



Liikenne- ja
viestintäministeriö

Tulevaisuuden käyttövoimat liikenteessä

Työryhmän loppuraportti

Liikenne- ja viestintäministeriön

visio

Hyvinvointia ja kilpailukykyä hyvillä yhteyksillä

toiminta-ajatus

Liikenne- ja viestintäministeriö edistää väestön hyvinvointia ja elinkeinoelämän kilpailukykyä. Huolehdimme toimivista, turvallisista ja edullisista yhteyksistä.

arvot

Rohkeus

Oikeudenmukaisuus

Yhteistyö



Julkaisun päivämäärä
8.5.2013

Julkaisun nimi

Tulevaisuuden käyttövoimat liikenteessä. Työryhmän loppuraportti

Tekijät

Tulevaisuuden käyttövoimat liikenteessä –työryhmä; työryhmän sihteereinä ovat toimineet yli-insinööri Maria Rautavirta ja neuvotteleva virkamies Saara Jääskeläinen.

Toimeksiantaja ja asettamispäivämäärä

Liikenneministeri Merja Kyllönen, 17.1.2012

Julkaisusarjan nimi ja numero

Liikenne- ja viestintäministeriön
julkaisu 15/2013

ISSN (verkkojulkaisu) 1798-4045
ISBN (verkkojulkaisu) 978-952-243-342-8
URN <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-243-342-8>
HARE-numero LVM099:00/2011
Asianumero LVM/1794/05/2011

Asiasanat

vaihtoehtoiset polttoaineet, käyttövoimat, biopolttoaineet, liikenne

Yhteyshenkilö

Maria Rautavirta p. 0295 34 2564

Tiivistelmä

Liikenneministeri Merja Kyllösen 17.1.2012 asettaman Tulevaisuuden käyttövoimat liikenteessä -työryhmän tuli toimeksiannon mukaisesti määritellä nykyisten liikennevälineiden ja niiden ennustetun uusiutumismäärän pohjalta, millaiset käyttövoimat ovat eri liikennemuotojen osalta mahdollisia tulevaisuuden Suomessa, kuinka laajassa mittakaavassa ja millaisin aikatauluin, sekä suositella toimenpiteitä.

Työryhmä esittää, että vuoden 2050 tavoitetilassa henkilöautoliikenne, raideliikenne sekä veneily ovat lähes täysin riippumattomia öljystä. Raskaassa liikenteessä nestemäisten ja kaasumaisten biopolttoaineiden osuus vuonna 2050 olisi vähintään 70 %. Sähkön osuuden kaupunkien bussi- ja jakeluliikenteessä tulisi olla samaa luokkaa. Ilmailussa biokerosiinilla korvattaisiin 40 % polttoainetarpeesta ja merenkulussa kestäväillä vaihtoehtoisilla polttoaineilla olisi tuettu hiilidioksidipäästöjen vähentämistä 40-50%. Lentokenttien ja satamien terminaaliliikenne olisi lähes täysin päästötöntä jo vuonna 2030.

Henkilöautoilua koskevan tavoitetilan saavuttamiseksi työryhmä esittää välitavoitteena, että kaikki uudet rekisteröitävät henkilöautot vuonna 2030 olisivat vaihtoehtoisten polttoaineiden käyttöön soveltuvia. Lisäksi energiatehokkuuden tulee parantua lähes puoleen vuoden 2013 tasosta. Merenkulussa LNG-toimenpideohjelmia tulee toteuttaa jo vuoteen 2020 mennessä.

Työryhmä esittää myös suosituksia 2020 mennessä toteutettavista toimenpiteistä sekä toteutumisen seurantaa tukevia mittareita.



Publiceringsdatum
8.5.2013

Publikation

Framtidens drivkrafter i trafiken. Arbetsgruppens slutrapport

Författare

Arbetsgruppen Framtidens drivkrafter i trafiken. Sekreterare: Maria Rautavirta, överingenjör, och Saara Jääskeläinen, konsultativ tjänsteman

Tillsatt av och datum

Trafikminister Merja Kyllönen, 17.1.2012

Publikationsseriens namn och nummer

Kommunikationsministeriets
publikationer 15/2013

ISSN (webbpublikation) 1798-4045
ISBN (webbpublikation) 978-952-243-342-8
URN <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-243-342-8>
HARE-nummer LVM099:00/2011
Ärendenummer LVM/1794/05/2011

Ämnesord

alternativa bränslen, drivkraft, biobränslen, trafik

Kontaktperson

Maria Rautavirta p. 0295 34 2564

Sammandrag

Framtidens drivkrafter i trafiken är en arbetsgrupp som trafikminister Merja Kyllönen tillsatte den 17 januari 2012. Arbetsgruppen fick i uppdrag att utifrån den nuvarande fordonsparken och dess förväntade förnyelsetakt undersöka vilka drivkrafter som är möjliga för de olika trafikformerna i Finland i framtiden, i vilken utsträckning och enligt vilken tidsplan de kan tas i bruk. Dessutom hade arbetsgruppen i uppgift att rekommendera lämpliga åtgärder.

Det strategiska målet för år 2050 är att personbilstrafiken, spårtrafiken och båttrafiken ska vara så gott som oberoende av olja. År 2050 ska flytande och gasformiga biobränslen stå för minst 70 % av bränslena i den tunga trafiken. Vid samma tidpunkt ska minst 70 % av bussar och utdelningsfordon i stadstrafik vara eldrivna. Inom luftfarten ska biokerosin täcka 40 % av bränslebehovet och inom sjöfarten ska hållbara alternativa bränslen främjas så att man når en minskning av koldioxidutsläppen med 40–50 %. Trafiken till flygstationer och hamn-terminaler är enligt målbilden i det närmaste utsläppsfri redan år 2030.

För att nå den önskade positionen för personbilar föreslår arbetsgruppen som halvtidsmål att alla personbilar som registreras år 2030 ska gå att driva med alternativa bränslen. Dessutom bör energieffektiviteten förbättras till hälften av nivån år 2013. Inom sjöfarten ska LNG-åtgärdsprogrammet genomföras redan före år 2020.

Arbetsgruppen lägger också fram rekommendationer till åtgärder som bör genomföras före år 2020 för att nå målen och mätare för att följa upp hur åtgärderna genomförs.



Date
8 May 2013

Title of publication

Alternative propulsion for the transport of the future – Final report by working group

Author(s)

Working group on alternative propulsion. Secretaries: Ms Maria Rautavirta, Senior Engineer and Ms Saara Jääskeläinen, Ministerial Adviser

Commissioned by, date

Minister of Transport Merja Kyllönen, 17 January 2012

Publication series and number

Publications of the Ministry of
Transport and Communications
15/2013

ISSN (online) 1798-4045
ISBN (online) 978-952-243-342-8
URN <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-243-342-8>
Reference number LVM/1794/05/2011

Keywords

alternative fuels, propulsion, biofuels, transport

Contact person

Ms Maria Rautavirta p. 0295 34 2564

Abstract

On 17 January 2012 Minister of Transport Merja Kyllönen appointed a working group to explore alternative propulsion systems for the transport of the future. The task of the group was to examine – on the basis of the current modes of transport and their expected renewal rate – what forms of propulsion would be possible in Finland in the future, to what extent they could be used, and on what timetable they could be adopted. In addition, the working group was to issue recommendations on what measures should be taken.

The group's vision is that passenger car traffic, rail transport and boating will be almost entirely independent of oil in 2050. Liquid and gaseous biofuels should cover at least 70 per cent of the fuels used in heavy-goods transport by 2050, and electricity should have an equally large share in bus and delivery transport in urban areas. In aviation, biokerosine would replace 40 per cent of the current fuels and in shipping, the use of sustainable alternative fuels would contribute to the reduction of greenhouse gas emissions by 40-50 per cent. Transport in airport and port terminals would be nearly emission-free as early as 2030.

To achieve the goal for private motoring, the working group proposes that an interim target be set whereby all new private cars registered in 2030 should be capable of using alternative fuels. In addition, energy-efficiency needs to improve by nearly 50 per cent from the 2013 level. As far as maritime transport is concerned, the LNG Action Plan must be implemented by as early as 2020.

On the basis of its study, the working group puts forward recommendations for measures to be implemented by 2020 and indicators for monitoring the implementation.

Liikenne- ja viestintäministeriölle

Liikenneministeri Merja Kyllönen asetti 17.1.2012 työryhmän, jonka tuli määritellä nykyisten liikennevälineiden ja niiden ennustetun uusiutumismisvauhdin pohjalta, millaiset käyttövoimat ovat eri liikennemuotojen osalta mahdollisia tulevaisuuden Suomessa, kuinka laajassa mittakaavassa ja millaisin aikatauluin. Lisäksi työryhmän tuli yleisellä tasolla suositella toimenpiteitä, joihin Suomessa tulisi ryhtyä haluttujen käyttövoimien käyttöön saamiseksi, mahdolliset vastuut ja aikataulut toimenpiteiden toteuttamiseksi. Työryhmän määräajaksi asetettiin alun perin 31.12.2012, mutta määräaika jatkettiin 30.4.2013 asti, jotta komission uudet säädös- ja toimintalinjaukset EU:sta oli mahdollista ottaa huomioon työryhmän työssä.

Työryhmän puheenjohtajana toimi hallitusneuvos, yksikön päällikkö Silja Ruokola liikenne- ja viestintäministeriöstä ja jäsenenä seuraavien organisaatioiden edustajat:

Autoliitto Martti Merilinna ja Jukka Tolvanen (vj), Autotuoajat ry Tero Kallio ja Sami Peuranen (vj), Eduskunta Oras Tynkkynen, Energiateollisuus ry Petteri Haveri ja Kenneth Hänninen (vj), Finavia Oyj Åke Lindström ja Johanna Kara (vj), Finnair Oyj Kati Ihamäki ja Arja Suominen (vj), Liikennevirasto Lauri Ali-Mattila, Liikenteen turvallisuusvirasto Björn Ziessler ja Katja Lohko-Soner, Linja-autoliitto Mikko Saavola ja Esa Mannisenmäki (vj), Metsäteollisuus ry Outi Nietola ja Jouni Punnonen (vj), SKAL ry Sakari Backlund ja Jari Harju (vj), Suomen biokaasuyhdistys Ari Lampinen, Suomen kaasuyhdistys Hannu Kauppinen ja Jyrki Pohjolainen (vj), Suomen luonnonsuojeluliitto SLL Hanna Hakko, Suomen Varustamot Eija Kanto ja Olof Widén (vj), Suomen Taksiliitto Nina Nizovsky ja Ville Jaakola (vj), työ- ja elinkeinoministeriö Jukka Saarinen ja Markku Kinnunen (vj), valtiovarainministeriö Leo Parkkonen ja Hanne-Riikka Nalli (vj), ympäristöministeriö Kaisa Mäkelä sekä Öljyalan keskusliitto Helena Vänskä ja Pekka Huttula (vj). Ari Lampisen eriyvä mielipide on raportin liitteenä.

Työryhmän sihteereinä toimivat Maria Rautavirta ja Saara Jääskeläinen liikenne- ja viestintäministeriöstä. Työryhmäraportin laadinnassa avustivat lisäksi asiantuntijoina Nils-Olof Nylund, Juhani Laurikko, Päivi Aakko-Saksa ja Kari Mäkelä VTT:ltä. Asiantuntijoina työryhmän työhön osallistuivat työryhmän jäsenten lisäksi Martti Korkiakoski ja Teija Lahti-Nuuttila Tekesistä, Raimo Karhu ja Heikki Karsimus Teknologiateollisuus ry:stä, Mika PA Anttonen ja Jari Suominen St 1 Oy:stä, Anita Mäkinen Liikenteen turvallisuusvirastosta sekä Jussi Mälkiä Meri Aura Groupista. Ari Lampinen toimitti työryhmän käyttöön lisäksi laatimansa erillisselvityksen metaanin käytöstä liikenteen polttoaineena.

Työryhmälle tuotettiin myös erilliset selvitykset meri- ja ilmaliikenteen polttoaineiden osalta, josta työstä vastasivat Lolan Eriksson ja Anna Sotaniemi liikenne- ja viestintäministeriöstä. Selvityksissä avustivat ilmailun osalta Kati Ihamäki Finnairista, Mikko Viinikainen Finaviasta sekä Joonas Laukia, Matti Tupamäki ja Erkki Soinne Trafista. Merenkulun raportin laatimiseen osallistuivat Maija Pietarinen ympäristöministeriöstä, Anita Mäkinen, Jorma Kämäräinen ja Sten Sundberg Liikenteen turvallisuusvirastosta, Jarkko Toivola Liikennevirastosta, Eija Kanto Suomen Varustamot ry:stä, Jussi Mälkiä Meriaurasta, Kirsti Tarnanen-Sariola Suomen Satamaliitosta, Aino Rantanen Helsingin satamasta, Markku Alahäme Turun satamasta, Päivi Aakko-Saksa VTT:ltä, Varpu Markkanen Neste Oil Oyj:stä, Veli-Heikki Niiranen Gasum Oy:stä ja Tomas Aminoff Wärtsilä Oyj:stä. Merenkulun raportin liitteenä laadittiin lisäksi erillinen LNG-toimintaohjelma, josta järjestettiin oma lausuntokierroksensa työn aikana.

Työryhmä katsoo, että ilmastonmuutoksen hillitseminen edellyttää liikenteen CO₂-päästöjen radikaalia vähentämistä, johon päästään luopumalla kotimaan liikenteessä fossiilisesta polttoaineista vaiheittain lähes kokonaan vuoteen 2050 mennessä. Liikenteen

vaihtoehtoisilla käyttövoimilla ja kestävästi tuotetuilla uusiutuvilla polttoaineilla luodaan pohjaa koko yhteiskunnan kestäväälle kasvulle ja hyvinvoinnille. Motiivina kunnianhimoiselle vaihtoehtoisten polttoaineiden tiekartalle nähdään päästöjen pienenemisestä aiheutuvat suorat taloudelliset ja yhteiskunnalliset hyödyt, vaikutukset vaihtotaseeseen, vihreän talouden mahdollisuudet sekä hajautetun polttoainetuotannon vaikutukset aluetasolla.

Työryhmä katsoo, että eri liikennemuotojen käyttötarpeet tulee priorisoida vaihtoehtoisten polttoaineiden ja käyttövoimien teknisten rajoitteiden, saatavuuden ja vaikuttavuuden pohjalta. Priorisointi tulee tehdä siten, että hierarkiassa korkeimmalla ovat ne liikennemuodot, joissa kestävien vaihtoehtojen saatavuus on teknisesti tai laadullisesti tarkastellen niukinta. Näissä liikennemuodoissa fossiilisia polttoaineita voidaan korvata vain osittain. Hierarkian alapäähän jäävissä liikennemuodoissa vaihtoehtoja fossiilisen polttoaineiden korvaamiseksi on enemmän ja niiden tekninen käytettävyys ja hinta eivät muodosta estettä laajallekaan korvaamiselle. Hierarkian alapäässä on saavutettavissa myös suurimmat vaikutukset raportoitavien ilmastopäästöjen osalta.

Vaihtoehtoisten polttoaineiden laajamittainen käyttöönotto on erittäin riippuvainen EU:n valitsemista toimintalinjoista koskien erityisesti energiantuotannon säännöksiä ja rajoituksia, hankerahoitusta sekä liikennevälineiden ja polttoaineiden standardisointia. EU-vaikuttamisen tulee olla aktiivista ja mahdollistaa uusien käyttövoimien tiekartan toteuttamisen kansallisesti perustelluista lähtökohdista. Vahva EU:n tahtotila myös edistää maailmanlaajuisten toimien aikaan saamista erityisesti ilmailun ja merenkulun päästöjen vähentämiseksi alueiden kilpailukykyä heikentämättä. Ajoneuvojen ja liikennevälineiden yhteensopivuus käytettävissä olevien parhaiden polttoaineiden kanssa tulee varmistaa ajoissa.

