011)

LNG-kauppa on kasvanut ennakoitua nopeammin viime vuosina. Maailman nesteytyskapasiteetti kasvoi vuoden 2011 puoliväliin mennessä 370 bcm:ään vuoden 2007 250 bcm:stä. Kapasiteetin lisääntyminen on hidastumassa, mutta LNG kattaa IEA:n New Policies -skenaariossa 42 % kansanvälisessä kaasukaupan kasvusta vuoteen 2035 mennessä (IEA 2011). LNG-kaupan kasvu koko maailmassa on tässä skenaariossa 240 bcm vuoteen 2035 mennessä.

Kiinan kaasuntuonti on IEA:n (IEA 2011) skenaariossa alueellisesti suurimmasa kasvussa, nousten vuoden 2009 10 bcm:stä 125 bcm:ään vuonna 2020 ja 210 bcm:ään vuonna 2035, ja Kiinasta tulee Euroopan jälkeen suurin kaasun tuoja. Tästä kasvusta myös kansainväliset LNG-markkinat kattavat osan. Kiinan kasvu kattaa 35 % koko kaasukaupan kasvusta, joten Australiassa LNG-

infrastruktuuri on voimakkaassa kasvussa. Australian LNG:n vientikapasiteetti voi ylittää 70 bcm pian vuoden 2015 jälkeen (14 bcm vuonna 2009), jolloin siitä tulisi maailman toiseksi suurin LNG:n viejä Qatarin jälkeen.

Kaasun kysynnästä pääosa aiheutuu kaasun käytöstä sähköntuotantoon. Myös rakennussektorilla, jossa kaasua käytetään lähinnä rakennusten ja käyttöveden lämmitykseen, kasvu on merkittävää. Tämä pitää paikkansa erityisesti alueilla, joilla on nopeasti kasvavia kaupunkeja. Liikennesovellutukset pysyttelevät kokonaisuudesta pienehkoinä, vaikka kasvavatkin suhteellisesti nopeasti (IEA 2011).

LNG:n käyttö meriliikenteen polttoaineena on ollut kasvavan kiinnostuksen kohteena muun muassa kiristyvien päästörajoitusten vuoksi (ks. luku 4.4.3). Vertailtaessa tavanomaisiin polttoaineisiin, jotka sisältävät maksimissaan 1 % rikkiä, NO_x-päästöt vähenevät 80 %-90 %, SO_x- ja hiukkaspäästöt lähes 100 %, ja CO₂-päästökkin yli 15% (Claudepierre 2011, DNV 2010, Levander 2008). On kuitenkin mahdollista, että pakokaasujen palamaton metaani voi kumota CO₂-vähennyksen vaikutuksen tarkasteltaessa kasvihuonekaasuvaikutusta kokonaisuudessaan. LNG:n käyttö laivapolttoaineena pienentää myös polttoainevuodoista aiheutuvaa ympäristöönnettomuusriskiä. LNG:n kilpailukyvyyn suhteessa nykyisin laivojen polttoaineena käytettäviin raskaaseen polttoöljyyn tai meridieselöljyyn odotetaan pitkällä aikavälillä parantuvan (Madsen 2011), joskin näihin arvioihin sisältyy suuri epävarmuus.

4.2.3 Öljyn kuljetukset

Öljyn kysynnän kasvu on IEA:n New Policies -skenaariossa (IEA 2011) kokonaisuudessaan peräisin kehittyvien talouksien liikennesektorin kasvusta. Voimakkaita ilmastonmuutoksen hillintätoimia sisältävässä 450-skenaariossa öljyn tuotanto saavuttaa huippunsa ennen vuotta 2020, ja päättyy vuonna 2035 noin 10 % nykyistä matalammalle tasolle. Öljyntuotanto vuoteen 2035 mennessä vaihtelee eri skenaariossa 78 ja 107 miljoonan barrelin välillä (vuonna 2010 86,7 miljoonaa barrellia päivässä).

Öljykauppa (raakaöljy, NGL¹⁴, epäkonventionaaliset lähteet, lisäaineet ja jalostetut tuotteet) jatkaa kasvuaan IEA:n skenaarioissa (IEA 2011). New Policies skenaariossa kauppa pääalueiden välillä kasvaa 37 miljoonasta barrelista päivä yli 48 miljoonaan barrelliin päivä vuonna 2035. Arvioitu öljyn kysynnän kasvu on lähes 13 mb/d, joten lisääntynyt kauppa kattaa suuren osan kysynnän kasvusta. Kiinan nettotuonti vuoteen 2035 mennessä ylittää 12,5 mb/d, eli kasvaa skenaarioissa 8 mb/d nykyisestä tasosta. Intian nettotuonti kasvaa yli 4 mb/d, tasolle 7 mb/d. Kehittyvissä Aasian talouksissa öljyn tuontiriippuvuus kasvaa nykyiseltä 56 %:n tasolta tasolle 84 %.

Euroopan tuonti pysyy suhteellisen vakaana 9 mb/d:n tasolla, kun kysyntä ja paikallinen tuotanto putoavat lähes samaa tahtia. Nettotuonti Pohjois-Amerikkaan

¹⁴ Natural Gas Liquids; maakaasun tuotannon sivutuotteista valmistettuja tuotteita

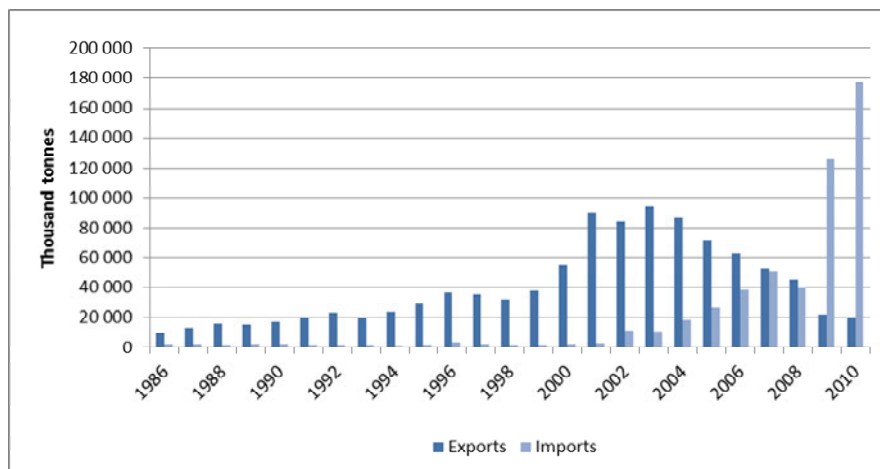
putoaa lähes 6 mb/d:stä alle tason 3 mb/d vuoteen 2035 mennessä, sillä paikallinen tuotanto kasvaa ja kysyntä pienenee. Yhdysvallat aiheuttaa suurimman osan kysynnän laskusta, sillä tuonti putoaa 4 mb/d nykyisen tason alapuolelle vuonna 2035. Vientialueista Lähi-itä kasvaa eniten, 9 mb/d, tasolle 28 mb/d. Vienti Latinalaisesta Amerikasta kasvaa myös voimakkaasti, yli 2 mb/d:llä vuosien 2010 ja 2035 välillä.

Nettotuonti kaikille öljyä tuovilla alueilla on voimakkaita ilmastonmuutoksen hillintätoimia sisältävässä 450-skenaariossa huomattavasti pienempi tuonnin palautuessa lähelle nykytasoa vuoteen 2035 mennessä. Tämä havainnollistaa, että politiikkatoimet ilmastonmuutoksen hillitsemiseksi tuovat etuja myös energiaturvallisuuden näkökulmasta.

Suuri osa kuljetetusta öljystä käytetään liikennesektorilla, jolloin kehittyvissä talouksissa kasvava autokanta on merkittävä öljyn kuljetusten kysyntään vaikuttavana tekijä. Mitä pidemmät merikuljetusmatkat, sitä enemmän aluksia tarvitaan kuljetusten kysynnän tyydyttämiseksi. Suurin osa tunnetuista raakaöljyvaroista sijaitsee kaukana kulutusalueista, mikä vaikuttaa lisäävästi tankkerien kysyntään.

4.2.4 Hiilen kuljetukset

IEA:n skenaarioiden mukaan sähköntuotanto säilyy pääasiallisena hiilen kysyntää ajavana tekijänä vuoteen 2035 asti. Sähköntuotanto kattaa vähintään kolme neljäsosaa hiilen kysynnän kasvusta sekä uuden politiikan että nykyisen politiikan skenaarioissa (IEA 2011). IEA (2011) nostaa maailman suurimman hiilentuottajan, Kiinan, joka on viime vuosina kääntynyt nettoviejästä nettotuojaksi, mahdollisen hiilen tuonnin jatkumisen erityisenä hiilimarkkinoiden kehitykseen vaikuttavana tekijänä. Kuva 19 havainnollistaa muutoksen suuruuden ja nopeuden.



Kuva 19. Kiinan hiilentuonin ja viennin kehittyminen (IEA Coal 2011).