Päästöjen vähentymisestä huolimatta liikenteen energiankulutuksen kasvu ei ole toistaiseksi pysähtynyt. Huomiota tulee työryhmän mielestä kiinnittää jatkossa sekä energiatehokkuuden parantamiseen että sellaisten uusiutuvien polttoaineiden käytön edistämiseen, joilla aikaansaadaan parhaat päästöjä vähentävät vaikutukset. Työryhmä arvioi, että jalostamokapasiteetti ei muodostu esteeksi uusien polttoaineiden voimakkaallekaan lisäämiselle. Huomiota tulee kuitenkin riittävästi kiinnittää raaka-ainepohjan kestävyteen ja kuljetusmatkoihin. Jalostamoinvestoinnit edellyttävät alkuvaiheessa riittävää tukea niin käytettävissä olevien rahoitusmekanismien kuin ennustettavan ja vakaan säädösympäristön muodossa.

Työryhmä katsoo, että 2. sukupolven biopolttoaineiden osuuden sekä päästöttömän sähkön käytön lisääminen tukee liikenteen ilmastopäästöjen vähentämistä ja ottaa huomioon pitkällä tähtäimellä parhaiden teknologioiden ja polttoainevaihtoehtojen koko elinkaarelle kohdistuvat vaikutukset. Näille vaihtoehdoille tulee varata ensisijainen asema ohjaustoimenpiteistä päätettäessä. Paras vaikuttavuus ja kustannustehokkuus toimenpiteillä saadaan, kun riittävää huomiota kiinnitetään biopolttoaineiden raaka-ainepohjan kestävyteen ja sen jatkuvaan parantamiseen. Kotimaiseen tuotantoon liittyviä mahdollisia lisähyötyjä ovat vaikutukset elinkeinojen mahdollisuuksiin, työllisyyden kehitykseen, huoltovarmuuteen ja vaihtotaseeseen.

Jotta yhdessä muiden toimenpiteiden kanssa olisi mahdollista varmistaa liikenteen CO₂-päästöjen 80 %:n vähennystavoitteen saavuttaminen, työryhmä on arvioinut tarvittavia tavoitetasoja, joilla fossiilisen polttoaineen perusskenaarion mukaista ennustettua käyttöä vuoteen 2050 tulisi korvata kestävillä biopolttoaineilla eri liikennemuodoissa:

- Kevyt tieliikenne ja ilmaliikenne 40 %. Lisäksi henkilöautoliikenteessä sähkökäytön tulisi vastata vähintään 30 %:a nykyistä vastaavasta liikennesuoritteesta ja energiatehokkuuden paranemisen kattaa loppuosa henkilöautoilun ennustetusta energiantarpeesta.

- Raskas tieliikenne ja junien dieselveto 70 %.
- Merenkulussa tavoitteena on 40 %:n kasvihuonekaasupäästöjen vähennys, josta merkittävän osan yhdessä energiatehokkuuden parantamisen kanssa muodostaa siirtyminen nesteytetyn metaanin käyttöön.
- Henkilöautoilun lisäksi satamien ja lentokenttien terminaaliliikenne, sekä veneily- ja raideliikenne olisivat sähkökäytön ansiosta lähes päästötöntä.

Työryhmä luovuttaa ehdotuksensa tavoitetilaksi liikenteen uusien käyttövoimien osalta vuonna 2050 ja toimenpidesuosituksensa vuoteen 2020, sekä työryhmän työssään laatiman tausta-aineiston kunnioittaen liikenne- ja viestintäministeriölle.

Helsingissä 8. päivänä toukokuuta 2013

Silja Ruokola
Puheenjohtaja

Jäsenet:

Martti Merilinna
Tero Kallio
Oras Tynkkynen
Petteri Haveri
Åke Lindström
Kati Ihamäki
Lauri Ali-Mattila
Björn Ziessler
Mikko Saavola
Outi Nietola

Sakari Backlund
Hannu Kauppinen
Hanna Hakko
Eija Kanto
Nina Nizovsky
Jukka Saarinen
Leo Parkkonen
Kaisa Mäkelä
Helena Vänskä

Asiantuntijat:

Nils-Olof Nylund
Päivi Aakko-Saksa
Kari Mäkelä
Juhani Laurikko
Martti Korkiakoski
Teija Lahti-Nuutila

Raimo Karhu
Heikki Karsimus
Mika PA Anttonen
Jari Suominen
Anita Mäkinen
Jussi Mälkiä

Sihteerit:

Maria Rautavirta
Saara Jääskeläinen

Anna Sotaniemi
Lolan Eriksson

Luovutuskirjeen liitteet:

Tavoitteet ja toimenpidesuositukset
Taustaraportti liitteineen
Eriävä mielipide

Tavoitteet ja toimenpidesuosituks

"Tulevaisuuden käyttövoimat liikenteessä" –työryhmän tavoitteet vuoteen 2050:

1. Raideliikennesuorite tuotetaan vuonna 2050 lähes sataprosenttisesti sähköllä.
2. Henkilöautoliikenne on vuonna 2050 lähes täysin päästötöntä.
 - a. Vuonna 2020 rekisteröidyt henkilöautot ovat vähäpäästöisiä (alle 95g/km¹) tai vaihtoehtoisten polttoaineiden tai vaihtoehtoisten käyttövoimien käyttöön soveltuvia.
 - b. Kaikki vuonna 2030 rekisteröidyt henkilöautot ovat vaihtoehtoisten polttoaineiden tai vaihtoehtoisten käyttövoimien käyttöön soveltuvia.
3. Lentokenttien ja satamien terminaaliliikenne on vuonna 2030 lähes täysin päästötöntä
4. Veneilyliikenne on vuonna 2050 lähes täysin päästötöntä.
5. Yhdessä biopolttoaineiden käytön ja muiden toimenpiteiden kanssa merenkulun khk-päästöt vähenevät EU-tavoitteen mukaisesti 40 % vuoteen 2050 mennessä erillisen LNG-toimenpideohjelman tuella ja energiatehokkuutta parantamalla.
6. Lentoliikenteessä biokerosiinin osuus vuonna 2050 vastaa EU:n tavoitetta ja on vähintään 40 prosenttia.
7. Raskaassa liikenteessä biopolttoaineiden osuus vuonna 2050 on vähintään 70 %. Sähkön osuus kaupunkien bussi- ja jakeluliikenteessä on samaa luokkaa.
8. Vuonna 2050 käytettävistä biopolttoaineista suurin osa on joko nestemäistä 2. sukupolven biopolttoainetta tai biokaasua. Käytössä olevien biopolttoaineiden todennettu päästövähennys on vuonna 2030 vähintään 60%. Liikenteessä käytettävää sähkön kulutuksen kasvua vastaava osuus sähköntuotannosta on päästötöntä.
9. Suomessa on 2020 EU:n velvoitteiden mukainen vaihtoehtoisten käyttövoimien jakeluinfrastruktuuri.
10. Suomessa on kestävästi tuotetun biopolttoaineen tuotantokapasiteettia, joka määrältään vastaa kotimaista tarvetta.

Työryhmä suosittaa, että tiekartan toteutumista seurataan ja toimenpiteiden tavoitetasoa nostetaan, jos haluttua muutosta ei näytetä saavutettavan. Vuoteen 2020 seuraavia toimenpiteitä pidetään keskeisinä vuotta 2030 koskevien välitavoitteiden saavuttamiseksi:

Biopolttoaineiden ja energian tuotanto ja jakelu

- EU-tasolla pyritään vaikuttamaan siihen, että toisen sukupolven biopolttoaineiden käyttöönottoa kannustetaan tehokkaasti, niin että ne eivät vaaranna kansallisten ilmastotavoitteiden saavuttamista (YM, TEM)
- Liikenteen taloudellisessa ohjauksessa huolehditaan ympäristö- ja ilmastotekijöiden huomioon ottamisesta nykyisiä periaatteellisia linjauksia vastaavalla tavalla. Pääpaino tulee asettaa liikkumisen ohjaamisessa ympäristön kannalta kestävimpiin muotoihin ja polttoaineisiin työryhmän vahvistaman tarvehierarkian mukaisesti. (LVM, VM)
- Tuetaan innovaatiokeskittymien syntyä alueilla, joissa on resursseja ja osaamista biopolttoaineiden osalta. (TEM)
- Kehitetään pitkäjänteiseen tutkimukseen ja uudelleenlaiseen yhteistyöhön soveltuvia rahoitusinstrumentteja, joiden tavoitteena on osaamisen ja tuotannollisen infrastruktuurin varmistaminen seuraavan sukupolven biopolttoaineiden kapasiteetin varmistamiseksi.

¹ Tavoitetasossa tulisi soveltaa EU:n uusille henkilöautoille esittämän keskimääräisen raja-arvon määrittelyä siten kuin neuvosto ja parlamentti päättävät komission asetuksen (EY) N:o 443/2009 muuttamisesta antaman esityksen (COM(2012) 393) pohjalta

- Käytettävissä olevia tukia tulisi kohdentaa myös 2. sukupolven biopolttoaineiden osuutta kasvattavien sekä päästötöntä sähköä hyödyntävien liikennevälineiden demonstraatioihin. (TEM, LVM)
- Selvitetään, mitä hyötyjä ja mitä haittoja olisi siitä, jos kaasualalle säädettäisiin samanlainen jakelovelvoitelaki kuin nestemäisten biopolttoaineiden jakelijoilla on. (TEM)
- Huolehditaan yleisten energiapolitiikan ohjauskeinojen ja verotuksen yhdenmukaisuudesta liikenteen vähähiilisyyden varmistamiseksi. (TEM, VM)
- Laaditaan suunnitelma vaihtoehtoisten käyttövoimien jakeluinfrastruktuurin laajuudesta riittävän kattavuuden aikaansaamiseksi kustannustehokkaasti ja varmistetaan toteutus siltä osin kuin sitä ei voida toteuttaa markkinavetoisesti. (LVM, Liikennevirasto, satamat, operaattorit)
- Huolehditaan uusien käyttövoimien infrastruktuurissa myös kytkentä älykkäisiin järjestelmiin erityisesti sähkön jakelussa, mutta myös palvelujen osalta. Pyritään erilaisten uusien käyttöönotettavien polttoaineiden jakelun osalta saamaan aikaiseksi yhteensopivat veloitus- ja maksukäytännöt. (Palveluntuottajat)
- Huomioidaan uudet käyttövoimat julkisen sektorin omassa toiminnassa valmisteilla olevan valtioneuvoston julkisten hankintojen ympäristövaikutuksia koskevan periaatepäätöksen mukaisesti. Laaditaan suositukset ja aikataulut uusien käyttövoimien yleistymiseksi ajoneuvo- ja alushankinnoissa.

Raideliikenne

- Jatketaan ratojen sähköistämistä ja tutkitaan mahdollisuudet edistää sähköistettäväksi suunniteltujen raideosien hankkeiden aikaistamista. (Liikennevirasto)

Lentoliikenne

- Perustetaan valtionhallinnon ja elinkeinon yhdysverkko, jonka tehtävänä on seurata aktiivisesti kansallista ja kansainvälistä työtä biokerosiinien käyttöönoton edistämiseksi ja tehdä toimenpiteitä koskevia aloitteita. (liikenne- ja viestintäministeriö)
- Vaikutetaan kestävästi tuotetun biokerosiinien tuotannon ja käyttöönoton edistämiseen EU:n tutkimusohjelmissa. (Ministeriöiden ja viranomaisten edustajat)
- Toimitaan aktiivisesti kansainvälisellä tasolla (ICAO, EU ja ECAC) biokerosiinien käyttöönoton edistämiseksi ja maailmanlaajuisten kestävyyskriteerien hyväksymiseksi. (ministeriöt ja viranomaisten edustajat)
- Edistetään suomalaisen osaamisen ja kestävästi tuotetun biokerosiinien tunnettavuutta sekä sen käytön leviämistä Pohjoismaihin ja maailmalle. Tuetaan lentoyhtiöiden yhteistyötä biokerosiinien käytön edistämiseksi sekä Helsinki-Vantaan lentoaseman kehittämistä "bio-hubiksi".
- Selvitetään mahdollisuutta käyttää ja ohjata lentoliikenteen päästökaupan huutokauppatuloja lentoliikenteen päästöjen vähentämiseksi sekä kehittää konsepti, joka kilpailunäkökohdat huomioiden mahdollisimman tehokkaasti varmistaa, että huutokauppatulot tukevat kotimaassa kestävästi tuotetun biokerosiinien käytön lisääntymistä, esim. tukena uusiutuvan raaka-aineen valmistukseen ja kuljetuksiin tai tutkimus- ja kehitystukena raaka-ainetuotannon ja valmistustekniikan kehittämiseen. (Liikenne- ja viestintäministeriö, työ- ja elinkeinoministeriö sekä valtiovarainministeriö yhteistyössä)
- Tuotetaan informaatiota kuluttajien käyttöön lentoliikennealan päästöjen vähentämiseen tähtäävistä toimenpiteistä sekä kansainvälisesti hyväksytyjen polttoaineiden kestävyyskriteerien täyttymisestä biokerosiinien raaka-aineiden osalta (Neste Oil Oy, suomalaiset lentoyhtiöt sekä lentoasemayhtiö Finavia Oyj yhdessä)

Tieliikenne

- Jakeluinfran kehittämiseen liittyvät toimet:
 - Huolehditaan sähköautojen latausinfraan syntymisestä mm. huomioimalla asia rakentamismääräyksissä ja rakentamisessa.
 - Selvitetään raskasta liikennettä palvelevan kaasuinfran tarve ja toteutusmahdollisuudet Suomessa.
 - Hyödynnetään uusien käyttövoimien infrastruktuurissa tieto- ja viestintäteknologiaa ja toteutetaan erityisesti sähköns jakelu verkon ja tuotannon kannalta parhaalla tavalla. Tieto- ja viestintäteknologiaa hyödynnetään myös jakelua tukevissa palveluissa.
- Ajoneuvoteknologiaan vaikuttaminen:
 - Vaikutetaan EU-tasolla yhtenäisten standardien ja politiikkojen aikaansaamiseksi.
 - Selvitetään perinteisten autojen konvertoimiseen liittyvät hyödyt ja haitat. Tarkastelun tulee kattaa kaikki teknologiat (muutos sähkö-, flexifuel- tai kaasuautoksi).
 - Jatketaan eri ajoneuvoteknologioihin liittyvää tutkimusta sekä ympäristö-, turvallisuus- että käytettävyyšnäkökulmasta.
 - Edistetään sähkö- ja hybridikäyttöisten hyötyajoneuvojen ja liikkuvien työkoneiden käyttöä teollisuudessa, logistiikkakeskuksissa ja kaivoksissa tavoitteena siirtyminen näiden käyttöön kokonaan vuoteen 2030 mennessä.
- Uusien käyttövoimien kysyntään vaikuttaminen:
 - Pyritään edistämään vaihtoehtoisia käyttövoimia tekniikkaneutraalisti laaja-alaisilla toimenpiteillä.
 - Kehitetään uusiin käyttövoimiin liittyvää informaatio-ohjausta.
 - Pitemmällä aikavälillä liikenteen taloudellista ohjausta kehitetään niin, että se pystyy vastaamaan energia-, ympäristö- ja liikennepoliittisiin tavoitteisiin sekä valtiontaloudellisiin tarpeisiin.
 - Huomioidaan uudet käyttövoimat julkisen sektorin hankinnoissa. Laaditaan suosituksia ja aikataulutukset uusien käyttövoimien yleistymiseksi julkisella sektorilla.

Meriliikenne

- Puhtaan meriliikenteen edistäminen:
 - Edistetään puhtaan teknologian projekteja ja energiatehokkuutta laivanrakennuksessa ja tulevaisuuden laivamoottorien valmistelussa ja suunnittelussa, mukaan lukien päästövähennysteknologiat raskaan polttoaineen käytön yhteydessä, ja vaikutetaan riittävään panostukseen näihin sektoreihin EU:n tutkimusohjelmissa, mukaan lukien vedyn sekä tuuli-, aurinko- ja aaltoenergian käytön kehittäminen
 - Luodaan valtionhallinnon, elinkeinon ja tutkimuslaitosten yhdysverkko, jonka tehtävänä on seurata aktiivisesti kansallista ja kansainvälistä työtä laivojen vaihtoehtoisten polttoaineiden ja uusien käyttövoimien sekä raskaiden polttoaineiden käyttöön liittyvän päästövähennysteknologian käytön edistämiseksi ja tehdä toimenpiteitä koskevia aloitteita (liikenteen virtuaalista tutkimuskeskusta Fintripiä hyödyntäen).
- LNG:n käyttöönoton edistäminen laivaliikenteessä:
 - Selvitetään meriliikennettä palvelevan kaasuinfran tarve ja toteutusmahdollisuudet Suomessa ja edistetään sen toteuttamista merenkulun LNG-toimenpideohjelman kautta.
 - Selvitetään taloudellisten kannustimien käyttöä LNG-infrastruktuurin rakentamisessa ja LNG-käyttöisten laivojen hankinnassa, kuten investointitukien ja alushankintatakausten käyttöä, tavoitteena sisällyttää tarvittavat määrärahat vuoden 2014 valtion talousarvioon.
 - Toimitaan aktiivisesti kansainvälisellä tasolla (IMO, EU ja HELCOM) LNG:n käyttöönoton edistämiseksi laivapolttoaineena, mukaan lukien LNG-

infrastruktuurin rakentaminen sekä LNG-säätelyn ja ohjeistuksen valmistelu erityisesti LNG-bunkrauksen osalta.

- Tarkastellaan vuoden 2013 loppuun mennessä mahdollisuuksia kehittää kotimaista biopolttoainetta laivaliikenteen käyttöön, erityisesti saaristo- ja sisävesiliikenteessä.
- Edistetään maasähkön käytön lisäämistä laivojen satamassa käyntien yhteydessä, ottaen myös huomioon vaihtoehtoisten polttoaineiden vaikutus, ja vaikutetaan kansainvälisten kytkentästandardien yhdenmukaistamiseen.
- Edistetään tavoitetta siirtyä sisävesiliikenteessä päästöttömiin veneisiin vuoteen 2030 mennessä.
- Edistetään älyverkkosovellusten, hajautetun sähköntuotannon (biomassa) ja sähkön varastoinnin kehitystä täydentämällä keskeisimpien satamien voimantuotannon kapasiteettia.

Taustaraportti

Sisällysluettelo

1 Johdanto	9
2 Miksi liikenteeseen tarvitaan uusia käyttövoimia?	9
2.1 Ilmastonmuutoksen hillintä ja muut tiukentuvat ympäristömääräykset	9
2.2 Öljyriippuvaisuuden vähentäminen ja kansantalous	10
2.3 Öljyriippuvaisuuden vähentäminen ja yritystalous	11
2.4 Öljyriippuvaisuuden vähentäminen ja huoltovarmuus.....	11
2.5 Ilmastonmuutoksen haasteet taloudellisena mahdollisuutena.....	12
3 Käyttövoimavaihtoehdot liikenteessä.....	13
3.1 Yleistä	14
3.2 Liikennekäyttöön soveltuvat käyttövoimavaihtoehdot.....	16
3.2.1 Bensiini ja diesel	16
3.2.2 Nestemäiset biopolttoaineet.....	16
3.2.3 Kaasumaiset polttoaineet	17
3.2.4 Sähkö.....	18
3.2.5 Lentoliikenteen polttoaineiden erityiskysymyksiä	18
4 Eri käyttövoimavaihtoehtojen yleistymiseen vaikuttavat tekijät	20
4.1 EU:n politiikat kohti vähähiilistä taloutta ja liikennettä	20
4.2 EU:n toimenpiteet tulevaisuuden käyttövoimien käyttöönoton varmistamiseksi...	22
4.3 Globaali viitekehys	25
4.4 Kansalliset ohjaukset.....	27
4.4.1 Biopolttoaineiden jakeluvelvoite	27
4.4.2 Tieliikenteen verotus.....	28
4.4.3 Tuki biopolttoaineiden tuotannolle	29
4.4.4 Informaatio-ohjaus.....	30
5 Polttoaine- ja energiamäärät Suomessa.....	31
5.1. Laskelmien lähtökohdat	31
5.2 Polttoaine- ja energiamäärien käytön nykytilanne	31
5.3 Hiilidioksidi- ja energiamääräarviot vuoteen 2020-2050	32
5.3.1 Ilmastotavoitteiden toteutumisen ennusteet	32
5.3.3 Energian tuotantomäärät 2020.....	37
6 Käyttövoimavaihtoehtojen ympäristö- ja ilmastovaikutukset	41
6.1 Yleistä	41
6.2 Eri polttoainevaihtoehtojen elinkaaren aikaiset (WTW) kasvihuonekaasupäästöt..	42
6.3 Suomessa käytettyjen polttoainelaatujen elinkaaren aikaiset (WTW) kasvihuonekaasupäästöt.....	46
6.4 Sähkö liikenteen energianlähteenä	47
6.5 Esimerkkejä eri tekniikkavaihtoehtojen päästöistä ja energian kulutuksesta	49
7 Energiankulutus ja päästöt työryhmän esittämässä tavoitetilassa	52
8 Eri käyttövoimien käytön lisäämisen haasteet ja mahdollisuudet eri liikennemuodoissa	54
8.1 Yleistä	54
8.2 Biopolttoaineet.....	54
8.3 Maakaasu ja biokaasu.....	55
8.4 Sähkö.....	56
8.5 Vety	57
Seurattavat mittarit	58
Viitteet.....	61
Säädöksiä.....	63

Eriävä mielipide

Liite 1: Lentoliikenteen erillisselvitys

Liite 2: Meriliikenteen erillisselvitys

1 Johdanto

Liikennesektori on lähes täysin riippuvainen öljystä. Monesta muusta sektorista poiketen liikenne on edelleen lähes täysin riippuvainen fossiilisista polttoaineista energianlähteenä. Sähkökäyttöistä raideliikennettä ja tieliikenteen biopolttoaineita lukuun ottamatta lähes kaikki liikenteen energialähteet ovat raakaöljystä jalostettuja hiilivetyypolttoaineita. Yleisimmin käytettyjä liikennepolttoaineita ovat bensiini, dieselöljy, kevyt polttoöljy, raskas polttoöljy ja lentopetroli (kerosiini). Maantieliikenteen bensiiniin ja dieseliin on viime vuosina ryhdytty sekoittamaan tietty osuus uusiutuvista raaka-aineista valmistettua biopolttoainetta. Myös maakaasua, ja marginaalisessa määrin myös nestekaasua, käytetään jonkin verran liikennepolttoaineena. Kansainväliset lentoyhtiöt ovat aktiivisesti kokeilleet biokomponenttia sisältävää kerosiinia.

Pitkällä tähtäimellä öljy tulee korvata muilla vaihtoehdoilla. Siirtymäaikana energiantarvetta ei voida korvata millään yksittäisellä vaihtoehtoisella käyttövoimalla tai polttoaineella. Tarvitaan selkeät välitavoitteet ja toimenpiteet, joilla vähennetään liikenteen öljyriippuvuutta ja päästöjä. Liikennetarpeen vähennystoimet ja logistiikan tehostaminen tukevat tavoitteita, mutta viime kädessä keskeistä onnistumisen kannalta on se kuinka sovitetaan ajallisesti yhteen kaluston ja liikennevälineiden tekninen valmius sekä niihin soveltuvien käyttövoimien määrällinen ja alueellinen saatavuus, sekä tehdään tarvittavat päätökset, joita siirtyminen kokonaan uusiin teknologioihin vaatii.

Tämän raportin ja työryhmän linjausten valmistelun pohjana on hyödynnetty aiempia uusien käyttövoimien mahdollisuuksia analysoineita selvityksiä. Erona aiempiin selvityksiin käyttövoimia on tällä kertaa tarkasteltu kaikkien liikennemuotojen osalta. Tällöin on jouduttu etsimään vastauksia myös eri liikennemuotojen keskinäiseen hierarkiaan ja päättämään niistä kehityspoluista, joita kussakin liikennemuodossa voidaan pitää kehityskelpoisina ottaen huomioon myös muut kuin yksistään teknologiset soveltuvuustekijät eli koko logistisen järjestelmän ja infrastruktuurin tarpeet osana globaalia kokonaisuutta.

2 Miksi liikenteeseen tarvitaan uusia käyttövoimia?

Työryhmä katsoo, että ilmastonmuutoksen hillitseminen edellyttää liikenteen CO₂-päästöjen radikaalia vähentämistä, johon päästään luopumalla kotimaan liikenteessä fossiilisesta polttoaineista vaihteittain lähes kokonaan vuoteen 2050 mennessä. Liikenteen vaihtoehtoisilla käyttövoimilla ja kestävästi tuotetuilla uusiutuvilla polttoaineilla luodaan pohjaa koko yhteiskunnan kestäväälle kasvulle ja hyvinvoinnille. Motiivina kunnianhimoiselle vaihtoehtoisten polttoaineiden tiekartalle nähdään päästöjen pienenemisestä aiheutuvat suorat taloudelliset ja yhteiskunnalliset hyödyt, vaikutukset vaihtotaseeseen, vihreän talouden mahdollisuudet sekä hajautetun polttoainetuotannon vaikutukset aluetasolla.

2.1 Ilmastonmuutoksen hillintä ja muut tiukentuvat ympäristömääräykset

Maapallon ilmasto on muuttumassa. Hallitustenvälinen ilmastonmuutospaneeli IPCC:n (Intergovernmental Panel on Climate Change) ilmastoskenaarioiden mukaan maapallon keskilämpötila nousee vuoteen 2100 mennessä 1,1-6,4 astetta verrattuna vuosien 1980-1999 keskilämpötilaan. Myös sadanta muuttuu; sademäärä kasvaa korkeilla leveysasteilla ja pienenee monilla alueilla, joilla kuivuus on jo nyt ongelma. Samaan aikaan lisääntyvät erilaiset sään ääri-ilmiöt: helleaallot, rankka-sateet ja tulvat. Trooppiset hirmumyrskyt muuttuvat entistä voimakkaammiksi ja tuhoisimmiksi. Jopa kolmannes maapallon nykyisin tunnetuista kasvi- ja eläinlajeista on vaarassa kuolla

sukupuuttoon, jos maapallon keskilämpötilan nousu ylittää 1,5-2,5°C. Todennäköinen lämpeneminen lähentelee neljää astetta, jos nopeita vähennyksiä ei saada aikaan².

Jotta hallitsemattoman ilmastonmuutoksen vakavimmilta seurauksilta vältyttäisiin, kasvihuonekaasupäästöjä on lähivuosina vähennettävä radikaalisti kaikissa maissa ja kaikilla sektoreilla. Liikenne aiheuttaa noin 20 % koko maailman kasvihuonekaasupäästöistä. Myös Suomessa kotimaan liikenteen kasvihuonekaasupäästöt ovat noin 20 % maamme kaikista kasvihuonekaasupäästöistä. Suomen kotimaan liikenteen kasvihuonekaasupäästöt vuonna 2011 olivat noin 13,2 miljoonaa tonnia hiilidioksidiekvivalenttia (LVM 2012).

Suomi on sitoutunut kasvihuonekaasupäästöjen vähentämiseen sekä kansainvälisesti että EU- ja kansallisella tasolla. EU:n päästövähennystavoitteiden taakanjaon mukaan Suomen on vähennettävä liikenteen päästöjä 16 prosentilla vuoteen 2020 mennessä verrattuna vuoteen 2005. Lentoliikenteen päästöt eivät sisälly tähän, sillä ne kuuluvat päästökaupan piiriin. Vähennystavoite tarkoittaa, että kotimaan liikenteen päästöt Suomessa saisivat vuonna 2020 olla enintään noin 11,4 miljoonaa tonnia.

Pitemmällä aikavälillä EU:n tavoitteena on liikenteen (ml. lentoliikenne) kasvihuonekaasupäästöjen vähentäminen 60 prosentilla vuoteen 2050 vuoden 1990 tasosta. Suomen ilmastopoliittinen tulevaisuusselonteko³ asettaa tavoitteeksi leikata päästöjä vähintään 80 prosenttia vuoden 1990 tasosta vuoteen 2050 mennessä. Tavoitteen saavuttaminen edellyttää siirtymistä pitkällä aikavälillä käytännössä päästöttömään henkilöliikenteeseen ja päästöjen vähentämistä merkittävästi myös muualla liikenteessä. Koska autokanta uusiutuu hitaasti, autojen päästöjen pitää laskea hyvin huomattavasti jo edeltävinä vuosikymmeninä.

Ilmastonmuutoksen hillinnän lisäksi liikennesektorilla on otettava huomioon myös muut tiukentuvat ympäristönormit. Esimerkiksi Kansainvälisen merenkulkujärjestö IMO:n (International Maritime Organization) rikkimääräykset tulevat erityisalueiden kuten Itämeren, Pohjanmeren, Englannin kanaalin ja Pohjois-Amerikan mantereeseen osalta voimaan vuoden 2015 alussa. Määräysten mukaan laivojen tulee silloin käyttää matalarikkistä polttoainetta (0,10 %), tai käyttää teknologisia ratkaisuja, kuten rikkipesureita taikka siirtyä vaihtoehtoihin polttoaineisiin, kuten nestemäiseen maakaasuun (Liquified Natural Gas, LNG), päästörajoitusten saavuttamiseksi.

2.2 Öljyriippuvaisuuden vähentäminen ja kansantalous

Liikenteen öljyriippuvaisuus tekee sen varsin haavoittuvaiseksi öljyn maailmanmarkkinahintojen muutoksille. Polttoainekustannusten nousu liikennesektorilla vaikuttaa suoraan ihmisten liikkumiseen ja erityisesti syrjäisten seutujen saavutettavuuteen. Lisäksi se vaikuttaa myös elinkeinoelämän kuljetuskustannuksiin ja sitä kautta sekä tuotteiden hintoihin että eri maiden elinkeinoelämän kilpailukykyyn. Koko EU:n tasolla öljyn hinnan nousut heikentävät bruttokansantuotteen kasvua, työllisyyttä ja investointeja, luovat inflaatiopainetta ja nostavat korkotasoa. Korkea öljyn hinta nostaa myös muiden polttoaineiden hintoja pahentamalla öljyn kallistumisen kielteisiä makrotaloudellisia vaikutuksia. Polttoaineiden vaikutus vaihtotaseessa on Suomessa vuositasolla 4 mrd. euroa. Koko Euroopan tasolla liikenteen polttoaineet muodostavat yli

2

http://climatechange.worldbank.org/sites/default/files/Turn_Down_the_heat_Why_a_4_degree_centrigrade_warmer_world_must_be_avoided.pdf

³ Valtioneuvoston tulevaisuusselonteko ilmasto- ja energiapolitiikasta: kohti vähäpäästöistä Suomea (<http://vnk.fi/julkaisut/listaus/julkaisu/fi.jsp?oid=273273>)

100 mrd. euron tulonsiirron Euroopan ulkopuolisille öljyntuottajamaille vuosittain. Valtiontalouden suhdannekatsauksessa 2/2012⁴ VM pitää erityisesti öljyn hinnan nousua syynä sille, että vuoden 2012 tuontihinnat nousivat vientihintoja vauhdikkaammin, mikä heikensi vaihtosuhdetta ja kasvatti alijäämää.

Tämänhetkinen öljyn hinnan nousu johtuu pääosin öljyn kysynnän huomattavasta kasvusta Aasiassa ja Yhdysvalloissa sekä öljyä vievien alueiden geopoliittisesta epävakauksesta. Kansainvälinen energiajärjestö IEA ennustaa maailmanlaajuisen öljyn kysynnän kasvavan 84 miljoonasta barrelistä päivässä vuonna 2009 noin sataan miljoonaan barreliin päivässä vuonna 2035. Öljyn kysynnän ja tarjonnan tasapainoon liittyvä epävarmuus nostaa öljyn hintaa entisestään ja lisää markkinoiden epävakaisuutta.

2.3 Öljyriippuvaisuuden vähentäminen ja yritystalous

Logistiikkakustannukset ovat Suomessa keskimäärin noin 14 prosenttia suhteutettuna yritysten liikevaihtoon ja vientiyrityksillä jopa lähes 20 prosenttia. Kustannukset suhteessa bruttokansantuotteeseen ovat noin 19 prosenttia. Tämä on kilpailijamaihin verrattuna paljon, sillä muissa teollisuusmaissa vastaava luku on tyypillisesti 10-17 prosenttia.