4.3 Hintaa ohjaavien tekijöiden arviointi

4.3.1 Hintaan vaikuttavat tekijät

Öljyn hinta on luonnollinen rahtihintoihin vaikuttava tekijä, sillä meriliikenne on riippuvainen öljystä käyttövoiman lähteenä, ja polttoainekustannukset muodostavat merkittävän kustannustekijän.

UNCTAD (2010b) tutkii öljyn hinnan vaikutusta rahtihintoihin. Öljyn hinnan ohella rahdin hintaan vaikuttavia tekijöitä ovat (UNCTAD 2010b) mukaan:

1. Laivakuljetusten kysyntä (esim. kaupan volyymit)
2. Satamatason muuttujat (esim. satamainfrastruktuurin laatu)
3. Tuotetason muuttujat (esim. arvo/painosuhteet ja tuotteiden hinnat)
4. Toimialatason muuttujat (esim. rahtaajien ja alustoimittajien välisen kilpailun taso)
5. Teknologiatason muuttujat (esim. konttikuljetusten mahdollisuudet, laivojen koko ja skaalaedut)
6. Institutionaaliset muuttujat (lainsäädäntö ja määräykset)
7. Maakohtaiset muuttujat (esim. vientimarkkinoiden houkuttelevuus).

Kohtaa 1., laivakuljetusten kysyntää eri polttoaineiden kohdalla, tarkasteltiin luvussa 4.2. Jaottelun pohjalta voidaan tarkastella eri polttoaineiden rahtihintoihin vaikuttavia tekijöitä muunkin kuin kuljetusten kysynnän osalta.

4.3.2 Öljyn hinnan vaikutus merikuljetusten hintoihin

Raakaöljyn hinnan ja volatiliiteetin (hintojen vaihtelun) sekä kaupan määrien vaikutuksia konttiliikenteen, irtolastin ja tankkerien rahtihintoihin kohdalla käsittelee UNCTAD (2010b), jossa arvioidaan eri tekijöiden vaikutusta rahtihintoihin lineaarisen regression avulla. Tutkimuksen mukaan raakaöljyn hinnoilla on yhteys sekä konttialusten että irtolastin rahtihintoihin. Tämä on luontevaa, sillä polttoaine on merkittävä matkakustannusten osa-alue.

Öljyn hinnan vaikutuksen suuruus merikuljetusten hintoihin riippuu tarkasteltavasta markkinoiden osa-alueesta ja muista erityispiirteistä. Tankkerien rahtihintojen tulokset (UNCTAD 2010b) viittaavat siihen, että 10 prosentin nousu Brent-raakaöljyn hinnassa vastaa noin 2,8 prosentin nousua tankkereiden rahtihinnoissa, joita on tarkasteltu kahdeksan yleisen reitin hintakehityksen vuosilta 1996–2008 valossa. Tutkimuksessa UNCTAD (2010b) käytetyt hintatiedot sisältävät eri kokoluokkien tankkereita.

Öllykaupan määrän (vuosittainen kauppavirta tietyllä reitillä) arvioitu yhteys rahtihintoihin on merkittävä: 10 prosentin nousu kaupan määrässä vastaa noin 30 prosentin nousua tankkerien rahtihinnoissa. Mitä korkeammat ovat kaupan mää-

rät, sitä korkeammat ovat tankkereiden rahtihinnat. Tutkimuksen (UNCTAD 2010b) data on ajalta, jolloin kehittyvien talouksien energian ja raaka-aineiden kysyntä oli kovassa nousussa, mikä vaikutti nostavasti myös merikuljetusten kysyntään. Tällöin tankkerien lyhyellä aikavälillä joustamaton tarjonta saattoi nostaa tankkereiden rahtihintoja. Tuloksissa voi näkyä myös mm. suurten tavaramäärien aiheuttaman satamien ruuhkautumisen vaikutus.

4.3.3 Institutionaaliset muuttajat

Politiikkatoimenpiteet meriliikenteen ympäristövaikutusten, kuten CO₂-päästöjen sekä rikkipäästöjen vähentämiseksi, voidaan nostaa esiin institutionaaliset muuttajat -luokasta energiahyödykkeiden kuljetusten hintaan vaikuttavista tekijöistä. Kuljetuksiin vaikuttavat epäilemättä myös muilla sektoreilla, kuten energiantuotannossa, syntyvien CO₂-päästöjen vähentämistoimenpiteet. Ne lisäävät vähäpäästöisten energiantuotantotapojen kilpailukykyä ja vaikuttavat sitä kautta polttoaineiden kysyntään ja kuljetuksiin.

Kansainvälisen merenkulkujärjestön IMO:n meriympäristön suojelukomitea hyväksyi yksimielisesti 9.10.2008 MARPOL 73/78 -yleissopimuksen uudistetun ilmansuojeluliitteen (VI), jolla rajoitetaan alusliikenteen typenoksid- ja rikkioksidipäästöjä (Kalli et al. 2009). CO₂-päästöjen vähentämiseksi vaihtoehtoisia polttoaineita ovat biopolttoaineiden käyttäminen (kaikki alustyytit), vety (polttokenneteknologia) (sisäresiveiitit ja pienet alukset), LPG ja LNG (lyhyiden matkojen laivakuljetukset), LNG ja ydinvoima (syvät meret) (Askola et al. 2011).

Laivaliikenteen ympäristötavoitteita voidaan joissain tapauksissa edistää yksinkertaisesti laivojen kulkunopeuksia pienentämällä. Esimerkiksi konttilaivojen polttoaineenkulutusta ja päästöjä voidaan vähentää merkittävästi jo pienelläkin nopeuden alentamisella, koska konttilaivat rakennetaan varsin nopeiksi toisin kuin tankkerit. Tästä hidastamisesta käytetään nimitystä *slow steaming*.

4.3.4 Teknologia

Tutkimuksessa (Askola et al. 2011) on kuvattu uusia laivaliikenteen teknologioita ympäristövaikutusten minimoimiseksi (uudet polttoaineet, tuulivoiman hyväksikäyttö, rikkipesurit jne.). Voidaan olettaa, että näistä innovatiivisista ratkaisuista osa tulee tulevaisuudessa yhä enenevästi käyttöön. Tarkemmat valinnat tullevat riippumaan muun muassa tulevaisuuden hintasuhteista, kustannuksista ja reittikohdaisista erityispiirteistä.

4.4 Polttoainekuljetusten tulevaisuuden näkymät Suomen näkökulmasta

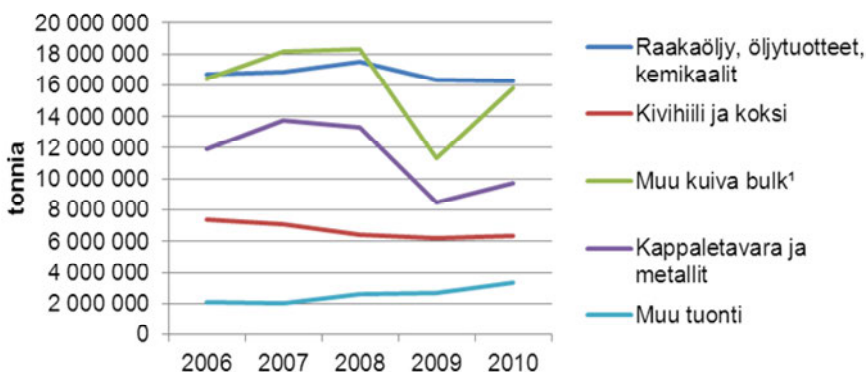
Suomen ulkomaanviennin merikuljetusten jakaumassa huomattavaa on metsäteollisuustuotteiden ja raaka-aineiden suuri osuus, joka vuonna 2010 muodosti lähes 35 % satamien kautta tapahtuneen viennin massasta (Liikennevirasto 2011).

Energiatarkoituksessa Suomeen tuodaan ainakin kivihiiltä, raakaöljyä ja öljyjalosteita. Myös puun tuonti on huomattavaa, joskin valtaosa mennee metsäteollisuuden tarpeisiin. Vientikuljetuksina meritse Suomesta on lähtenyt tässä raportissa käsitellyistä tuotteista ainakin raakabiomassaa, pellettejä ja öljyjalosteita. Energiakuljetuksiin Suomen merialueilla liittyviä erityispiirteitä ovat ainakin talviolosuhteiden huomioiminen ja öljysatamien merkitys Suomenlahden kuljetusmäärien kehittämisessä.

4.4.1 Kuljetusmäärät

Kivihiilen kulutus Suomessa on vuosina 2000–2011 vaihdellut noin 3–8 miljoonan tonnin välillä (SVT 2012). Kivihiilen ja koksen tuonti Suomen satamiin on vaihdellut 6,2–7,4 miljoonan tonnin välillä vuosina 2006–2010 (Liikennevirasto 2011). Tuonti on keskittynyt energiantuotanto- tai terästeollisuuslaitosten läheisiin satamiin. Vuonna 2010 suurimmat kivihiilen ja koksen tuontisatamat olivat Pori (1,7 Mt), Raahе (1,0 Mt), Naantali (0,7 Mt) ja Helsinki (0,7 Mt) (Liikennevirasto 2011).