Logistiikkakustannukset ovat merkittävä kilpailukykytekijä. Kustannustaso heijastuu suoraan tuotannon kehittymiseen, investointeihin ja työllisyyteen. Logistiikkakustannusten osuus yritysten liikevaihdosta on 2000-luvulla hieman noussut. Erityisesti kuljetuskustannusten osuus on kasvanut. Varastonpitoon ja varastointiin liittyvien kustannusten osuus on pysynyt samana ja logistiikan hallinnoinnin laskenut hieman.

Logistiikkakustannusten nousupaineita voidaan hillitä kuljetusten energiatehokkuutta parantamalla. Erilaisten käyttövoimavaihtoehtojen yleistyminen markkinatalouden näkökulmasta on mahdollista ainoastaan, jos vaihtoehtojen käyttövoimien hinta on kokonaisuutena tarkastellen kilpailukykyinen. Esimerkiksi lentoliikenteessä polttoainekustannukset muodostavat 30 % toiminnan kuluista. Investoinnit uuteen kalustoon ja liikennevälineisiin ovat suuria ja tämä edellyttää riittävää ennustettavuutta ja varmuutta uusien polttoaineiden saatavuudelle myös tulevaisuudessa.

2.4 Öljyriippuvaisuuden vähentäminen ja huoltovarmuus

Liikenteen öljyriippuvaisuus on myös vakavasti otettava riski maamme huoltovarmuudelle. Huoltovarmuudella tarkoitetaan kykyä sellaisten yhteiskunnan taloudellisten perustoimintojen ylläpitämiseen, jotka ovat välttämättömiä väestön elinmahdollisuuksien, yhteiskunnan toimivuuden ja turvallisuuden sekä maanpuolustuksen materiaalien edellytysten turvaamiseksi vakavissa häiriöissä ja poikkeusoloissa. Vakavimpana uhkana huoltovarmuudelle pidetään tilannetta, jossa mahdollisuus tuottaa tai hankkia ulkomailta huoltovarmuuden kannalta kriittisiä tuotteita on väliaikaisesti vaikeutunut. Eräs tällainen tuote nykyaikana on öljy. Öljyn korvaaminen edes osin kotimaisilla uusiutuvilla raaka-aineilla ja tuotteilla parantaa maamme huoltovarmuutta ja vähentää riippuvaisuuttamme globaaleista logistiikkaketjuista.

⁴ VM Suhdanekatsaus 20.12.2012

http://www.vm.fi/vm/fi/04_julkaisut_ja_asiakirjat/01_julkaisut/02_taloudelliset_katsaukset/20121220Suhdan/SK_suomi_joulu_2012.pdf

2.5 Ilmastonmuutoksen haasteet taloudellisena mahdollisuutena

Mahdollisuutemme rajoittaa ilmaston lämpenemistä pelkästään kansallisin toimin ovat hyvin rajalliset. Suomi on kuitenkin myös merkittävä puhtaan talouden toimija ja ympäristötekniikan vientimaa. Hallitusohjelmassa sovitun cleantechin strategisen ohjelman avulla tavoitellaan Suomeen 40 000 uuden työpaikan syntyä.

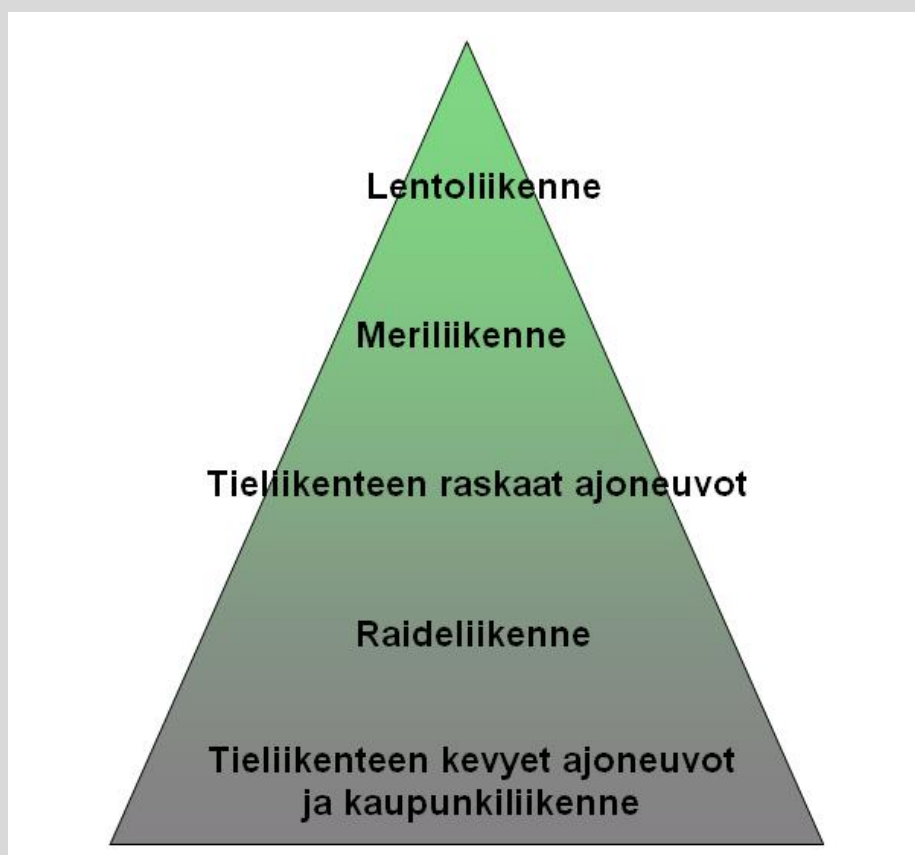
Maailmanlaajuisesti cleantech on yksi nopeimmin kasvavia aloja. Globaalien markkinoiden suuruus on n. 1600 miljardia euroa (n. 6 % globaalista BKT:sta) ja kasvu on lähes 10 % vuodessa. Suomessa oli vuonna 2011 yli 2000 cleantech-liiketoimintaa harjoittavaa yritystä, joiden yhteenlaskettu liikevaihto (20,6 miljardia euroa) oli 10,9 % BKT:sta. Kasvua edellisestä vuodesta oli 10,6 %. Suomen cleantechin vienti on n. 12 miljardia euroa, mikä on lähes 20 % koko maamme viennistä. Vahva kotimainen sitoutuminen ilmastokysymyksen ratkaisemiseen kaikilla sektoreilla luo siten pohjaa myös kestäväen liiketoiminnan mahdollisuuksille. Kunnianhimoiset kansalliset tavoitteet luovat vahvat kotimarkkinat puhtaan talouden innovaatioille, mikä lisää sekä kotimaista kilpailukykyä, että parantaa suomalaisten yritysten asemaa kansainvälisillä markkinoilla.

3 Käyttövoimavaihtoehdot liikenteessä

Työryhmä näkee eri liikennemuotojen käyttövoimien vahvimpina korvaajina kansallisesti seuraavat vaihtoehtoiset polttoaineet ja käyttövoimat:			
	Biopolttoaineet	Sähkö	Huomioitavaa
Tieliikenteen raskaat ajoneuvot	Nestemäiset (etanoli, biodiesel) ja kaasumaiset (biokaasu, vety) dieseliä korvaavat polttoaineet	Hybridisaatio, periaatteessa ajojohtimet (bussit), Kaupunkiliikenteessä myös akkusähkö	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Akkukapasiteetti rajoittaa ▪ Investoinnit kalustoon suuria ▪ Polttoaineen saatavuus tärkeä tekijä myös rajat ylittävässä liikenteessä ▪ Omaa tuotantoa myös paikallisesti
Tieliikenteen kevyet ajoneuvot ja kaupunkien jakeluliikenne	Nestemäiset (etanoli, biodiesel) ja kaasumaiset (biokaasu, vety) fossiilista korvaavat 2. sp biopolttoaineet; kahden polttoaineen autoja	Aluksi erityisesti kaupunkialueiden ratkaisu, ladattavat hybridit enemmistöksi autokannasta, polttokennoautot	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Sähkön latausverkosto ▪ Kaasun saatavuus ▪ Myös alueellista polttoainetuotantoa (etanoli, biokaasu, vety) ▪ Etanoli-, kaasu- ja polttokennoautojen saatavuus valmistajien varassa
Raideliikenne	Dieseliä korvaavat biokomponentit ja biokaasu	Sähköistyksen lisääminen suoritteeltaan vilkkaimmilla yhdysväleillä	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Raiteille siirtyvät raskaat kuljetukset lisäävät päästöjen vähennyspotentiaalia
Meriliikenne	Fossiilisen öljyn korvaaminen biopohjaisilla vaihtoehdoilla sekä maa- ja biokaasulla (LNG, LBG)	Maasähkö	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Maakaasuun siirtyminen parantaa ilmanlaatutavoitteiden saavuttamista ▪ Satamien LNG-saatavuuden on oltava alueellisesti kattavaa ▪ Öljypohjaisuus säilyy jossain määrin
Lentoliikenne	Kerosiinien korvaaminen biokerosiinilla	Maatoiminnot	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Biokerosiinia maksimissaan 50 % polttoaineesta ▪ Oma kansallista tuotantoa ▪ Lentoasemien jakelun kautta vaikutukset päästövähennyksiin moninkertaiset kansallisiin päästöihin nähden

3.1 Yleistä

Työryhmä katsoo, että eri liikennemuotojen käyttötarpeet tulee priorisoida vaihtoehtoisten polttoaineiden ja käyttövoimien teknisten rajoitteiden, saatavuuden ja vaikuttavuuden pohjalta. Priorisointi tulee tehdä siten, että hierarkiassa korkeimmalla ovat ne liikennemuodot, joissa kestävien vaihtoehtojen saatavuus on teknisesti tai laadullisesti tarkastellen niukinta. Näissä liikennemuodoissa fossiilisia polttoaineita voidaan korvata vain osittain. Hierarkian alapäähän jäävissä liikennemuodoissa vaihtoehtoja fossiilisen polttoaineiden korvaamiseksi on enemmän ja niiden tekninen käytettävyys ja hinta eivät muodosta estettä laajallekaan korvaamiselle. Hierarkian alapäässä on saavutettavissa myös suurimmat vaikutukset raportoitavien ilmastopäästöjen osalta. (kuva 3.1.).



Kuva 3.1. Eri liikennemuotojen polttoaineen käyttötarpeiden priorisointi esitettynä hierarkisesti.

Kuten johdannossa todettiin, liikenne saa tällä hetkellä käyttövoimansa lähes yksinomaan öljystä. Vaihtoehtoisten polttoaineiden yleistymistä ja käyttöä rajoittavat osittain vaihtoehtojen saatavuus ja niiden hinta, mutta osittain myös tekniset ominaisuudet. Tietyt polttoainevaihtoehdot edellyttävät räätälöityjä ajoneuvoja ja –jakelujärjestelmiä, toisten vaihtoehtojen osalta tuoteominaisuudet rajoittavat komponenttikäyttöä.

Englannin kielessä polttoainekomponenttien käyttöominaisuuksia ja käytettävyyttä kuvataan kahdella valaisevalla termillä:

- "blending wall" ("käyttörajoite") tarkoittaa että jonkun komponentin enimmäispitoisuutta pitää rajoittaa teknisistä syistä

- o tästä esimerkkinä on etanolin enimmäispitoisuus tavanomaisen bensiinin seoskomponenttina.
- "drop-in fuel" ("sopii heittämällä") tarkoittaa komponenttia jota voidaan käyttää ilman pitoisuusrajoituksia olemassa olevassa kalustossa ja jakelujärjestelmässä
 - o esimerkkinä synteettiset (parafiiniset) dieselpolttoaineet jotka voivat korvata normaalia dieselpolttoainetta aina 100 %:iin asti
 - o biokerosiini katsotaan "drop-in-fuel"iksi, sillä se käy olemassa oleviin moottoreihin sellaisenaan, vaikkakin suurimpana sekoitusosuutena sovelletaan nykyisissä standardeissa 50 %:a

Polttoainevaihtoehdot jakautuvat karkeasti kahteen ryhmään sen mukaan onko kyse bensiiniä tai dieselpolttoainetta korvaavasta tuotteesta. Alkoholit (etanoli, metanoli) ja kaasut (metaani, nestekaasu) ovat ensisijaisesti bensiinin korvikkeita, kasviöljyt ja kasviöljyjohdannaiset ensisijaisesti dieselpolttoaineen korvikkeita. Jäte- ja tähdepohjaisista raaka-aineista voidaan valmistaa sekä bensiiniä että dieseliä korvaavia biopolttoaineita. Synteeseillä voidaan valmistaa niin bensiiniä, dieseliä kuin lentopetrolia korvaavia tuotteita.

Soveltuvat käyttövoimat ja polttoaineet vaihtelevat myös käyttökohteen mukaan. Esim. taajamissa toimivissa ajoneuvoissa voidaan käyttää vaihtoehtoisesti nestemäisiä tai kaasumaisia polttoaineita ja myös sähkö on mahdollinen käyttövoima.

Pitkän matkan tavara-autoissa, laivoissa ja lentokoneissa korkea energiatiheys on tärkeää, ja näin ollen kaasumuodossa olevat polttoaineet tai sähkö (akkuihin varastoituna) eivät tule kysymykseen kuin poikkeustapauksissa. Metaani (maa- ja biokaasu) voidaan nesteyttää energiatheyden kasvattamiseksi (liquefied natural gas LNG, liquefied biogas LBG), ja nesteytetty metaani onkin, ainakin teoriassa, mahdollinen polttoaine niin autoihin, vetureihin, laivoihin kuin lentokoneisiin. Turvallisuusseikat, esim. ilmaa raskaammat kaasut tai myrkyllisyys, saattavat estää jonkun vaihtoehdon käytön määrätyissä sovelluksissa.

Polttoainespesifikaatioiden ankaruus tai tekninen vaatimus vaihtelee sovelluskohteen mukaan. Keskinopeiden ja hidaskäyntisten laivamoottorien polttoaineeksi kelpaa periaatteessa huonolaatuinenkin raskasöljy ja jopa kemiallisesti käsittelemätön kasviöljy, joita muut liikennemuodot eivät voi hyödyntää. Lentokoneissa käytettävät polttoaineet taas on hyvin tarkkaan määriteltäviä. Jalostusprosessissa kutakin lopputuotetta syntyy tietyssä suhteessa raakaöljyn määrään nähden. Siksi osa liikennepolttoaineista, kuten kerosiini ja diesel, hyödyntävät samoja öljynjalostusprosessissa syntyviä tislelaatuja ja kilpailevat keskenään raaka-aineiden riittävydestä.

Polttoainespesifikaatioiden ankaruusaste, joka samalla rajoittaa joustoja polttoaineen koostumuksessa, on seuraava:

- lentopolttoaineet (vaativin)
- yleisessä jakelussa oleva bensiini ja diesel
- rajattuun jakeluun tarkoitettu dieseliä korvaava polttoaine⁵ ja työkonepolttoaine
- laivapolttoaineet (vähiten vaativa)

⁵ esim. 100 % biodiesel (FAME) tietyissä automalleissa, lisääneistettu etanoli räätälöidyissä ajoneuvoissa

3.2 Liikennekäyttöön soveltuvat käyttövoimavaihtoehdot

3.2.1 Bensiini ja diesel

Maailman tasolla bensiini on suurin liikenteen polttoaine, kun taas meillä tällä hetkellä bensiinin/dieselin kulutussuhde on bensiini 40 % ja diesel 60 %. Hyötyliikenne ajaa käytännössä 100 %:sesti dieselpolttoaineella. Sekä bensiinin että dieselpolttoaineen etuja ovat pitkät perinteet, ajoneuvojen hyvä tarjonta, kattava jakelu, helppo käsiteltävyys ja hyvä energiatiheys.

Euroopassa on yleisesti päädytty tilanteeseen missä dieselin kysyntä ylittää tarjonnan. Tämän seurauksena Eurooppa vie bensiiniä erityisesti Yhdysvaltoihin ja tuo dieselä sekä Venäjältä että Yhdysvalloista. Pitkän päälle tällainen asetelma ei ole järkevä, ja se voi aiheuttaa epävakautta dieselpolttoaineen hintakehitykseen.

Tieliikenteen dieselajoneuvot kilpailevat käytännössä samoista polttoainejakeista kuin kaupallinen lentoliikenne, ja meriliikenteen muuttuvat ympäristövaatimukset tulevat lisäämään näiden ns. keskitisleiden kysyntää myös tällä sektorilla.

3.2.2 Nestemäiset biopolttoaineet

Nestemäisiä biopolttoaineita käytetään yleensä bensiinin ja dieselin seoskomponentteina. Biopolttoaineille käytetään erilaisia luokitteluperusteita. Yksi peruste on edellä mainittu jako bensiiniä ja dieselä korvaaviin tuotteisiin.

Ensimmäisen sukupolven biopolttoaineiksi kutsutaan usein niitä tuotteita, joissa käytetään elintarvikekelpoista raaka-ainetta. Esimerkkejä ovat viljaan, maissiin tai sokeriruokoon perustuva etanoli sekä öljykasveihin perustuva biodiesel. Toisen ja seuraavien sukupolven biopolttoaineissa on raaka-ainepohja, joka ei kilpaile ruoan tuotannon kanssa viljelypinta-alasta. Ensimmäisen sukupolven biopolttoaineiden ongelmat ovat korkea epäsuorat maankäytön päästöt, jotka tekevät niiden käytöstä mahdollisesti jopa fossiilisia huonomman ratkaisun. Biopolttoainevalvoitteen laskennassa suositetaan jätteistä, tähteistä sekä muiden kuin ruokakasvien selluloosasta ja lignoselluloosasta peräisin olevaa energiaa.

Alkoholit ja eetterit (alkoholijohdannaisia) sopivat bensiinin seoskomponenteiksi. Bensiinin etanolipitoisuus on autovalmistajien sitoumuksesta tällä hetkellä rajattu enimmillään 10 til.-%:iin. Ylivoimaisesti käytetyin komponentti on etanoli, vaikkakin autoteollisuus näkisi mieluummin käytettävän eettereitä kuin etanolia bensiinin seoskomponenttina käyttöteknisistä syistä. Ns. flex-fuel autot (FFV) mahdollistavat myös korkeampien etanolipitoisuuksien käytön. FFV on periaatteessa hieman modifioitu bensiiniauto jossa voidaan käyttää mitä tahansa bensiinin ja etanolin seosta etanolipitoisuuden vaihdelta välillä 0 – 85 til.-%.

Etanoli ei sellaisenaan sovellu dieselmoottorin polttoaineeksi. Etanoli voidaan kuitenkin lisäaineistaa niin, että se toimii modifioidussa dieselmoottorissa.

Yksinkertaisin vaihtoehto uusiutuvan energian tuomiseksi raskaaseen dieselkalustoon on olemassa olevan kaluston kanssa yhteensopiva uusiutuva dieselpolttoaine. Erilaisista kasviöljyistä ja eläinrasvoista jatkojalostetut komponentit sopivat dieselkomponenteiksi tai käytettäviksi jopa sellaisenaan. Termiä biodiesel käytetään perinteisestä esteröimällä valmistetusta polttoaineesta (FAME). Uusiutuvalla dieselillä tarkoitetaan "drop-in" tyyppisiä biokomponentteja, joiden pitoisuuksille ei ole varsinaisia teknisiä rajoitteita. Teknisessä mielessä on kyse hyvälaatuisesta parafiinisesta

dieselpolttoaineesta. Toisin kuin FAME-diesel, parafiininen diesel ei sisällä happea, eikä se esimerkiksi aiheuta minkäänlaisia ongelmia varastoinnissa. Voimassa olevien standardien puitteissa parafiinisen dieselin osuus voi kuitenkin olla 30 – 40 %. Parhaillaan käynnissä olevan standardisointityön tavoitteena on mahdollistaa 100 %:n parafiinisen polttoaineen käyttö lähinnä taajamissa toimivissa ajoneuvoissa.

Parafiinista dieseliä voidaan valmistaa joko em. Fischer-Tropsch synteesillä tai vetykäsittelmällä rasvahappoja (Hydrotreated Vegetable Oil, HVO). Fischer-Tropschin tapauksessa raaka-aineena voidaan käyttää, kiinteätä biomassaa, josta syntyy uusiutuvaa polttoainetta. Tästä vaihtoehdosta käytetään yleisesti nimitystä biomass-to-liquids (BTL).

3.2.3 Kaasumaiset polttoaineet

Moottoripolttoaineeksi kelpaavien kaasujen kirjo on laaja. Varsinkin paikallismoottoreissa käytetään mitä erilaisimpia kaasuja. Maakaasuturbiineja käytetään varsin yleisesti myös perusvoiman tuotannossa. Maakaasu on etanolin jälkeen maailman toiseksi suurin vaihtoehtoinen polttoaine.

Kaasumaisten polttoaineiden liikennekäytön laajentaminen edellyttää riittävää panostusta tankkausjärjestelmiin ja ajoneuvoihin. Maailmassa on arviolta noin 15 miljoonaa maa- ja nestekaasuautoa (IANGV 2012), joista suurin osa on toteutettu kaksoispolttoainejärjestelmillä siten, että autoja voidaan käyttää myös bensiinillä. Moottoriteknisesti olemassa olevan bensiinimoottorin muuttaminen esim. metaanille tai nestekaasulle on suhteellisen helppoa. Dieselmoottoreita varustetaan joko kaksoispolttoainejärjestelmällä (dual-fuel) tai sitten moottori on muutettava kipinäsytytysmoottoriksi (ottomoottoriksi). Jälkimmäistä vaihtoehtoa on käytetty varsinkin kaupunkibussien kohdalla. Myös valmiiksi ottomoottorilla varustettuja kaasubusseja on jo markkinoilla.

Ns. dual-fuel-kaasumoottoreissa on käytössä kaksi polttoainetta samanaikaisesti, pieni osuus dieselpolttoainetta toimii sytytyspolttoaineena ja metaani (bio/maakaasu) toimii pääpolttoaineena. Wärtsilä käyttää tätä konseptia esimerkiksi voimalaitos- ja kaasutankkerimoottoreissa. Ajoneuvokäytössä dieselin korvausaste on suuruusluokkaisesti 50 – 80 % kuormituksesta ja ajosyklistä riippuen. Kaasun loppuessa moottoria on mahdollista ajaa myös pelkällä dieselpolttoaineella.

Ajoneuvokäytössä metaani on yleensä 200 barin paineeseen paineistettua maa- tai biokaasua (compressed natural gas CNG, compressed biogas CBG). Paineistetun metaanin energiatiheys on selvästi huonompi nestemäisiin polttoaineisiin verrattuna ja edellyttää riittävän suurta polttoainesäiliötä. Henkilöautojen ja bussien toimintamatka voi kuitenkin jo nykyisellään olla suuruusluokkaisesti 300 – 500 km. Ajoneuvon kannalta on sama käytetäänkö siinä maa- vai biokaasua. Biokaasua voidaan saada käyttöön joko erillisistä biokaasulaitoksista tai syöttämällä puhdistettua biokaasua maakaasuverkkoon.

Metaani voidaan myös nesteyttää energiatheyden parantamiseksi (liquefied natural gas LNG, liquefied biogas LBG). LNG tekniikka on jo kaupallisessa käytössä kuorma-autoissa, laivoissa ja vetureissa. LNG ei sovellu kohteisiin missä seisonta-ajat ovat pitkiä. Laivaliikenteen tulevat rikkirajoitukset ovat lisänneet mielenkiintoa LNG:hen laivapolttaineena merkittävästi. Kokeilumielessä LNG:tä on käytetty myös lentokoneissa.

Dimetyylieetteri (DME) ja vety ovat kaasumaisia vaihtoehtoja joiden liikennekäyttö ei vielä ole laajassa mittakaavassa alkanut, mutta joiden käyttö saattaa tulevaisuudessa lisääntyä. DME on fysikaalisilta ominaisuuksiltaan nestekaasua muistuttava polttoaine, jolla on nestekaasua paremmat syttymisominaisuudet, jolloin se sopii myös

dieselmoottorin polttoaineeksi. Muut ominaisuudet edellyttävät kuitenkin vielä merkittäviä teknologisia parannuksia. Haasteista huolimatta mm. Volvo pitää DME:tä raskaan kaluston lupaavimpana vaihtoehtopolttoaineena. Nestekaasun tavoin DME on ilmaa raskaampaa, joten laivakäyttöä ajatellen DME ei ole hyvä vaihtoehto.

Vety on sähkön rinnalla ainoa energian kantaja, joka mahdollistaa täysin hiilidioksidivapaan liikkumisen edellyttäen, että niiden tuottamiseen ei ole käytetty fossiilista energiaa. Vetyä on tarkoitus hyödyntää erityisesti polttokennoautoissa. Polttokenno muuttaa vedyn ja ilman hapen saasteettomasti sähköksi ja vedeksi. Polttokennoauto onkin eräällä tavalla sähköautojen alaryhmä, koska ajo tapahtuu sähkön avulla. Energian varastointi vetyyn on periaatteessa helpompaa kuin energian varastointi akkuihin. Vety nähdään erityisesti henkilöautoliikenteen käyttövoimana, mutta teknologian kalleus ja uusiutuvan vedyn saatavuus rajoittavat kehitystä.

3.2.4 Sähkö

Sähkö on jo pitkään ollut mm. raitioteiden ja rautateiden käyttövoimana. Näissä sovelluksissa sähköenergiaa ei varastoida ajoneuvoon, vaan sähkö otetaan ajojohtimista. Ajojohdintekniikkaa sovelletaan myös trolley-busseissa ja sitä on mietitty myös raskaisiin tavara-autoihin.

Sähköautoilun haasteet kohdistuvat ensisijaisesti sähkön varastointiin perustuviin tekniikoihin eli akkuja hyödyntäviin ajoneuvoihin. Täyssähköautojen suurimmat haasteet tällä hetkellä liittyvät korkeaan hankintahintaan ja rajalliseen toimintamatkaan. Ihanneolosuhteissa akkusähköauton toimintamatka on noin 150 km, mutta Suomen talviolosuhteissa todellinen toimintamatka voi hyvinkin laskea puoleen valmistajan ilmoittamasta arvosta. Plug-in-hybridit eli ladattavat hybridit yhdistävät sähköautojen ja polttomoottoriautojen parhaat puolet. Autonomisista hybrideistä poiketen ladattaviin hybrideihin voidaan ladata energiaa sähköverkosta. Sähköinen toimintamatka on tyypillisesti 20 – 80 km, jolloin lyhyet ajot voidaan hoitaa sähköllä. Henkilöliikennetutkimuksen 2010-2011 mukaan keskimääräinen henkilöauton matkasuorite henkilöä kohden vuorokaudessa on Suomessa 29,9 kilometriä ja yksittäisen henkilöautomatkan keskipituus puolestaan on 17,7 kilometriä.

Kylmistä käyttöolosuhteista huolimatta Suomessa kaksi tekijää jotka puoltavat ja edesauttavat sähköautojen käyttöönottoa: keskimäärin vähähiilinen sähkön tuotanto (n. 200 g CO₂/kWh) ja lohkolämmittintolpat, joita tietyin varauksin tai muutoksin voidaan käyttää sähköautojen hitaaseen lataukseen. Myöskään sähkön riittävyys ei aiheuta rajoitteita. Sähköautojen lataukseen on kehitteillä erilaisia teknisiä ratkaisuja ja liiketoimintamalleja. Lisäksi edellytyksenä on julkinen pikalatausverkko, jonka edistämiseksi EU:ssa valmistellaan sitovaa minimikattavuuden turvaavaa direktiiviä. Sähkö on erityisesti tieliikenteen vaihtoehto ja sillä voidaan korvata henkilöautoilun lisäksi myös kaupunkialueiden jakeluliikenteen polttoainetarvetta.

3.2.5 Lentoliikenteen polttoaineiden erityiskysymyksiä

Lentoliikenteen biokerosiinin standardisointi hyväksyy käytännössä kaupalliseen käyttöön lentokoneen suihkumoottoreissa fossiiliseen kerosiiniin sekoitettuna kahta biokerosiinityyppiä: 1) Fischer–Tropsch (FT) -menetelmään perustuva synteettinen kerosiini, jota valmistetaan korkeassa lämpötilassa tapahtuvalla hiilen, maakaasun tai biomassan kaasutuksella sekä 2) HEFA-menetelmällä (hydroprocessed esters and fatty acids) tuotettu synteettinen kerosiini, joka perustuu kasviöljystä tai eläinrasvoista peräisin olevien esterien ja rasvahappojen vetykäsittelyyn (HVO). Näitä molempia voidaan tällä hetkellä sekoittaa enintään 50 % fossiiliseen kerosiiniin käytettäväksi olemassa olevissa moottoreissa.

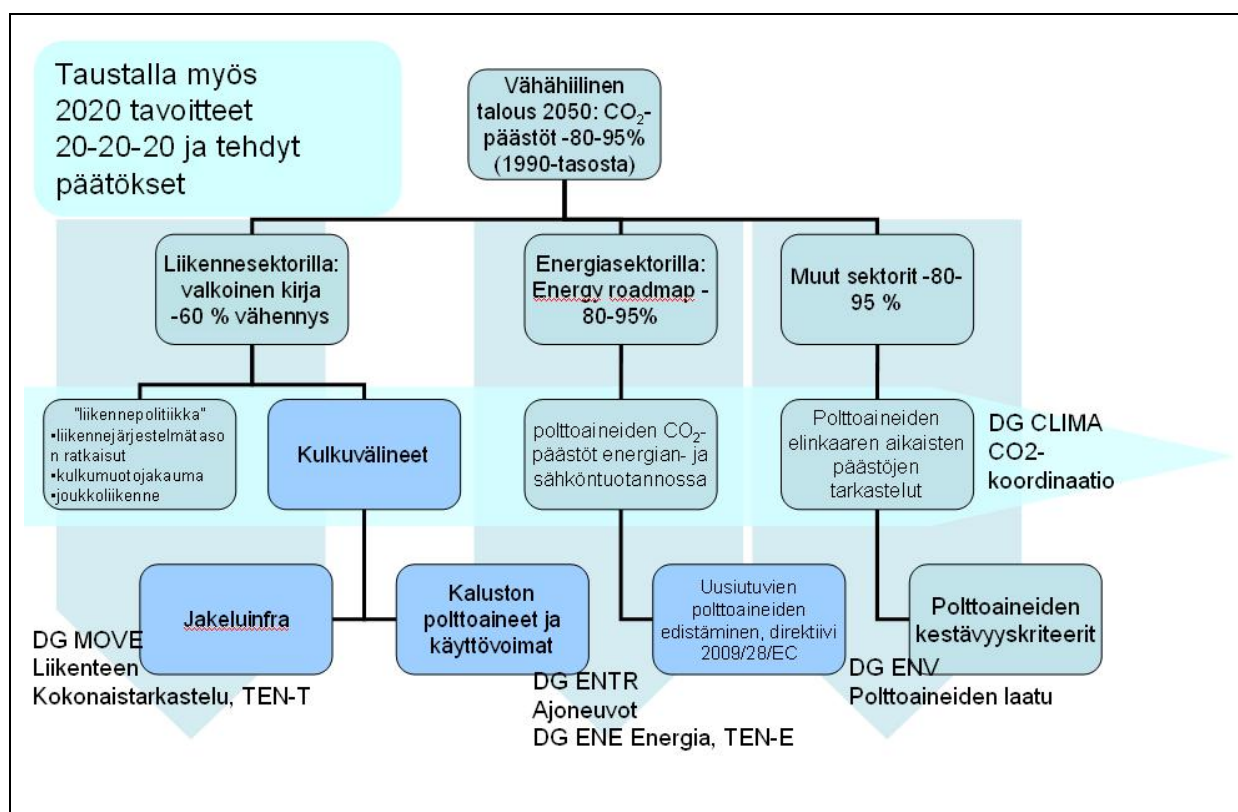
Biomassan saatavuuden uskotaan olevan biokerosiinin tuotannon ja sen hinnanmuodostuksen pullonkaula lähitulevaisuudessa. Toistaiseksi ei ole olemassa maailmanlaajuisia biopolttoaineen kestävyysstandardeja eikä menettelyjä niiden hyväksymiseksi. Lentoliikenteen kansainvälisen luonteen takia maittain tai maanosittain vaihtelevat säännökset vaikeuttavat biokerosiinin käyttöönottoa. EU:n RES-direktiiviä (uusiutuvista lähteistä peräisin olevan energian käytön edistämisestä annettu neuvoston ja parlamentin direktiivi 2009/28/EY) sovelletaan myös lentoliikenteen polttoaineisiin.