Tuonti Suomen satamiin



Kuva 20. Tuonti Suomen satamiin vuosina 2006–2010. Kivihiilen ja koksen, raakaöljyn, öljytuotteiden ja kemikaalien tuonti on ollut vakaampaa kuin kappaletavarojen ja metallien. (Liikennevirasto 2011.)

Suomessa **raakaöljyä** tuodaan Naantalın ja Porvoon Kilpilahden satamiin Neste Oilin öljynjalostamoille, tuonnin vuonna 2010 ollessa yhteensä 10,3 miljoonaa tonnia. Naantalın osuus tästä oli 2,4 ja Kilpilahden 7,9 Mt. Kaikkiaan vuonna 2010 raakaöljystä 94 % tuotiin Venäjältä ja 5 % Norjasta¹⁵.

Öljytuotteita tuodaan laajemmin muihinkin Suomen satamiin, ja niiden tuonnin kokonaismäärä vuonna 2010 oli 3,1 miljoonaa tonnia. Öljytuotteita viedään sekä kotimaan satamiin että ulkomaille, ulkomaille viennin osuus oli 6,8 Mt. Kotimaan kuljetuksissa tuotetankkerit vievät öljyjaloiteita Naantalista ja Porvoosta pitkin rannikkoa.

Suomenlahden merkittävin öljysatama on Venäjällä sijaitseva Primorsk, josta kuljetettiin vuonna 2010 öljyä noin 78 miljoonaa tonnia. Suomenlahden öljykuljetusten (vientä ja tuonti yhteensä) arvioidaan lisääntyvän nykyisestä 155 miljoonasta tonnista 200–230 miljoonaa tonniin vuoteen 2015 mennessä. Lopullinen kuljetusmäärä riippuu ennen kaikkea Ust-Lugan satamaan suunniteltujen terminaali-hankkeiden toteutumisesta¹⁶. Suomen suurimman sataman, Porvoon Kilpilahden osuus oli noin 13 % (Liikennevirasto 2011).

Metsäteollisuustuotteiden vienti ja tuonti on satamatilastoissa luokiteltu luokkiin (i) raakapuu ja hake, (ii) sahatavara, (iii) sellu ja puuhioke, (iv) paperi ja kartonki, (v) vaneri ja puulevyt. Liikenneviraston satamatilaston mukaan luokkien (i)–(v) kokonaisvientä vuonna 2010 oli 14,2 Mt, josta raakapuun ja hakkeen vienti noin 0,4 Mt (Liikennevirasto 2011). Puun ja metsäteollisuustuotteiden vienti vuonna 2010 oli 18,168 Mt, josta merikuljetusten osuus oli 86 % (15,684 Mt), sisävesikuljetusten 2 %, rautatiekuljetusten 4 % ja maantiekuljetusten 8 % (MVK 2011). Puun tuonti Suomeen vuonna 2010 oli 12,3 miljoonaa kiintokuutiometriä. Valtaosa puun tuonnista (7,4 milj. m³) oli Venäjältä, Latviasta tuonti oli 2,2 milj. m³ ja Virossa 1,4 milj. m³. Tämä tilasto sisältää myös maantie- ja rautatiekuljetukset. Satamatilastoissa ryhmien (i)–(v) yhteistuonti oli 4,7 miljoonaa tonnia, josta raakapuuta ja haketta 3,9 Mt (Liikennevirasto 2011). Puun ja metsäteollisuustuotteiden tuonti vuonna 2010 oli 10,481 Mt. Tästä meriteitse tuotiin 48 % (5,039 Mt), sisävesikuljetuksin 2 %, rautateitse 27 % ja maanteitse 23 % (MVK 2011).

Pellettien vienti on vaihdellut 0,136–0,227 Mt välillä vuosina 2004–2010. Valtaosa Suomessa tuotetuista pelleteistä on mennyt vientiin; pellettejä viedään Suomesta tyypillisesti Ruotsiin, Tanskaan ja Hollantiin. Pellettejä on vuosina 2008–2010 myös tuotu Suomeen, tuonnin saavuttaessa ennätystason 0,050 Mt vuonna 2009. Pellettejä on vuosina 2010 ja 2011 tuotu pääasiassa Venäjältä. (Metsäteollisuus 2012).

LNG:n laivakuljetusta Suomeen ole toistaiseksi harjoitettu. Lähin pie ni vastaanottotermiinaali on Ruotsissa, Nynäshamnin LNG-termiinaali Tukholman eteläpuolella, ja lähin suuri termiinaali on rakenteilla Puolaan. Suomeen on kesäkuussa 2010 valmistunut pienimuotoinen LNG:n tuotantolaitos Porvoon Kilpilahden teolli-

¹⁵ www.oil.fi

¹⁶ <http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=170457>

4. Laivakuljetusten tulevaisuuden kehityksen arvioiminen

suusalueelle. Se tuottaa noin 20 000 tonnia vuodessa, ja sen yhteydessä on noin 2 000 kuutiometrin tuotevarasto¹⁷.

Kaasu-yhtiö Gasum suunnittelee pienehkön maakaasuterminaalin rakentamista Turun Pansioon. Pansioon mahtuu noin 20 000 kuution varastosäiliö. Maakaasua toimitettaisiin terminaalista satamaan tankkausaluksilla tai säiliöautoilla. Huhtikuun 2012 alussa yhtiö kertoi suunnittelevansa suurempaa maakaasun tuontiterminaalia Inkooseen tai Porvooseen. Suurterminaaliin mahtuu 300 000 kuutiometriä nesteytettyä maakaasua. Terminaali on tarkoitus kytkeä putkiyhteydellä Suomen kaasunsiirtoverkkoon¹⁸.

4.4.2 Alukset

Laivojen kokoa Suomenlahdella rajoittaa Tanskan salmen läpi johtavan väylän syvyys, joka on 15,3 metriä. Suomenlahdella vain muutama satamiin johtaa 15,3-metrinen väylä (Kilpilahti, Kotka, Primorsk, Ust-Luga ja Muuga). Keskimäärin Suomenlahden satamiin johtavien väylien syvyys on noin 10–15 metriä. Väylien syvyyden lisäksi alusten kokoa voivat rajoittaa satamien infrastruktuuri ja rakenteelliset ominaisuudet, kuten laiturien pituus. Näistä syistä Suomenlahdella kulkeekin keskimäärin pienehköjä aluksia, ks. Taulukko 6 (Kuronen et al. 2008). Suurimmat Itämerellä liikkuvat tankkerit ovat yleensä Aframax-kokoluokan tankkereita, jotka hakevat Primorskista raakaöljyä (esim. Mastera ja Tempera, 106 000 dwt). Rannikolla liikkuvat selvästi pienemmät tuotetankkerit.

Taulukko 6. Eräiden Suomenlahdella kulkevien alustyyppien keskimääräisiä ominaisuuksia (muokattu lähteestä Kuronen et al. 2008).

	dwt	Pituus (m)	Leveys (m)	Syväys (m)
Irtolastialus	33 895	179	26	10
Tankkeri, raakaöljy	58 739	165	28	10
Tankkeri, tuote	20 605	119	19	7
Tankkeri, kemikaali	19 190	140	22	9

Suurin Porvoon Neste Oilin öljysatamassa käynyt tankkeri on kooltaan hieman alle 300 000 dwt, ja suurin lasti on ollut noin 180 000 t¹⁹. Itämeren raakaöljynkuljetusten merkityksen lisääntyä on kehitteillä erityisesti Itämeren olosuhteisiin suunniteltu nykyisiä kookkaampi B-MAX (BalticMax) -tankkerityyppi, jonka suunniteltu koko on 209 000 dwt²⁰.

¹⁷ <http://www.gasum.fi/tuotteet/Ing/Sivut/default.aspx>.

¹⁸ www.gasum.fi

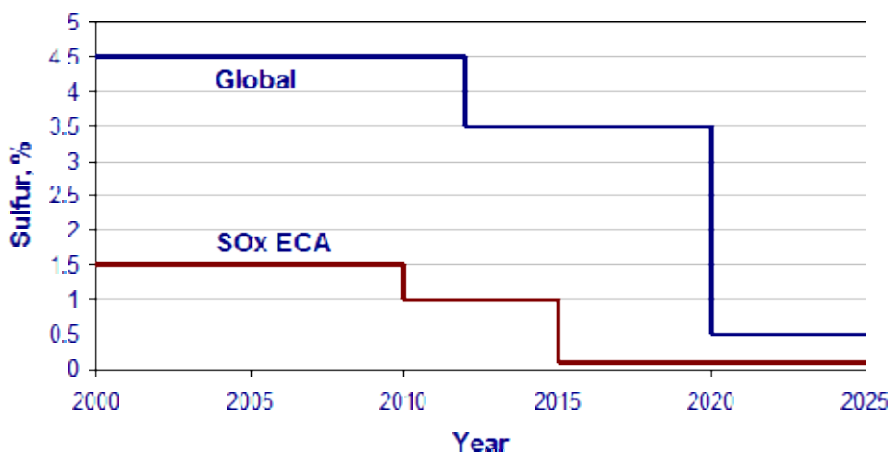
¹⁹ <http://www.nesteoil.fi/default.asp?path=35,52,62,12271,12280,1866>.