4 Eri käyttövoimavaihtoehtojen yleistymiseen vaikuttavat tekijät

Vaihtoehtoisten polttoaineiden laajamittainen käyttöönotto on erittäin riippuvainen EU:n valitsemista toimintalinjoista koskien erityisesti energiantuotannon säännöksiä ja rajoituksia, hankerahoitusta sekä liikennevälineiden ja polttoaineiden standardisointia. EU-vaikuttamisen tulee olla aktiivista ja mahdollistaa uusien käyttövoimien tiekartan toteuttamisen kansallisesti perustelluista lähtökohdista. Vahva EU:n tahtotila myös edistää maailmanlaajuisten toimien aikaan saamista erityisesti ilmailun ja merenkulun päästöjen vähentämiseksi alueiden kilpailukykyä heikentämättä. Ajoneuvojen ja liikennevälineiden yhteensopivuus käytettävissä olevien parhaiden polttoaineiden kanssa tulee varmistaa ajoissa.

4.1 EU:n politiikat kohti vähähiilistä taloutta ja liikennettä

Kokonaisuutena strategiset tavoitteet ja keinot korvattaessa nykyisiä fossiilisia polttoaineita liikenteessä liittyvät moneen EU:n politiikkalohkoon (Kuva 4.1). EU:n strategia vähähiilisestä taloudesta⁶ asettaa yleisen vähennystavoitteen CO₂-päästöille vuoteen 2050 mennessä 80-95 %:iin vuoden 1990-tasosta. Tämän vähennystavoitteen on arvioitu riittävän ilmaston lämpenemisen pysyttämiseen 2 asteessa. Vähähiilisen talouden etuina ilmastonlämpenemisen pysäyttämisen lisäksi toimivat öljyriippuvuuden vähentäminen ja sitä kautta geopoliittisten voimasuhteiden tasapainottaminen, sekä puhtaan teknologian liiketoimintapotentiali.



Kuva 4.1. Liikenteen käyttövoimiin liittyvät EU:n komission pääosastot ja näiden työkalut ja ohjelmatason tavoitteet.

⁶ Etenemissuunnitelma – siirtyminen kilpailukykyiseen vähähiiliseen talouteen vuonna 2050 (<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2011:0112:FIN:FI:PDF>)

Liikenne ei omin keinoin pysty täyttämään omaa osaansa vähennystavoitteesta, vaan sen tulee tukeutua energiatehokkuuden ja energiantuotannon keinoihin, jotta kokonaisenergiankulutus ja sitä kautta päästöjen vähennystavoitteet saavutetaan. Liikennepolitiikan vuoden 2011 valkoinen kirja⁷ ja energiasektorin energiatiekartta muodostavat liikenteen tulevaisuuden käyttövoimien "perusohjelmajulistuksen".

Liikenteen valkoisessa kirjassa asetetaan alustavia tavoitteita vuodelle 2050. Valkoinen kirja käsittelee kaikkia liikennemuotoja. Yleistavoitteena on liikenteen öljyriippuvuuden merkittävä vähentäminen ja liikenteen hiilidioksidipäästöjen vähentäminen 60 %. Siinä esitetään kymmenkohtainen toimenpideluettelo, josta seuraavassa vaihtoehtoisten polttoaineiden ja tieliikenteen kannalta tärkeimmät kohdat:

Uusien ja kestävien polttoaineiden ja käyttövoimajärjestelmien kehittäminen ja käyttöönotto

- (1) Tavanomaisia polttoaineita käyttävien autojen käyttö puolitetaan kaupunkiliikenteessä vuoteen 2030 mennessä; ne poistetaan kaupungeista asteittain vuoteen 2050 mennessä; suurissa kaupunkikeskuksissa saadaan vuoteen 2030 mennessä aikaan pohjimmiltaan hiilidioksidivapaa kaupunkilogistiikka.
- (2) Ilmailussa käytettävien vähähiilisten kestävien polttoaineiden osuus on vuoteen 2050 mennessä 40 prosenttia; EU:n meriliikenteessä käytettävien polttoaineiden hiilidioksidipäästöjä vähennetään niin ikään vuoteen 2050 mennessä 40 prosenttia (mahdollisuuksien mukaan 50 prosenttia).

Multimodaalisten logistiikkaketjujen suorituskyvyn optimointi esimerkiksi hyödyntämällä energiatehokkaampia muotoja entistä laajemmin

- (3) Yli 300 km:n pituisista maanteiden tavarankuljetuksista siirretään tehokkaiden ja ympäristöystävällisten rahtikäytävien avustuksella muihin liikennemuotoihin, kuten rautatie- tai vesiliikenteeseen, 30 prosenttia vuoteen 2030 mennessä ja yli 50 prosenttia vuoteen 2050 mennessä. Tämän tavoitteen saavuttaminen edellyttää myös tarvittavan infrastruktuurin kehittämistä.
- (5) Vuoteen 2030 mennessä luodaan täysin toimintavalmis Euroopan laajuisen liikenneverkon multimodaalinen "runkoverkko" ja siihen liittyvä tietopalvelujen valikoima.

Liikenteen ja infrastruktuurin käytön tehokkuuden lisääminen tietojärjestelmien ja markkinaehtoisten kannustimien avulla

- (8) Vuoteen 2020 mennessä luodaan puitteet Euroopan multimodaaliliikenteen tiedonvaihto-, hallinto- ja maksujärjestelmälle.
- (10) Aletaan soveltaa täysimääräisesti "käyttäjä maksaa" ja "saastuttaja maksaa" -periaatteita, ja lisätään yksityisen sektorin sitoutumista vääristymien poistamiseksi, haitalliset tuet mukaan luettuina, tulojen hankkimiseksi ja rahoituksen varmistamiseksi tulevaisuuden liikenneinvestointeihin.

Asiakirjassa todetaan lisäksi seuraavaa:

"Vuonna 2001 julkaistun liikennettä koskevan valkoisen kirjan jälkeen on saatu paljon aikaan. Liikennejärjestelmä ei silti ole edelleenkään kestäväällä pohjalla. Selvää on, ettei liikenne voi seuraavien 40 vuoden aikana kehittyä samaan suuntaan. Jos jatkamme entiseen tapaan, liikenteen öljyriippuvuus voisi edelleenkin olla lähes 90 prosenttia, ja uusiutuvien energialähteiden osuus ylittäisi vain marginaalisesti vuodeksi 2020 asetetun

⁷ VALKOINEN KIRJA Yhtenäistä Euroopan liikennealuetta koskeva etenemissuunnitelma – Kohti kilpailukykyistä ja resurssitehokasta liikennejärjestelmää, 2011 (<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2011:0144:FIN:FI:PDF>)

10 prosentin tavoitteen. Liikenteen hiilidioksidipäästöt olisivat vuonna 2050 edelleen vuoden 1990 tasoa korkeammat. Ruuhkista aiheutuvat kustannukset kasvaisivat noin 50 prosenttia vuoteen 2050 mennessä. Keskus- ja reuna-alueiden väliset saavutettavuuserot kärjistyisivät. Onnettomuuksista ja melusta aiheutuvat sosiaaliset kustannukset kasvaisivat entisestään.

Haasteena on purkaa liikennejärjestelmän öljyriippuvuus järjestelmän tehokkuutta uhraamatta ja liikkuvuutta vaarantamatta. Eurooppa 2020 -strategiassa vahvistetun lippulaiva-aloitteen "Resurssitehokas Eurooppa" ja uuden energiatehokkuusohjelman 2011 mukaisesti Euroopan liikennepolitiikan tärkeimpänä tavoitteena on auttaa luomaan järjestelmä, joka tukee Euroopan taloudellista kehitystä, parantaa kilpailukykyä ja tarjoaa korkealaatuisia liikkuvuuspalveluja käyttäen resursseja entistä tehokkaammin. Käytännössä liikennealalla on käytettävä vähemmän ja puhtaampaa energiaa, hyödynnettävä tehokkaammin modernia infrastruktuuria ja vähennettävä liikenteestä aiheutuvia haitallisia vaikutuksia, jotka kohdistuvat ympäristöön sekä veden, maan ja ekosysteemien kaltaisiin keskeisiin luonnonvaroihin. Liikkuvuuden rajoittaminen ei ole vaihtoehto."

4.2 EU:n toimenpiteet tulevaisuuden käyttövoimien käyttöönoton varmistamiseksi

Komissiolla on sekä yleisen CO₂-politiikan koordinoinnissa, että liikenteen vähähiilisyiden koordinoinnissa paljon yhtymäkohtia teollisuuden (autovalmistus) ja energiasektorin (biopolttoaine- ja sähköntuotanto) toimijoiden kanssa. Hajanaisen tehtäväkokonaisuuden kokoavana käytännön toimintaohjelman tulee EU:n tason toimenpiteissä toimimaan komission strategia eurooppalaisesta vaihtoehtoisten polttoaineiden strategiasta⁸, joka toimii tiekarttana 2050 päästötavoitteiden saavuttamiseksi ja öljyriippuvuuden vähentämiseksi. Työn taustalla on selvitetty laajasti eri politiikkavaihtoehtojen, infrastruktuurin ja laaja-alaisen keinovalikoiman yhteensovittamista. Varsinaisia määrällisiä tavoitteita uusien polttoaineiden käytölle EU-tasolla ei ole asetettu, mutta komission tiekartta pyrkii tunnistamaan ne unionin tasolla toteutettavat säädöstarpeet ja yhteistä koordinaatiota vaativat toimet samoin kuin rahoitusmekanismit, jotka ovat keskeisessä merkityksessä liikenteen vaihtoehtoisten käyttövoimien yleistymiseksi. Peruslähdekohtaksi komissio on työssään asettanut tekniikkaneutraaliuden ja että kaikkia vaihtoehtoisia polttoaineita tarjotaan EU-alueella ja että niille on olemassa yhtenäiset standardit. Tämä lähtökohta mahdollistaa parhaiden vaihtoehtojen käytön lisäämisen eri jäsenmaissa ja saumattomasti myös jäsenmaiden välisessä liikenteessä.

Pitkän tähtäimen kehittämisohjelman suurimpina ongelma-alueina komissio näkee LNG-infrastruktuurin ja bunkrauksen (laivojen tankkauksen) standardisoinnin puutteet erityisesti meriliikenteen tarpeisiin. LNG:n vahvuutena on jo kattava kaasun jakeluverkko Euroopassa, joka soveltuu myös tieliikenteen tarpeisiin. LNG:n hinta on lisäksi jo nyt kilpailukykyinen bensiinin ja dieselin kanssa.

Kaupunkiliikenteen ratkaisuna nähdään CNG joukkoliikenteessä ja lataussähkö henkilö- ja pakettiautojen käyttövoimana. Sähköautojen määrän kasvu edellyttää kehitystä akkujen painossa ja toimintamatkassa, sekä kattavan latausverkoston aikaansaamista. Myös laivojen satamatoiminnoissa voidaan hyödyntää maasähköä erityisesti paikallisen ilmanlaatu- ja meluongelmien ratkaisuna. Vedyn käyttö energiavarastona sähkömoottoreille nähdään kilpailukykyisenä vaihtoehtona 2025. Tämä edellyttää jo riittävää vedyn jakeluverkkoa ja suuren mittakaavan valmistusta. Vety on yksi pitkän tähtäimen ratkaisuista osin myös vesi- ja raideliikenteeseen.

⁸ Puhdasta energiaa liikenteen alalla: eurooppalainen vaihtoehtoisten polttoaineiden strategia <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2013:0017:FIN:FI:PDF>

Ilmailu on komission tiedonannon mukaan täysin riippuvainen nestemäisistä kerosiinia korvaavista biopolttoaineista koska sillä ei ole toistaiseksi nähtävissä muita vaihtoehtoja. Biokerosiinin tuotantomäärää tulee kasvattaa tarvetta vastaavasti ja varmistaa biokerosiinin kilpailukykyinen hinta kerosiinin korvaajana. Komissio tukee tavoitetta 75 %:n vähennyksestä CO₂-päästöihin henkilökilometriä kohti laskettuna.

Taustatyönä komission tiekartalle on toiminut asiantuntijaryhmä⁹ ja laajat kuulemiset, joiden pohjalta jäsenmaiden kansalliset asiantuntijat antoivat omat suosituksensa komissiolle¹⁰. Suositukset sisälsivät vaihtoehtoisina polttoaineina ja käyttövoimamuotoina eri aikajän-teillä parhaiten soveltuvat vaihtoehdot kulkumuodoittain (taulukko 4.1). EU:n piirissä ei ole esitetty määrällisiä arvioita tulevasta energiankulutuksen jakautumisesta käyttömuodoittain, mutta yleisesti huomioidut kehityksestä painottavat, että vaikuttavuutta ei ole saatu aikaan riittävässä määrin, jotta pitkän tähtäimen CO₂-tavoitteessa pysyttäisiin. Toistaiseksi EU:n lainsäädäntö on keskittynyt 2020 tavoitteiden valossa polttomoottoritekniikalla varustettujen autojen energiatehokkuuden parantamiseen. Vaikka tulokset siltä osin ovat olleet odotetut, haasteet raskaan liikenteen ja muiden liikennemuotojen osalta ovat jääneet ratkaisematta. Vahva EU:n tahtotila toimii suunnannäyttäjänä myös merenkulun ja ilmailun uusien käyttövoimaratkaisuja koskevien päätösten valmistelussa, jotka tehdään EU:n takien koskien kansainvälisissä merenkulun ja ilmailun organisaatioissa IMO:ssa ja ICAO:ssa.

Taulukko 4.1. Kansallisten asiantuntijoiden⁶ yhteenveto käyttövoimavaihtoehdoista eri aikajän-teillä.

LIIKENNEMUODOT							
	TIELIIKENNE			ILMA	VESI	RAIDE	
	Henkilöautot/kevyt jakeluliikenne	Raskaat ajoneuvot					
		Kaupunkiajo	Pitkät matkat				
LYHYT AIKAJÄNNE 2020	Bioetanoli			Biopolttoaineseokset	Biopolttoaineseokset		
	Biodieseli						
	Sähkö	Sähkö (hybridi)			Sähkö (lautat ja yhteysliikenne, APU)	Sähkö /dieselhybridi	
	Vety (kokeiluaste)	Vety (bussit)					
	LPG (Autogas)				LNG (meriliikenne)		
	HVO	HVO					
	Metaani	Metaani	HVO/ Metaani kaksikäyttö		CNG (sisävesiliikenne)		
KESKIPITKÄ AIKAJÄNNE 2030	Bioetanoli (25 %vol, 2. sp)						
	Biodieseli (2. sp)	Biodieseli (1. ja 2. sp)		Biopolttoaineet (1. ja 2. sp)	Nestemäiset biopolttoaineet		
	Sähkö	Sähkö (hybridi)		APU: polttokennosähkö	APU: polttokennosähkö	Sähkö /dieselhybridi	
	Vety						
	Biometani		CNG/Biometani			Biometani (sisävesiliikenne)	
	BTL/GtL (pitkät matkat)	Synteettiset polttoaineet (GtL)		Synteettiset polttoaineet (GtL)			
	HVO	HVO	HVO		LNG (short sea shipping)		
PITKÄ AIKAJÄNNE 2050	Sähkö (uusiutuvasta lähteestä)			APU: polttokennosähkö	SOFC	Sähkö /dieselhybridi	
	Vety (uusiutuvasta lähteestä)			Vety polttomoottorissa			
	Biopolttoaineseokset (2. ja 3. sp) (vain pitkät matkat)		Biopolttoaineseokset (2. ja 3. sp)		Biopolttoaineet (2. ja 3. sp)	Nestemäiset biopolttoaineet	
	Biometani (pitkät matkat)		Biometani				

⁹ European Expert Group on Future Transport Fuels: Report on Future Transport Fuels

<http://ec.europa.eu/transport/themes/urban/cts/doc/2011-01-25-future-transport-fuels-report.pdf>

¹⁰ Report of the Joint Expert Group on Transport & Environment with recommendations for the European Commission http://ec.europa.eu/transport/themes/urban/cts/doc/jeg_cts_report_201105.pdf

Strategiaan liittyen komissio esitti 24.1.2012 julkaisemassaan vaihtoehtoisten polttoaineiden käyttöönottoa koskevassa direktiiviehdotuksessa ¹¹ seuraavia jäsenmaita velvoittavia toimenpiteitä euroopanlaajuisen jakeluinfrastruktuurin rakentamiseksi:

- sähkö – määritetään latausasemien vähimmäismäärät EU-maille vuoteen 2020 mennessä ja otetaan käyttöön standardipistokkeet (Type-2), jolloin sähköauton voi ladata kaikkialla EU:ssa;
- vety – laaditaan yhteiset tankkausasemien, polttoaineletkujen ja muiden osien standardit ja edellytetään jakeluasemien täydentämistä verkoksi niissä 14 EU-maassa, joissa vetyä tällä hetkellä jaetaan;
- nesteytetty maakaasu, LNG – veloitetaan järjestämään laivojen LNG:n saanti 139 TEN-T ydinverkon merisatamissa vuoden 2020 loppuun mennessä ja sisäsatamissa 2025 mennessä, sekä edellytetään TEN-T ydinverkolla kuorma-autojen tankkausasemia enintään 400 kilometrin välein vuoden 2020 loppuun mennessä;
- paineistettu maakaasu, CNG – edellytetään, että vuoden 2020 loppuun mennessä yhteisten standardien mukaisia julkisia autojen tankkausasemia on kaikkialla Euroopassa enintään 150 kilometrin välein.