²⁰ <http://www.stenabulk.com/en/Our-Fleet/The-Stena-MAX-concept/Stena-B-MAX/>

4.4.3 Regulaatio ja institutionaaliset muuttajat

Suomessa on keskusteltu paljon laivakuljetusten kustannuksiin vaikuttavasta ns. rikkidirektiivistä (MARPOL 73/78 -yleissopimuksen uudistettu ilmansuojeluliite (VI)). Direktiivi tähtää terveydelle haitallisten alusliikenteen typenoksidi- ja rikkipäästöjen vähentämiseen. Itämeri kuuluu rikkipäästöjen kontrollialueisiin Pohjanmeren ja Englannin kanaalin ohella. Näitä alueita jota koskevat tiukemmat määräykset, jotka astuvat täydessä mitassaan voimaan vuonna 2015.

Rikkidirektiivissä linjataan, että laivojen käyttämän polttoaineen korkein sallittu rikkipitoisuus laskee maailmanlaajuisesti 1.1.2012 alkaen 4,5 prosentista 3,5 prosenttiin ja 1.1.2020 alkaen 0,5 prosenttiin. Rikkipitoisuusmääräykset ”rikkipäästöjen kontrollialueilla” (SECA) johtavat päästöjen rajoitusvaatimukseen 1.7.2010 alkaen 1,5 prosentista 1,0 prosenttiin sekä 1.1.2015 alkaen 0,1 prosenttiin (Kuva 21). SECA-alueet käsittävät Itämeren, Pohjanmeren ja Englannin kanaalin. Myös USA ja Kanada ovat perustamassa SECA-alueen rannikoidensa ulkopuolelle (Kalli et al. 2009).



Kuva 21. MARPOL VI -ilmansuojeluliitteen polttoaineen rikkipitoisuusrajat (Dieselnet, 2011).

Laivojen käyttämät polttoainetyypit eroavat pääasiassa viskositeetiltaan. Pääsääntöisesti polttoaineena käytetään raskasta polttoöljyä (HFO/IFO), joissakin tapauksissa apukoneissa käytetään tislattuja polttoaineita, kuten meridieselöjyä (MDO) tai kaasuoilyä (MGO). Enimmäisrikkipitoisuuden laskiessa 0,1 prosenttiin on siirryttävä käyttämään kaasuoilyä, joka nykyisillä polttoainelaaduista olisi ainoa käytettävissä oleva vaihtoehto. Valmistustavasta johtuen MGO on huomattavasti kalliimpaa kuin raskaat polttoöljyt. Lisäksi voidaan olettaa kysynnän voimakkaasti kasvaessa myös MGO:n hinnan nousevan entistä korkeammaksi. (Kalli et al. 2009).

Rikkidirektiivi mahdollistaa pakokaasujen jälkikäsitteilyn vaihtoehtona vähärikkiselle polttoaineelle (ns. rikkipesureiden käyttö). Tällöin halvempia, suurempia rikkipitoisuuksia sisältäviä polttoaineita voitaisiin edelleen käyttää.

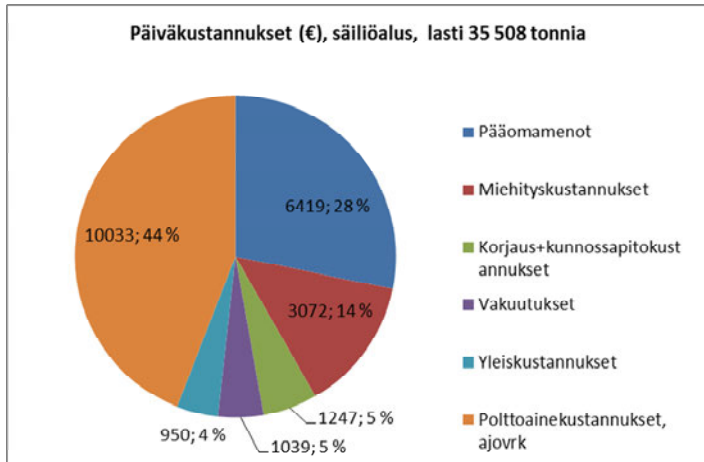
Kalli et al. (2009) käsittelee rikkidirektiivin vaikutuksia Suomen ja Manner-Euroopan välisen alusliikenteen polttoainekustannuksiin ja tavaraliikenteen kuljetuskustannuksiin SECA-alueella. Arvion mukaan raskaasta polttoöljystä kevyeen siirtymisen vaikutus rahtihintatason kohoamiseen on erittäin merkittävä. Rikkidioksidipitoisuuden laskemisen vuoden 2009 tasolta 0,1 %:iin arvioidaan nostavan öljyn rahtihintatasoa 28–32 %, ja irtolastialusten rahtitonnin hintaa 39–44 % . Toimialoista lisäkustannusten arvioidaan kohdistuvan Suomessa erityisesti metalli- ja metsäteollisuuteen.

Rikkidirektiivin lisäksi voimassa olevia kansainvälisen merenkulkujärjestön IMO:n typenoksidi-, hiilidioksidi- ja muiden päästöjen rajoitustoimia käsitellään tarkemmin esimerkiksi lähteessä Dieselnets (2011).

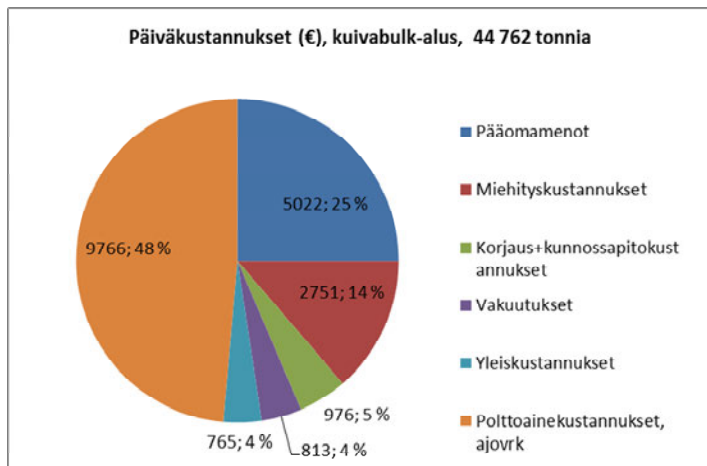
4.4.4 Matkapäivä- ja satamapäiväkustannukset Suomen oloissa

Karvonen & Makkonen (2009) sisältää mm. analyysin Suomen ja ulkomaiden välisen liikenteen keskimääräisistä kustannuksista alustyypeittäin ja kokoluokittain. Raportin mukaan kustannusrakenne vaihtelee alustyyppin ja kokoluokan mukaan. Myös miehistön kansallisuudella on merkitystä. Kustannukset nousivat Suomesakin 2000-luvun ensimmäisen vuosikymmenen lopulla; vuoden 2009 raportin mukaan kustannusnousu vuoden 2006 raporttiin verrattuna oli keskimäärin 35 %, polttoainekustannusten keskimääräisen nousun ollessa peräti 75 %.

Suomessa energiahyödykkeiden/polttoainekuljetusten kannalta merkittäviä ovat tankkerien ja kivihiilen kuljetuksissa käytettävien irtolastialusten kustannusrakenteet. Lähteessä Karvonen & Makkonen (2009) raakaöljyn ja öljytuotteiden kuljetukseen käytettävät tankkerit kuuluvat *säiliöalukset*-ryhmään, ja kivihiilen kuljetusten kuivairtolastialukset *kuivabulk*-alusten ryhmään. Kuvissa Kuva 22 ja Kuva 23 on esitetty syväysluokkien keskiarvoa vastaavien lastikokojen päiväkustannukset ajovuorokautta kohden. Pääomamenot on jaettu vuoden jokaiselle päivälle. Satamavuorokauden polttoainekustannukset ovat pienemmät.



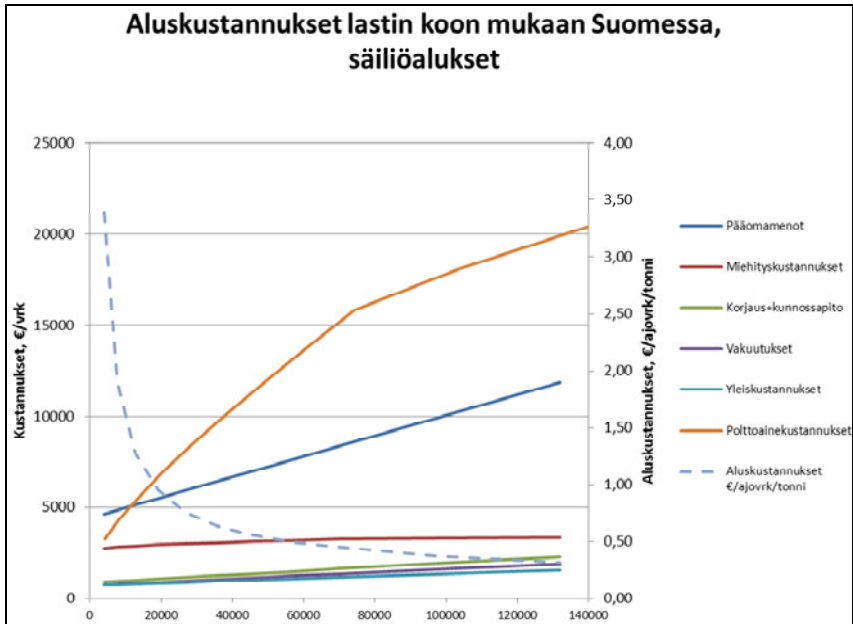
Kuva 22. Alusten päiväkustannusten jakauma syväsluokkien keskiarvolla säiliöaluksilla (Karvonen & Makkonen 2009).



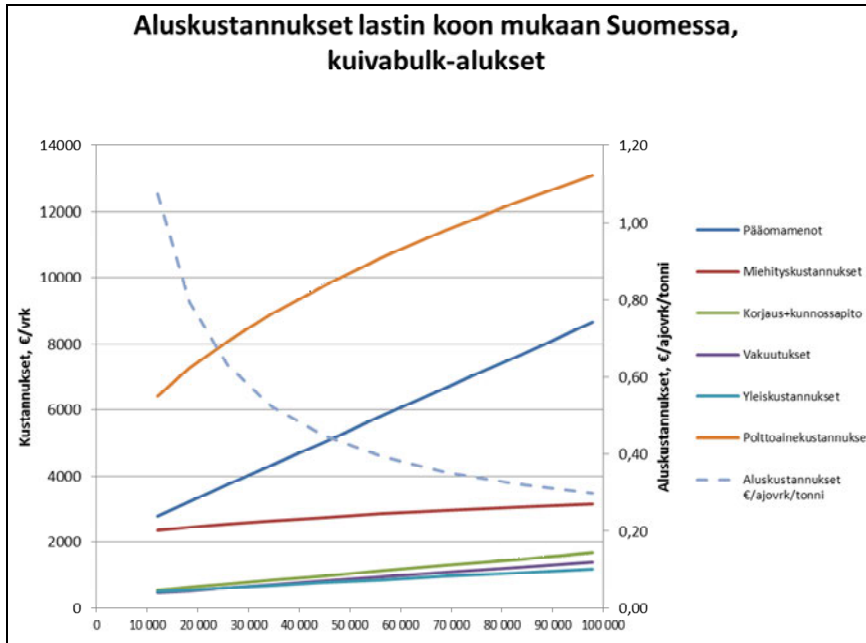
Kuva 23. Alusten päiväkustannusten jakauma syväsluokkien keskiarvolla kuivabulk-aluksilla (Karvonen & Makkonen 2009).

Alusten kustannusrakenteessa näkyvät skaalaedut, eli yksikkökustannus on pienempi suuremmilla aluksilla (Kuva 24, Kuva 25). Alusten kustannukset ovat herkkiä polttoainekustannuksille: polttoainekustannusten 30 %:n muutoksen vaikutus alusten kustannuksiin on noin 15 %. (Karvonen & Makkonen 2009).

4. Laivakuljetusten tulevaisuuden kehityksen arvioiminen



Kuva 24. Aluskustannukset lastin koon mukaan Suomessa, säiliöalukset. Aluskustannukset ajovuorokautta ja tonnia kohti (oikea akseli) pienenevät lastin koon mukaan. (Karvonen & Makkonen 2009.)



Kuva 25. Aluskustannukset lastin koon mukaan Suomessa, kuivabulk-alukset. Aluskustannukset ajovuorokautta ja tonnia kohti (oikea akseli) pienenevät lastin koon mukaan. Skaalaedut eivät ole yhtä suuria kuin säiliöaluksilla, sillä muuttuvien kustannusten osuus on suurempi, ja se kasvaa nopeammin. (Karvonen & Makkonen 2009.)

5. Johtopäätökset ja yhteenveto

Julkaisussa on tehty kirjallisuuskatsaus, joka käsittelee energiahyödykkeiden merikuljetuksia. Työtä ohjasivat SALKKU-hankkeen projektisuunnitelman tavoitteet.

1. Hinnan määräytyminen kuljetusmarkkinoilla perustuen historiatietoon
2. Tulevaisuuden kehityksen arvioiminen ml. laivakuljetusten kysynnän kehitys ja hintaa ohjaavien tekijöiden arviointi.

5.1 Hinnan määräytyminen

5.1.1 Yleisiä piirteitä

Merikuljetusten hintakehityksessä on tyypillisesti nähtävissä *syklejä*, joissa havaitaan rahtihintojen nopean nousun, huipun ja nopean romahduksen vaiheet. Kuljetusten kysyntä voi lisääntyä suhteessa tarjontaan esimerkiksi maailmakaupan nopean kasvun vuoksi niin voimakkaasti, että rahtihinnat nousevat äkillisesti. Korkeat rahtihinnat kiihdyttävät laivojen rakentamista, mutta kuljetuskapasiteetti lisääntyy viiveellä. Mikäli lisäkapasiteetti tulee markkinoille, kun merikuljetusten kysyntä on nopeasti laskenut esimerkiksi maailmantalouden suhdanteen taituttua, seurauksena oleva ylitarjonta romahduttaa rahtihinnat.

Energiahyödykkeiden merikuljetuksista yhä suurempi osa on siirtymässä lyhyen aikavälin markkinoille. Öljynkuljetuksille oli pitkään tyypillistä, että tankkerit oli sidottu pitkällä, jopa 15–20 vuoden sopimuksilla. Ennen 1970-luvun öljykriisejä noin 80 % tankkerilaivastosta oli rahdattu pitkäaikaisilla sopimuksilla, kun nykyään tilanne on kääntynyt päinvastaiseksi pitkien sopimusten osuuden ollessa noin 20 % (Stopford 2009). LNG-markkinoilla on niin ikään viime aikoina vahvistunut lyhyen aikavälin spot-markkinoiden rooli. On arvioitu, että n. 20 % LNG-kaupoista (2008) muodostuu lyhyen aikavälin markkinoilla, kun vielä 2000-luvun alussa lyhyen aikavälin markkinoiden osuus oli olematon. Spot-markkinoiden osuuden on arvioitu olevan edelleen kasvussa. (Thompson 2009).

5.1.2 Lähihistoria: 2000-luvun kehitys

Laivakuljetusten markkinahinnat vaihtelevat hyvin voimakkaasti. Lähihistoriassa (2000-luvulla) vaihtelua havaitaan enemmän hiilen ja biomassan kuljetuksiin soveltuvien irtolastikuljetusten kuin raakaöljyn kuljetusten hintojen kohdalla. 2000-luvun yleistä hintakehityksessä vuosien 2003–2008 väliillä tapahtui voimakkaita nousuja, jolloin useat hintoja kuvaavat indeksit nousivat kaikkien aikojen ennätysiin.

Vuosien 2003–2008 kehityksestä on käytetty selityksenä voimakasta Kiinan talouskasvua. Teollisuustuotannon siirtyminen Kiinan ja tuotannon kasvu Kiinassa lisäsi laivakuljetusten ja alusten kysyntää voimakkaasti. Laivakuljetuskapasiteetti lisääntyikin huomattavasti 2000-luvun ensimmäisen vuosikymmenen lopulla. Hinnat romahtivat, kun tuotanto ja kuljetustarve pienenivät vuoden 2008 finanssikriisin aikana, jolloin ylikapasiteettia kuljetusmarkkinoilla oli runsaasti.

Vuosien 2009–2011 rahtihintataso oli alhainen. Irtolastialuksilla ei lähivuosiin arvioida olevan kapasiteettipulaa, pikemminkin ylikapasiteettia. Telakoiden ylläpitäminen jatkuu, ja mikäli vanhoja aluksia ei romuteta, tämä johtaa siihen, että irtolastialusten rahtihintojen matala taso jatkuu. (UNCTAD 2011)

Öljytankkerien rahtihinnat toipuivat vuonna 2011 finanssikriisin vaikutuksista, tosin useimmissa tapauksissa vain hieman, ja hinnat jäivät pitkän aikavälin keskiarvon alapuolella. LNG-kuljetusten hintakehitys oli yleisestä hintakehityksestä poikkeavaa, ja ne nousivat kaikkien aikojen ennätukseensä vuonna 2011 (UNCTAD 2011)

5.2 Tulevaisuuden kehityksen arvioiminen ja kehitystä ohjaavat tekijät

Tulevaisuuden kehitystä laivakuljetusten kysynnän suhteen arvioidaan katsastamalla skenaariotutkimuksia (IEA 2011, Cocchi et al. 2011).

Öljyn kysynnän kasvu on IEA:n New Policies -skenaariossa (IEA 2011) kokonaisuudessaan peräisin kehittyvien talouksien liikennesektorin kasvusta, ja se riippuu voimakkaasti CO₂-päästöjen rajoittamistoimista. Sähköntuotanto säilyy pääasiallisena hiilen kysyntää ajavana tekijänä vuoteen 2035 asti. IEA (2011) nostaa maailman suurimman hiilentuottajan, Kiinan, joka on viime vuosina kääntynyt nettoviejästä nettotuojaksi, mahdollisen hiilen tuonnin jatkumisen erityisenä hiilimarkkinoiden kehitykseen vaikuttavana tekijänä.