Suomen osalta vaatimukset on esitetty taulukossa 4.2. Jakeluverkon yhteensopivuuden ja maiden välisen liikennöitävyyden varmistamiseksi EU:ssa tarvittavat standardit on tarkoitus saada valmiiksi vuoteen 2015 mennessä. Nestemäisten biopolttoaineiden osalta edellytetään lisäksi yhtenäisiä merkintöjä autojen ja polttoaineiden yhteensopivuudesta tankkauspisteisiin jakelulaitteisiin, ajoneuvojen ohjekirjoihin. Jäsenvaltioiden olisi direktiiviehdotuksen mukaan lisäksi laadittava toimintaohjelma, jossa tulee esittää vaihtoehtoisten käyttövoimien tilannekatsaus, tavoitteet sekä yleistymiseen tarvittava infrastruktuuri ja muut toimenpiteet. Seuranta toimenpiteiden osalta toteutettaisiin kahden vuoden välein.

Taulukko 4.2. Direktiiviehdotuksen määrälliset tavoitteet Suomen osalta.

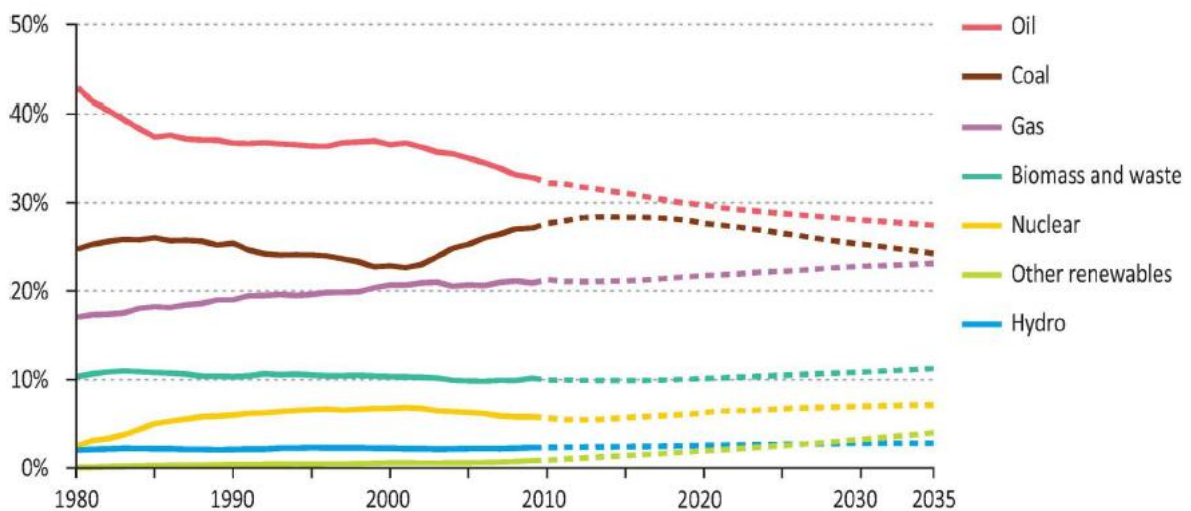
	Tavoitteen asettamisperuste	Määrällinen tavoite
Autojen sähkölataus	2 kpl kutakin arvioitua vuonna 2020 käytössä olevaa sähköautoa kohden, joista 10 % yleisesti saatavilla	71 000 yleisesti saatavilla: 7 000
CNG-verkko	150 km:n välein	60
LNG-verkko meriliikenne	TEN-T-ydinverkon satamat	3 (Kotka/Hamina, Helsinki ja Turku/Naantali)
LNG-verkko tieliikenne	TEN-T-ydinverkolla 400 km:n välein	6
Vety	150 km:n välein olemassa olevien jakelupisteiden välille	6

¹¹ Ehdotus direktiiviksi vaihtoehtoisten polttoaineiden infrastruktuurin käyttöönotosta
[http://www.europarl.europa.eu/RegData/docs_autres_institutions/commission_europeenne/com/2013/0018/COM_COM\(2013\)0018_F1.pdf](http://www.europarl.europa.eu/RegData/docs_autres_institutions/commission_europeenne/com/2013/0018/COM_COM(2013)0018_F1.pdf)

4.3 Globaali viitekehys

EU ei pysty toteuttamaan tulevaisuuden käyttövoimia koskevia tavoitteitaan yksin. Erityisesti merenkulun ja ilmailun haasteet ovat maailmanlaajuiset, mutta myös globaali autoteollisuus edellyttää, että suuremmissa mittakaavassa polttoaineiden tuotanto ja tarpeet kohtaavat. Kehittyvien maiden energiankulutuksen kasvulla ja polttoaineiden saatavuudella on tässä oma roolinsa.

Kansainvälinen energiajärjestö (International Energy Agency, IEA) julkaisee vuosittain energiakatsauksen josta käytetään nimeä "World Energy Outlook" (WEO). Uusin versio on vuodelta 2011, ja vuoden 2012 kirja julkaistaan marraskuussa 2012. Näissä molemmissa tähtäin on vuoteen 2035. Kuvassa 4.2. on arvio primäärienergian lähteiden prosenttiosuuksien kehittymisestä. Kuva on "new policies" skenaariolle, jonka lähtökohdaksi on toimenpidetaso, joilla lämpeneminen voitaisiin pysäyttää 2 asteeseen. Tämän mukaan öljyn lisäksi myös hiilen osuus kääntyy laskuun. Suhteellisesti eniten kasvavia energialähteitä ovat muu uusiutuva energia kuin biomassassa ja kaasu, biomassalle ja jätteille sekä ydinvoimalle ennustetaan pientä kasvua.



Kuva 4.2 Ennuste primäärienergian lähteiden osuuksien kehittymisestä vuoteen 2035. (WEO 2011)

Energiateknologioiden kehitystä peilaavaa Energy Technology Perspectives (ETP) –kirjaa julkaistaan kahden vuoden välein. Uusin on kesäkuulta 2012 (ETP 2012). Aikaisempien kirjojen tapaan tässä on oma kappale liikenteestä. ETP-julkaisujen osalta on muistettava, että niissä esitetyt skenaariot kuvaavat potentiaaleja energian kulutuksen ja kasvihuonekaasupäästöjen vähentämiseksi, ei niinkään nykytilan ja jo tehtyjen päätösten pohjalta ennustettavissa olevaa todellista kehitystä.

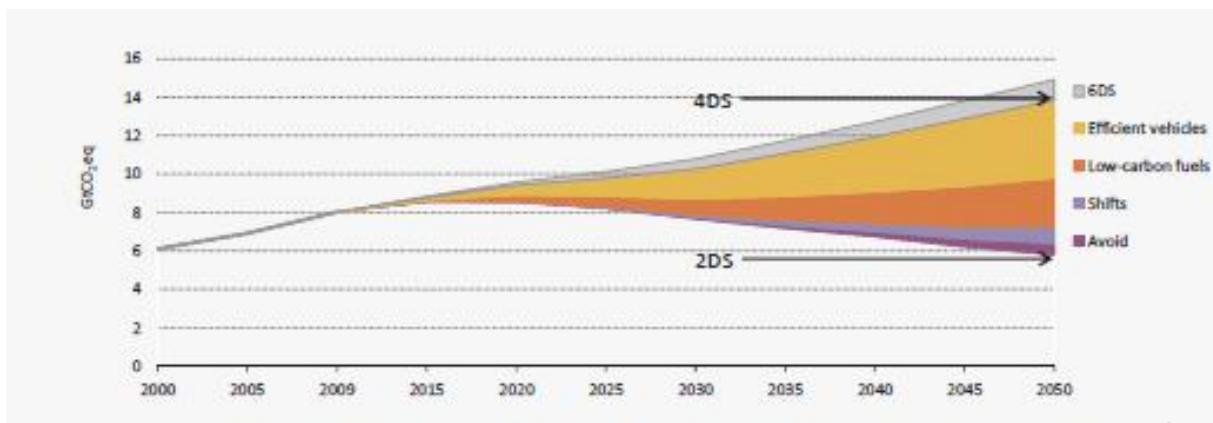
Liikenteen osalta ETP 2012 tunnistaa seuraavat päälinjat toimenpiteiden osalta:

- Liikenne on edelleen riippuvainen öljystä, koska öljytuotteiden energiatiheys on korkea ja öljy on hinnaltaan kilpailukykyinen useimpiin vaihtoehtoihin polttoaineisiin verrattuna
- Epävarmuus taloudessa, politiikassa ja öljymarkkinoilla on heijastunut investointeihin ja kuluttajien käyttäytymiseen
- Ilmastonmuutoksen hillitsemiseksi tarvitaan "vältä/vaihda/paranna" toimintatapaa:
 - uusien teknologioiden ja polttoaineiden käyttöönotto ("paranna")

- o liikkumisen kysynnän kasvun taittaminen mm. maankäytön suunnittelulla ("vältä")
- o siirtyminen tehokkaisiin liikkumis- ja kuljetusmuotoihin (esim. joukkoliikenne, kumipyöriltä raiteille, "vaihda")
- Energiatohokkuutta parannetaan kustannustehokkain toimenpitein
- Sähköautojen markkinoille tulo on käynnistynyt, seuraavat vuodet ovat kriittiset menestyksen kannalta, mutta muutos voi olla myös nopeampi kuin mitä aikaisemmin on arvioitu

Kuvassa 4.3. on esitetty miten liikenteen vuoden 2050 hiilidioksidipäästövähennykset voitaisiin saavuttaa (toimenpiteet merkittävyysjärjestyksessä):

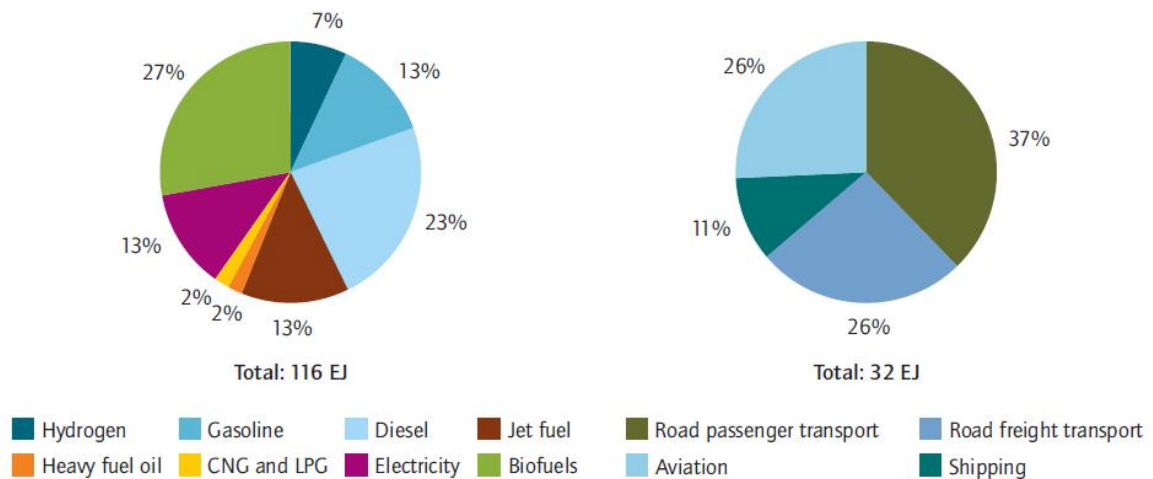
- tehokkaat ajoneuvot
- vähähiiliset polttoaineet ja energiamuodot
- tehokkaisiin liikkumis- ja kuljetusmuotoihin siirtyminen
- liikkumisen vähentäminen



Kuva 4.3. Toimenpiteet vuoden 2050 päästövähennysten saavuttamiseksi. (ETP 2012)

Kuvassa 4.4. on ennakoitu käyttövoimien jakauma eri liikennemuotoihin vuonna 2050. Koko liikennesektorin osalta biopolttoaineiden osuus olisi 27 %, sähkön 13 % ja vedyn 7 %. Biopolttoaineiden käyttö taas jakautuisi seuraavasti:

- henkilöliikenne (tieliikenne) 37 %
- tavaraliikenne ja lentoliikenne kumpikin 26 %
- laivaliikenne 11 %



Kuva 4.4. Arvio käyttövoimien ja biopolttoaineiden jakaumista vuodelle 2050. (Biofuels Roadmap 2011)

4.4 Kansalliset ohjauskeinot

4.4.1 Biopolttoaineiden jakeluelvoite

Biopolttoaineiden käytön edistämiseksi ja EU:n asettaman uusiutuvan energian liikenteen osuuden saavuttamiseksi vuonna 2020 on Suomessa säädetty laki (1420/2010) biopolttoaineiden jakeluelvoitteesta. Jakeluelvoitteen mukaan biopolttoaineiden osuuden tulee otto- ja dieselmoottoreissa käytettävien liikennepolttoaineiden energiasisällöstä laskettaessa olla 20 prosenttia vuonna 2020. Toisen sukupolven biopolttoaineet saavat hyötyä siitä, että niiden käyttö lasketaan kaksinkertaisena määränä jakeluelvoitetta täytettäessä. Pyrkimyksenä on siksi toteuttaa velvoite pääosin biopolttoaineilla, joihin sovelletaan tätä nk. tuplalaskentaa.

Jakeluelvoitteen avulla on pyritty luomaan varma ja ennustettava biopolttoaineiden kotimarkkina, joka rohkaisee yrityksiä toteuttamaan biopolttoaineiden tuotantoinvestointeja. Korkealla, EU:n vaatimukset kaksinkertaistavalla velvoitetasolla halutaan erityisesti kannustaa investointeja toisen sukupolven teknologioihin, jotka hyödyntävät tuplalaskennan piirissä olevia kotimaisia raaka-ainelähteitä. Jakeluelvoite on porrastettu vuosittain (taulukko 4.3.) niin, että liikenteen biopolttoaineita koskeva tavoite saavutetaan mahdollisimman kustannustehokkaasti. Jakelijoiden tulee voida valita kustannuksiltaan edullisimmat tavat täyttää velvoitteensa. Jakeluelvoitteen laiminlyönnistä seuraa huomattavat taloudelliset sanktiot.

Jakeluelvoite vuoteen 2020 ei välttämättä edellytä erityistä ajoneuvokalustoa, sillä 20 prosentin osuus on saavutettavissa nykyisen tyyppisellä kalustolla. Tällöin biopolttoaineiden käyttö kuitenkin painottuisi vahvasti dieselajoneuvoihin. Tilannetta voidaan tasapainottaa, jos käyttöön otetaan runsaasti etanolia sisältäviä polttoaineita, kuten E85-polttoainetta (85 prosenttia etanolia, 15 prosenttia bensiiniä). Tällaisen polttoaineen käyttö kuitenkin edellyttää sille sovitettuja niin sanottuja FFV-ajoneuvoja (Flexi-Fuel-Vehicle).