LNG-kuljetusten arvioidaan olevan yhä kasvussa, joskaan ei välttämättä prosentuaalisesti samaa tahtia kuin viime vuosina. LNG-kaupan kasvu koko maailmassa on New Policies -skenaariossa 240 bcm vuoteen 2035 mennessä (IEA 2011), mikä vastaa 3,3 %:n keskimääräistä vuosikasvua, kun kasvu vuosina 2006–2010 oli keskimäärin 8 %.

Bioenergiahyödykkeiden kuljetusten volyymien arvioidaan voivan kasvaa. Esimerkiksi puupellettien EU-27-alueelle suuntautuvasta kaupasta kasvaa vuoteen 2020 mennessä eri skenaarioissa tasolle 16–33 Mt nykyisestä alle 3 Mt tasosta.

Korkeamman skenaarion toteutuminen edellyttäisi tehdasinvestointeja ja nopeaa kehitystä nopeakierroisten kasvien energiaviljelmissä (esim. Eukalyptus) tietyillä potentiaalisilla vientialueilla (Brasilia, Uruguay, Länsi-Afrikka, Mosambik, Venäjä) (Cocchi et al. 2011). Nestemäisten biopolttoaineiden kauppamäärien kehityksessä niiden edistämiseksi toteutettujen politiikkatoimien merkitys on ollut erittäin suuri (Lamers et al. 2011). Bioenergiahyödykkeiden merikuljetusmäärät ovat toistaiseksi pieniä verrattuna ”perinteisiin” fossiilisiin polttoaineisiin, raakaöljyyn ja öljyalosteisiin, kivihiileen ja LNG:hen.

Yleisesti laivakuljetusten **kysyntään** vaikuttavia tekijöitä ovat lähteen (Stopford 2009) mukaan:

1. Maailmantalous
2. Meritse tapahtuva tavarakauppa
3. Keskimääräinen kuljetusmatka
4. Satunnaissokit (esim. öljykriisit, talouslamat)
5. Kuljetuskustannukset.

Tekijöistä (1–5) katsauksessa on kiinnitetty eniten huomiota eri energiahyödykkeiden kuljetuskuljetuskustannuksiin. Tyypillisesti öljyllä on energiahyödykkeistä pienin kuljetuskustannus suhteessa tuotteen arvoon. Öljyn kuljetuksissa tarkastellut kuljetuskustannukset ovat usein maksimissaan 10 %:n luokkaa prosenttien luokkaa tuotteen arvosta. Suhteessa suurimmat kuljetuskustannukset ovat pelletti/hakekuljetuksilla, hiilellä ja LNG:llä. Katsauksessa löydettiin esimerkkejä, joissa hiilen ja pellettien kuljetuskustannukset olivat kokonaistoimituskustannuksista 45 %:n luokkaa. LNG-kuljetuksissa kuljetuskustannusten osuus on ollut 10–30 %. Sekä rahdin että polttoaineiden hinnat ovat vaihdelleet voimakkaasti, ja muun muassa matka ja kuljetuksen nopeus vaikuttavat yksittäisten kuljetusten kustannuksiin ja hintoihin.

Keskimääräisen kuljetusmatkan muutoksiin liittyen on keskusteltu uusista merikuljetusreiteistä, jotka lyhentäisivät keskimääräistä kuljetusmatkaa joidenkin polttoainekuljetusten osalta. Mahdollisesti tulevaisuudessa enenevästi merikuljetuksille avoinna oleva Koillisväylä tarjoaa lyhyemmän reitin Aasiasta Eurooppaan ja uusia mahdollisuuksia alueen energiavarojen kuljetuksille. Keskimääräisiä kuljetusmatkoja voidaan lyhentää myös kanavia laajentamalla/syventämällä, esimerkiksi Panaman kanavan uudistaminen.

Laivakuljetusten hintaa ohjaavia tekijöitä on luokiteltu lähteessä UNCTAD (2010b), joka tutkii öljyn hinnan vaikutusta rahtihintoihin. Öljyn hinnan ohella **rahdin hintaan vaikuttavia tekijöitä** ovat (UNCTAD 2010b) mukaan:

1. Laivakuljetusten kysyntä (esim. kaupan volyymit)
2. Satamatason muuttujat (esim. satamainfrastruktuurin laatu)
3. Tuotetason muuttujat (esim. arvo/painosuhteet ja tuotteiden hinnat)
4. Toimialatason muuttujat (esim. rahtaajien ja alustoimittajien välisen kilpailun taso)

5. Teknologiatason muuttajat (esim. konttikuljetusten mahdollisuudet, laivojen koko ja skaalaedut)
6. ”Institutionaaliset muuttajat” (lainsäädäntö ja regulaatio)
7. Maakohittaiset muuttajat (esim. vientimarkkinoiden houkuttelevuus).

Tutkimuksen UNCTAD (2010b) mukaan laivakuljetusten kysynnän yhteys rahtihin-toihin on ollut merkittävä vuosina 1996–2008. Öljykaupan määrän 10 prosentin nousu vastaa noin 30 prosentin nousua tankkerien rahtihinnoissa. Öljyn hinnan vaikutuksen suuruus merikuljetusten hintoihin riippuu tarkasteltavasta markkinoiden osa-alueesta ja muista erityispiirteistä. 10 prosentin nousu Brent-raakaöljyn hinnassa vastaa puolestaan noin 2,8 prosentin nousua tankkereiden rahtihinnoissa, joita on tarkasteltu kahdeksan yleisen reitin hintakehityksen vuosilta 1996–2008 valossa. Tutkimuksessa UNCTAD (2010b) käytetyt hintatiedot sisältävät eri kokoluokkien tankkereita.

Skaalaedut, joiden vuoksi aluskoon kasvattaminen on pienentänyt yksikköä kohti laskettuja kuljetuskustannuksia, ovat olleet merkittävä tekijä kustannusten reaalisessa laskussa pitkällä aikavälillä (1950-luvulta 1990-luvulle). Esimerkiksi Yhdysvalloista Japaniin kulkevien hiililaivojen koko on eräällä reitillä lähes 15-kertaistunut 1950-luvulta 2000-luvulle (Stopford 2009). Esimerkiksi LNG-tankkerien keskimääräinen koko on ollut yhä kasvussa. Laivojen koon kasvattamista voivat rajoittaa väylä- ja kanavainfrastruktuuri sekä satamien ja terminaalin ominaisuudet. Lyhyillä reiteillä, joustavasti liikuttaessa ja arvokkaita tuotteita kuljettaessa pienempien laivojen edut pääsevät oikeuksiinsa.

Myös moottoritekniikan, lastinkäsittelylaitteiston ja satamien parantuminen ovat myötävaikuttaneet kuljetusten yksikkökustannusten pienemiseen. Alusten ulosliputtaminen matalamman palkkakustannustason tai verotuksen maihin on sekin osaltaan laskenut yleiskustannusten tasoa (Stopford 2009). Polttoainetta voidaan säästää merkittävästi kulkunopeuksia alentamalla, ja polttoainekustannuksiin voidaan vaikuttaa myös reittioptimoinnilla.

Politiikkatoimenpiteet meriliikenteen ympäristövaikutusten, kuten CO₂-päästöjen sekä rikkipäästöjen vähentämiseksi, voidaan nostaa esiin institutionaaliset muuttajat -luokasta rahdin hintaan vaikuttavista tekijöistä. Kansainvälisen merenkulkujärjestön IMO:n meriympäristön suojelukomitea hyväksyi yksimielisesti 9.10.2008 MARPOL 73/78 -yleissopimuksen uudistetun ilmansuojeluliitteen (VI), jolla rajoitetaan alusliikenteen typenoksidi- ja rikkioksidipäästöjä (Kalli et al. 2009). Laivaliikenteen uusia teknologioita ympäristövaikutusten minimoimiseksi ovat esimerkiksi uudet polttoaineet, tuulivoiman hyväksikäyttö, rikkipesurit jne. Voidaan olettaa, että näistä innovatiivisista ratkaisuista osa tulee tulevaisuudessa yhä enenevästi käyttöön.

Lähdeluettelo

- Askola, H., Lehtinen, J., Nyman, T. 2011. Deliverable: Oil price scenarios and energy efficiency in maritime transport and logistics. SKEMA Coordination Action, "Sustainable Knowledge Platform for the European Maritime and Logistics Industry".
- BP 2011. BP Statistical Review of World Energy 2011. June 2011. <http://www.bp.com/>.
- Bradley, D., Diesenreiter, F., Wild, M., Tromborg, E. 2009. World Biofuel Maritime Shipping Study. For IEA Task 40. <http://www.bioenergytrade.org/downloads/worldbiofuelmaritimeshippingstudyjuly120092df.pdf>.
- Claudepierre, M. 2011. DESIGNING or CONVERTING to LNG Powered Vessels – Technology, Solutions, Construction Rules Martial Claudepierre. Bureau Veritas. LNG as a Ship's Fuel SEMINAR. Green Ship Technology Conference 2011, Oslo, March 23, 2011.
- Cocchi, M. et al. 2011. Global wood pellet industry market and trade study. IEA Bioenergy Task 40: Sustainable International Bioenergy trade. http://www.bioenergytrade.org/downloads/t40-global-wood-pellet-market-study_final.pdf.
- Dieselnet. 2011. International: IMO Marine Engine Regulations. Available online at <http://www.dieselnet.com/standards/inter/imo.php>.
- DNV 2010. Det Norske Veritas (DNV). Greener Shipping in the Baltic Sea. June 2010.
- E4Tech 2010. Biomass prices in the heat and electricity sectors in the UK. For the Department of Energy and Climate Change. http://www.rhincentive.co.uk/library/regulation/100201Biomass_prices.pdf.
- Euracoal 2010. European association for coal and lignite. <http://www.euracoal.org/>.
- FAPRI-ISU 2011. World agricultural outlook. Published by the Food and Agricultural Policy Research Institute with centers at Iowa State University, Ames, and the University of Missouri, Columbia. <http://www.fapri.iastate.edu/outlook/2011/>.
- FAO 2012. Statistics, Food and Agriculture Organization of the United Nations. <http://faostat.fao.org/default.aspx>.

- Heinimö, J., Junginger, M. (2009). Production and trading of biomass for energy – An overview of the global status. *Biomass and Bioenergy*, 33(9), s. 1310–1320.
- IEA 2011. *World Energy Outlook 2011*. International Energy Agency.
- IEA Coal 2011. International Energy Agency (2011), *Coal Information 2011*, OECD Publishing. doi: [10.1787/coal-2011-en](https://doi.org/10.1787/coal-2011-en).
- Intertanko 2011. *Key Tanker Figures. (2011) at a glance*. http://intertanko.com/Global/admin_bookshop/IOTankerfacts2011.pdf.
- IPCC SRREN 2011. Chum, H., Faaij, A., Moreira, J., Berndes, G., Dhamija, P., Dong, H., Gabrielle, B., Goss Eng, A., Lucht, W., Mapako, M., Masera Cerutti, O., McIntyre, T., Minowa, T., Pingoud, K. 2011. *Bioenergy*. In: *IPCC Special Report on Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation*. Edenhofer, O., Pichs-Madruga, R., Sokona, Y., Seyboth, K., Matschoss, P., Kadner, S., Zwickel, T., Eickemeier, P., Hansen, G., Schlomer, S., von Stechow C. (Eds.). Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. http://srren.ipcc-wg3.de/report/IPCC_SRREN_Ch02.pdf.
- Kalli, J., Karvonen, T., Makkonen, T. 2009. *Laivapolttoaineen rikkipitoisuus vuonna 2015. Selvitys IMO:n uusien määräysten vaikutuksesta kuljetuskustannuksiin. Liikenne- ja viestintäministeriön julkaisuja 20/2009*.
- Kavalov, B., Petric, H., Georgakaki, A. 2009. *Liquefied natural gas for Europe – Some important issues for consideration*. JRC Reference Reports, Report EUR 23818 EN. http://ec.europa.eu/dgs/jrc/downloads/jrc_reference_report_200907_liquefied_natural_gas.pdf.
- Karvonen, T., Makkonen, T. 2009. *Aluskustannukset 2009. Merenkululaitoksen julkaisuja 3/2009*. http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf5/mkl_2009-3_aluskustannukset_2009.pdf.
- Kuronen, J., Helminen, R., Lehikoinen, A., Tapaninen, U. 2008. *Maritime transportation in the Gulf of Finland in 2007 and in 2015*. Turun yliopiston merenkulualan koulutus- ja tutkimuskeskuksen julkaisuja A45. http://www.merikotka.fi/julkaisut/Kuronen_Maritime_transportation_2008_v2.pdf.
- Lamers, P., Hamelinck, C., Junginger, M., Faaij, A. 2011. *International bioenergy trade – A review of past developments in the liquid biofuel market*. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 15 (2011), s. 2655– 2676.

- Lamers, P., Junginger, M., Hamelinck, C., Faaij, A. 2012. Developments in international solid biofuel trade – an analysis of volumes, policies, and market factors. Accepted for publication in Renewable & Sustainable Energy Reviews. DOI:10.1016/j.rser.2012.02.027.
- Levander, O. 2008. Reducing local emissions by switching to LNG. Oskar Levander, Wärtsilä Corporation. Motorship Propulsion & Emissions Conference 2008, Gothenburg, May 22, 2008.
- Liikennevirasto 2011. Ulkomaan meriliikennetilasto 2010. Liikenneviraston tilastoja 2/2011. http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf3/lti_2011-02_ulkomaan_meriliikennetilasto_web.pdf.
- Madsen, H.O. 2011. Lessons learned from the Norwegian experience of using LNG as fuel for ships. Henrik O Madsen, DNV. Green Ship Technology Conference 2011, Oslo, March 23, 2011.
- Metsäteollisuus 2012. Metsäteollisuuden tilastopalvelu. <http://www.metsateollisuus.fi/tilastopalvelu2/Sivut/Default.aspx>.
- MVK 2011. Metsätalastollinen vuosikirja 2011. http://www.metla.fi/metinfo/tilasto/julkaisut/vsk/2011/vsk11_05.pdf.
- Nitschke, M. 2009. Challenges in trading solid biofuel. Presentation, EUbionet, Barriers and opportunities for bioenergy trade and increased utilisation, 2. July 2009. DONG Energy Power.
- NYK Line 2012. The website of NYK Line. <http://www.nyk.com/english/ir/financial/shipping/>.
- OECD 2011. Working Party of the Trade Committee: Clarifying Trade Costs in Maritime Transport. TAD/TC/WP(2008)10/FINAL. [http://www.oecd.org/officialdocuments/publicdisplaydocumentpdf/?cote=TAD/TC/WP\(2008\)10/FINAL&docLanguage=En](http://www.oecd.org/officialdocuments/publicdisplaydocumentpdf/?cote=TAD/TC/WP(2008)10/FINAL&docLanguage=En).
- OECD 2012. OECD.StatsExtracts, Maritime Transport Costs. <http://stats.oecd.org/Index.aspx?DataSetCode=MTC>.
- Ruska, M., Koljonen, T., Koreneff, G. 2012. Fossiiliset polttoainevarat ja – markkinat. VTT Technology 28.
- SeaRates 2012. Sea-Rates.com Trade & Freight service. Port to port distances. <http://www.searates.com/reference/portdistance/>.

- Sikkema, R., Junginger, M., Pichler, W., Hayes, S., Faaij, A. 2010. The international logistics of wood pellets for heating and power production in Europe: Costs, energy-input and greenhouse gas balances of pellet consumption in Italy, Sweden and the Netherlands. *Biofuel Bioprod Bioref* 4, s. 132–53.
- Sikkema, R., Steiner, M., Junginger, M., Hiegl, W. 2009. Final report on producers, traders and consumers of wood pellets. Deliverable 4.1/4.2/4.3 for the Pellets@las project December 2009 http://www.pelletsatlas.info/pelletsatlas_docs/showdoc.asp?id=091222195350&type=doc&pdf=true.
- Sikkema, R., Steiner, M., Junginger, M., Hiegl, W., Hansen, M. T., Faaij, A. 2011. The European wood pellet markets: current status and prospects for 2020. *Biofuels, Bioprod. Bioref.* 5, s.250–278.
- Stopford, M. 2009. *Maritime Economics*. 3rd Edition. Routledge, Taylor & Francis Group, London and New York. 815 s.
- SVT 2012. Suomen virallinen tilasto (SVT): Kivihiilen kulutus [verkkojulkaisu]. ISSN 1798-2561. Helsinki: Tilastokeskus [viitattu: 12.4.2012]. Saantitapa: <http://www.stat.fi/til/kivih/index.html>.
- Thakur, N. 2011. LNG shipping economics on the rebound. *Petroleum Economist*, 02 March 2011. <http://www.petroleum-economist.com/Article/2801286/LNG-ship-ping-economics-on-the-rebound.html>.
- Thompson, S. 2009. The New LNG Trading Model Short-term Market Developments and Propsects. Poten & Partners, Inc. <http://www.igu.org/html/wgc2009/papers/docs/wgcFinal00351.pdf>.
- UNCTAD 2010a. Review of Maritime Transport 2010. United Nations Conference on Trade and Development. http://www.unctad.org/en/docs/rmt2010_en.pdf.
- UNCTAD 2010b. Oil prices and maritime freight rates: An empirical investigation. Technical report by the UNCTAD secretariat. UNCTAD/DTL/TLB/2009/2. United Nations Conference on Trade and Development. http://www.unctad.org/en/docs/dtltlb20092_en.pdf.
- UNCTAD 2011. Review of Maritime Transport 2011. Review of Maritime Transport 2011. United Nations Conference on Trade and Development. http://www.unctad.org/en/docs/rmt2011_en.pdf.

VDKI 2011. Verein Der Kohlenimporteure, Annual Report 2011. Facts and Trends 2010/2011. The German Coal Importer Association, Hamburg.
<http://www.verein-kohlenimporteure.de/>.

VTT 2009. Energy Visions 2050. VTT/Edita. WS Bookwell Oy, Porvoo. 380 s.

Nimeke	Energiahäyödykkeiden merikuljetukset
Tekijä(t)	Lassi Similä
Tiivistelmä	<p>Julkaisu sisältää SALKKU-hankkeessa tehdyn kirjallisuuskatsauksen, joka käsittelee energiahäyödykkeiden merikuljetuksia. Raportissa jäsennetään merikuljetusmarkkinoiden ominaisuuksia osana energijärjestelmiä ja kartoitetaan tietoa niiden tulevaisuuden kehityksen arvioimiseksi.</p> <p>Merikuljetusten kokonaismäärä maailmassa vuonna 2010 oli 8 408 miljoonaa tonnia (Mt). Energiahäyödykkeiden merikuljetuksista suurimmat luokat muodostivat öljyn kuljetukset (2 752 Mt) ja hiilen kuljetukset (904 Mt). Öljyn kuljetukset koostuivat raakaöljyn kuljetuksista (1 800 Mt) ja öljytuotteiden (esimerkiksi bensiini, diesel) kuljetuksista (968 Mt). Nesteytetyn maakaasun (LNG:n) kuljetusten määrä (tuonnin yhteismäärä maailmassa) vuonna 2010 oli 220 Mt (298 bcm). Karkeasti nämä energiahäyödykkeet muodostavat vajaa puolet kansainvälisten laivakuljetusten kokonaismassasta. Bioenergiahäyödykkeiden merikuljetusmäärät ovat toistaiseksi pieniä verrattuna ”perinteisiin” fossiilisiin polttoaineisiin, raakaöljyyn ja öljyalosteisiin, kivihiileen ja LNG:hen. Esimerkiksi pellettien tuonti EU:n alueelle vuonna 2010 oli noin 2,5 Mt, josta Kanadasta 0,93 Mt ja Yhdysvalloista 0,74 Mt.</p> <p>Katsauksen mukaan energiahäyödykkeiden merikuljetuksissa käytettävien alusten koot vaihtelevat muutamien tuhansien tonnien lyhyen matkan pellettikuljetuksista (esimerkiksi Baltiasta Pohjois-Eurooppaan useiden satojen tuhansien tonnien pitkän matkan raakaöljytankkereihin). Suuremmat alukset operoivat yleensä pidemmällä matkoilla ja pienemmät lyhyemmällä. Raakaöljy ja öljyalosteet kuljetetaan raakaöljy- ja tuotetankkereilla (crude oil tankers, product tankers). Hiili ja kiinteät biomassat kuljetetaan puolestaan irtolastialuksilla (bulk carriers), etanolia ja biodieseliä kuljetetaan kemikaalitalankkereissa (chemical tankers). LNG:n kuljettaminen vaatii omanlaisiaan erikoisaluksia (LNG carriers).</p> <p>Energiahäyödykkeiden merikuljetuksista yhä suurempi osa on siirtynyt lyhyen aikavälin markkinoille. Merikuljetusten hintakehityksessä on tyypillisesti nähtävissä syklejä, joissa havaitaan rahtihintojen nopean nousun, huipun ja nopean romahduksen vaiheet. Skaalaadut, joiden vuoksi aluskoon kasvattaminen on pienentänyt yksikköä kohti laskettuja kuljetuskustannuksia, ovat olleet merkittävä tekijä merikuljetusten kustannusten kehittämisessä pitkällä aikavälillä. Esimerkiksi Yhdysvalloista Japaniin kulkevien hiililaivojen koko on erällä reitillä jopa 15-kertaistunut 1950-luvulta 2000-luvulle.</p> <p>2000-luvun yleisessä merikuljetusten hintakehityksessä vuosien 2003–2008 väliillä tapahtui voimakkaita nousuja, jolloin useat hintoja kuvaavat indeksit nousivat kaikkien aikojen ennätysiin. 2000-luvun hintakehitykseen on merkittävästi vaikuttanut kuljetusten kysyntä, johon on vaikuttanut maailmantalouden kehitys. Poliitiikkatoimenpiteet meriliikenteen ympäristövaikutusten, kuten CO₂-päästöjen sekä rikkipäästöjen, vähentämiseksi ovat merkittävää lähitulevaisuudessa rahdin hintaan vaikuttavia tekijöitä.</p> <p>Katsauksessa on jäsennetty energiahäyödykkeiden merikuljetusten tulevaisuuden kehitystä selvittämällä laivakuljetusten kysynnän kehitystä ja hintaa ohjaavia tekijöitä. Merikuljetusten kysyntää ohjaavia tekijöitä ovat maailmantalous, meritse tapahtuva tavarakauppa, keskimääräinen kuljetusmatka, satunnaishokit ja kuljetuskustannukset. Katsauksessa kiinnitetään runsaasti huomiota eri energiahäyödykkeiden kuljetuskuljetuskustannuksiin ja niiden rakenteisiin. Tyypillisesti öljyllä on energiahäyödykkeistä pienin kuljetuskustannus suhteessa tuotteen arvoon. Kuljetuskustannukset ovat usein maksimissaan 10 %:n luokkaa. Suhteessa suurimmat kuljetuskustannukset ovat pellettien, hakkeen, hiilen ja LNG:n merikuljetuksilla. Katsauksessa löydettiin esimerkkejä, joissa hiilen ja pellettien kuljetuskustannukset olivat kokonaistoimituskustannuksista 45 %:n luokkaa. LNG-kuljetuksissa kuljetuskustannusten osuus on ollut tyypillisesti 10–30 %. Sekä rahdin että polttoaineiden hinnat ovat vaihdelleet voimakkaasti, ja muun muassa matka ja kuljetuksen nopeus vaikuttavat yksittäisten kuljetusten kustannuksiin ja hintoihin.</p>
ISBN, ISSN	ISBN 978-951-38-7835-1 (URL: http://www.vtt.fi/publications/index.jsp) ISSN 2242-122X (URL: http://www.vtt.fi/publications/index.jsp)
Julkaisu aika	Toukokuu 2012
Kieli	Suomi
Sivumäärä	68 s.
Projektin nimi	Suomalainen tulevaisuuden energialiiketoiminta – skenaariot ja strategiat (SALKKU)
Toimeksiantajat	TeKes, Gasum Oy, Metso Power Oy, Teknologiateollisuus ry, Helsingin Energia
Avainsanat	Shipping, energy, freight markets, transportation costs, oil, LNG, coal, bioenergy
Julkaisija	VTT PL 1000, 02044 VTT, Puh. 020 722 111

Energiahäydykkeitiden merikuljetukset

SALKKU-hankkeessa (Suomalainen tulevaisuuden energialiiketoiminta – skenaariot ja strategiat) on tutkittu suomalaiseen energialiiketoimintaan vaikuttavien tekijöiden tulevaisuusnäkyviä. Hankkeessa tutkittiin ilmastonmuutoksen hillinnän vaikutuksia tulevaisuuden energiajärjestelmiin skenaariotarkasteluin, fossiilisia polttoainevaroja, niiden markkinoiden kehittymistä ja esimerkkivaikutuksia sähkömarkkinoihin. Lisäksi tutkittiin peltobioenergian hyödyntämispotentiaalia ja eri polttoaineiden merikuljetusten näkyviä. Hanke toteutettiin VTT:n ja Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskuksen (MTT) yhteishankkeena. Peltobioenergiaa koskevat tutkimustulokset on julkaistu MTT:n raporttisarjassa.

SALKKU-hankkeen tulokset esitellään erillisissä raporteissa. Yhtenä tutkimuskohteena oli polttoaineiden merikuljetukset, jossa tutkittiin öljyn, maakaasun, hiilen ja biopolttoaineiden sekä biomassojen merikuljetuksia. Tutkimustulokset esitellään Energiahäydykkeitiden merikuljetukset -julkaisussa (tämä).

SALKKU-hankkeen julkaisuja VTT Technology -sarjassa:

- 22 Similä, Lassi. Energiahäydykkeitiden merikuljetukset. 2012.
- 25 Koljonen, Tiina, Koreneff, Göran, Similä, Lassi, Forsström, Juha, Ekholm, Tommi, Lehtilä, Antti, Ruska, Maija, Pahkala, Katri, Hakala, Kaija, Lötjönen, Timo, Niemeläinen, Oiva, Rintamäki, Heidi, & Aro-Heinilä, Esa. Suomalainen tulevaisuuden energialiiketoiminta – skenaariot ja strategiat. SALKKU-hankkeen yhteenvetoraportti. 2012.
- 28 Ruska, Maija, Koljonen, Tiina, Koreneff, Göran & Lehtilä, Antti. Fossiiliset polttoainevarat ja -markkinat. 2012.
- 29 Forsström, Juha. Kenen kaasua poltat, Eurooppa? 2012.