Jakeluelvoitetta täydentää energiasisältöön sekä lähipäästöihin ja elinkaarenaikaisiin hiilidioksidipäästöihin perustuva energiaverotus.

Taulukko 4.3. Jakeluvetoilain mukaiset biopolttoaineiden vähimmäisosuudet vuosittain.

Vuosi	Vähimmäisosuus (% - energiasisällöstä)
2011—2014	6,0
2015	8,0
2016	10,0
2017	12,0
2018	15,0
2019	18,0
2020	20,0

4.4.2 Tieliikenteen verotus

Tieliikenteen verotus koostuu ajoneuvon rekisteröinnin yhteydessä maksettavasta autoverosta, vuosittain maksettavasta ajoneuvoverosta ja liikennepolttoaineista kannettavasta polttoaineverosta. Liikenteen verotus kohdistuu siten niin ajoneuvon hankintaan, käytettävissä oloon kuin todelliseen käyttöön. Liikenteeseen kohdistuva verotus on uudistettu vuoden 2007 jälkeen kokonaan siten, että kaikki verot ovat nykyisin ympäristöperusteisia. Kokonaisuutena liikenteen vajaan 5 miljardin euron verotuotoista noin 60 prosenttia kerätään polttoaineverotuksella eli ajoneuvojen käytön perusteella.

Autovero ja ajoneuvoveron perusvero määräytyvät ajoneuvolle mitatun ominaishiilidioksidipäästön perusteella. Päästöperusteinen autovero otettiin käyttöön vuonna 2008, minkä jälkeen Suomessa käyttöön otettujen uusien henkilöautojen keskimääräinen hiilidioksidipäästö on alentunut yli 18 prosenttia. Vuosittain maksettava ajoneuvoveron perusvero muutettiin päästöperusteiseksi vuonna 2010.

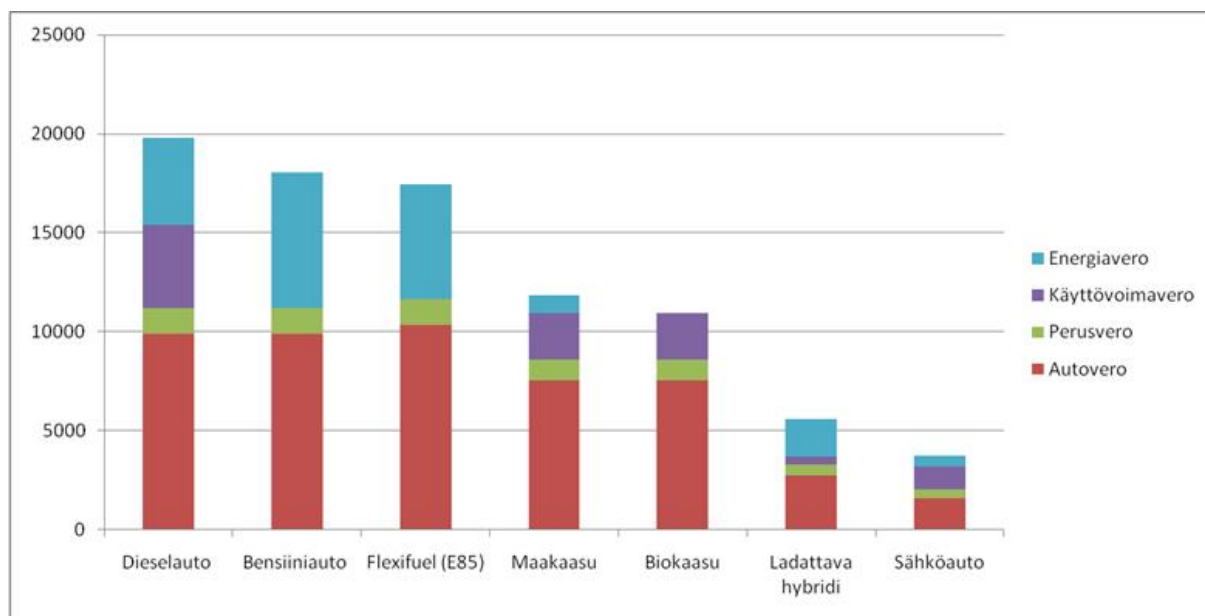
Autoveron ja ajoneuvoveron perusveron verotasoa tarkistettiin ohjausvaikutuksen lisäämiseksi vuoden 2012 alusta. Valtiotaloudellisen tarkoituksen lisäksi verotusmuutoksilla pyrittiin tehostamaan päästöperusteisen verotuksen ohjausvaikutusta ja suuntaamaan kysyntää mahdollisimman vähäpäästöisiin ajoneuvoihin. Verorakenteen ja -tasojen tarkastaminen oli tarpeen, koska ajoneuvojen tekninen kehitys ja päästöjen aleneminen on ollut viime vuosina nopeaa. Huhtikuun 2012 alussa voimaan tulleen autoveron muutoksen jälkeen verotettujen autojen keskimääräiset päästöt ovat laskeneet vajaalla 10 grammalla noin 135 grammaan kilometrillä.

Myös liikennepolttoaineiden verotus muutettiin vuoden 2011 alussa ympäristöperusteiseksi energiaverotusta koskevan uudistuksen yhteydessä. Polttoaineveroon vaikuttaa polttoaineen energiasisältö, poltosta syntyvän hiilidioksidin ominaispäästö ja lähipäästöt. Polttoaineverotukseen liittyvän käyttövoimaveron porrastus tuli voimaan vuoden 2012 alussa. Porrastuksessa sähköautot, ladattavat hybridautot ja kaasutot saivat omat käyttövoimaverotasonsa, jotka ovat yleistä käyttövoimaverotasoaa alemmat.

Ympäristöperusteinen autovero, ajoneuvovero ja polttoainevero suosivat tekniikkaneutraalisti kaikkia vähäpäästöisiä ajoneuvoja ja polttoaineita, eikä merkitystä anneta sille, millä tekniikalla päästöt syntyvät. VM on arvioinut, että vuoden 2012 verotasoilla auto-, ajoneuvovero- ja energiaverojen kokonaisverorasitus on kymmenen vuoden aikana sähköautolla noin 3 700 euroa ja ladattavalla hybridautolla hieman yli 5 000 euroa, kun se on bensiinautolla noin 18 000 euroa ja dieselautolla lähes 20 000

euroa (laskelmat on tehty käyttämällä keskimääräisiä polttoaineenkulutus-, kokonaisuissa- ja ajokilometrilukemia). Vähäpäästöiset ajoneuvot saavat siten merkittävää tukea suoraan veromallien rakenteen ansiosta.

Kuvasta 4.5 ilmenee, että Suomen päästöperusteisen liikenneverojen (auto- ajoneuvo- ja polttoainevero) rakenteen ansiosta sähköauton etu verotuksessa on noin 15 000–17 000 euroa kymmenen vuoden aikana verrattuna polttomoottoriautoihin. Ladattavan hybridin vastaava veroetu on noin 12 000–15 000 euroa.



Kuva 4.5 Kokonaisverorasitus 10 vuoden aikana eri käyttövoimavaihtoehtoilla (VM, 2012)

Kuorma-autoihin kohdistuu dieselöljyn polttoainevero ja ns vinjettidirektiiviin mukainen käyttövoimaveron. Linja-autoilta ei kanneta käyttövoimaveron. Kuorma- ja linja-autoilta ei kanneta autoveron eikä ajoneuvoveron perusveron. Pakettiautoilta kannetaan autoveron sekä ajoneuvoveron perus- ja käyttövoimaveron

Alus- ja lentoliikenteen polttoaineet ovat verottomia kansainvälisten sopimusten ja EU:n energiaverodirektiivin perusteella.

4.4.3 Tuki biopolttoaineiden tuotannolle

Biopolttoaineiden tuotantoinvestointien tukea myönnetään osana energiatukea, joka on yhteensä n. 45 M€/a. Tukea voidaan myöntää myös biokaasun tuotannolle, kun se menee liikennekäyttöön. Energiatukea ei kuitenkaan myönnetä ruokakasvipohjaisiin hankkeisiin. Energiatuesta 7 M€ on korvamerkitty uusien biopolttoaineteknologioiden pilotointi- ja demonstraatiohankkeisiin. Lisäksi vuonna 2012 on käytettävissä kertaluontoinen 100 M€ määräraha 2. sukupolven demonstraatiolaitosten tukeen.

Myös EU rahoittaa eri kanavista uusiutuvan energian hankkeita. Energiapuolen NER300-ohjelman ensimmäisellä kierroksella rahoituspäätöksiä tehtiin 1,5 mrd. euron edestä. Toista hakukierrosta valmistellaan parhaillaan ja sen suuruus on noin miljardi euroa päästöoikeuden hintakehityksestä riippuen. Liikenteen hankkeisiin tukea myönnetään myös TEN-T rahoitusmekanismin kautta. Rahoitusta voi saada erityisesti satamien LNG-

infran kehittämiseksi tai sähkön latausverkoston luomiseksi tieliikenteessä. EU on käyttänyt pelkästään puhtaiden tieliikenteen ajoneuvojen tutkimukseen ja demonstroimiseen yli 5 mrd. euroa 2008 vuodesta alkaen. Suuri osa tästä on mennyt autoteollisuuden tuotekehitykseen ja tieliikenteen ratkaisujen pilotointiin.

4.4.4 Informaatio-ohjaus

Kuluttajahyväksyntä on keskeinen tekijä uusien käyttövoimavaihtoehtojen yleistymiselle erityisesti henkilöautoliikenteessä, jossa käyttäjiä on paljon. Apua auton valintaan ja erilaisten käyttövoimien vertailutietoa on tuotettu mm. Liikenteen turvallisuusvirasto Trafín ylläpitämän ekoautoilu-sivustolla (www.trafi.fi/ekoautoilu). Trafín sivuilla on myös laskuri, jonka avulla voi vertailla myynissä olevien uusien henkilöautomalleja polttoaineenkulutuksen ja hiilidioksidipäästöjen mukaan. Tietokannasta löytyvät autojen kulutus- ja päästötietojen lisäksi myös niiden tekniset tiedot. Laskurin avulla voi vertailla useamman auton tietoja yhtä aikaa.

Motivan ”Valitse auto viisaasti” –verkkosivustolla (www.valitseautoviisaasti.fi) on kattavasti tietoa myös liikkumisen vaihtoehtoista eri kulkumuodoilla vertailukelpoisen aineiston avulla kautta. Motivan sivustolla on koottuna energialähteitä koskevaa tietoa eri energialähteiden ympäristöominaisuuksista, käyttöturvallisuudesta, kustannuksista ja saatavuudesta Suomessa.

EU:n toimenpiteinä on valmisteilla yhtenäiset merkinnät erilaisten polttoaineiden tunnistamiseksi jakeluasemilla samalla tavalla koko Euroopassa. Ajoneuvojen ja uusien polttoaineiden yhteensopivuus nousi ensimmäisen kerran suuren yleisen tietoisuuteen E10 bensiinin tullessa markkinoille. E10-sivustolla (www.e10benssiini.fi) on autovalmistajien tietoihin perustuva kattava tietopankki ajoneuvoista, joihin E10 bensiini soveltuu.

Jakeluasemien tietoja ylläpidetään verkossa polttoaineiden jakelijoiden, mutta myös yleisten sivustojen kautta kuten googlessa saatavilla oleva yksityisesti päivitetty RE85-karttapohja. Pohjois-Karjalan liikennebiokaasuverkosto on koontanut sivustolleen (www.liikennebiokaasu.fi) tietoa liikennebiokaasusta, joka sisältää lisäksi tiedot saatavissa olevista biokaasujoneuvomalleista kaikkiin liikennemuotoihin. Kaasun jakelupisteistä informoi myös Gasum. Sähkön jakelupisteistä pidetään yllä tietokantaa (www.sahkoinenliikenne.fi /latauspisteet) ”Sähköinen liikenne” –hankkeen yhteydessä, jonka sivustolta voi ladata myös latauspisteiden selailuun tarkoitettua mobiilisovelluksen.

5 Polttoaine- ja energiamäärät Suomessa

Päästöjen vähentymisestä huolimatta liikenteen energiankulutuksen kasvu ei ole toistaiseksi pysähtynyt. Huomiota tulee työryhmän mielestä kiinnittää jatkossa sekä energiatehokkuuden parantamiseen että sellaisten uusiutuvien polttoaineiden käytön edistämiseen, joilla aikaansaadaan parhaat päästöt vähentävät vaikutukset. Työryhmä arvioi, että jalostamokapasiteetti ei muodostu esteeksi uusien polttoaineiden voimakkaallekaan lisäämiselle. Huomiota tulee kuitenkin riittävästi kiinnittää raaka-ainepohjan kestävyteen ja kuljetusmatkoihin. Jalostamoinvestoinnit edellyttävät alkuvaiheessa riittävää tukea niin käytettävissä olevien rahoitusmekanismien kuin ennustettavan ja vakaan säädösympäristön muodossa.

5.1. Laskelmien lähtökohdat

Ilmastonmuutoksen hillitsemiseksi sovitut Suomea sitovat raportoidut päästövähennysveloitteet ja liikennesektorin keinovalikoiman laajuus pakottavat tarkastelemaan liikenteen öljyriippuvuutta sekä laskennallisesti, että laajemman yhteiskuntavastuun kautta. Suomalaisten liikkumisesta ja kulutuskäyttäytymisestä tai elinkeinojen kuljetuksista aiheutuvat ilmastopäästöt eivät kaikki ole mukana Suomen ilmastopäästöjen virallisessa laskennassa, joka kattaa vain kotimaan liikenteen osuuden. Juridisen vastuun näkökulmasta työryhmän tuottamat laskelmat painottavat näitä viralliseen raportointiin kuuluvien ilmastopäästöjen vähentämistä. Vastuu Suomen liikenteen omista päästöistä on kuitenkin tätä laajempi. Ilmailun ja merenkulun päästöistä suuri osa ei kuulu Suomen raportointivelvoitteeseen. Mahdollisuudet ilmailun ja meriliikenteen päästöjen vähentämiseen ovat merkittävät kun huomioon otetaan myös virallisen laskennan ulkopuolelle jäävä liikenne, jonka toisena määräpaikkana on Suomi.

Vastuun näkökulma sisältyy myös tarkasteluihin, joita on tehty suunnitellun biopolttoaineiden tarpeen ja kotimaisen tuotannon osalta. Omavaraisuuden arviointi on kuitenkin osin pelkästään laskennallista, sillä käytännössä Suomessa tuotettuja polttoaineita viedään laajasti myös muihin maihin. Kansallisella tasolla fossiilisten polttoaineiden tuonnin vähentämisellä ja biopolttoaineiden viennillä on merkittäviä vaikutuksia valtion kauppataaseeseen. Konkreettisten keinojen valinnassa tulee lisäksi ottaa huomioon hajautetun polttoainetuotannon edut aluetaloudelle ja alueelliselle energiantuotannon omavaraisuudelle, elinkeinojen toimintaedellytysten säilymiselle ja työpaikkojen synnylle. Työryhmän suositukset on laadittu niin, että laskennan rajauksista riippumatta vuonna 2050 fossiilinen polttoaine on mahdollisimman laajasti korvattu muilla energianlähteillä kustannustehokkaimmalla ja yhteiskuntaa parhaiten hyödyttävällä tavalla.

5.2 Polttoaine- ja energiamäärien käytön nykytilanne

Öljyalan keskusliiton (ÖKL) mukaan Suomessa liikennepolttoaineita myytiin vuonna 2011-2012 seuraavasti (kt) (ÖKL 2013):

Polttoaineiden myynti kotimaan liikenteeseen	2011	2012
benssiini	1621 kt	1569 kt
diesel	2427 kt	2399 kt
kevyt polttoöljy (tästä osa työkoneisiin ja veneisiin)	1681 kt	1696 kt
lentobensiini	1 kt	0,9 kt

(mäntämoottoriset pienlentokoneet)		
lentopetroli	123 kt	118 kt
Polttoaineiden myynti ulkomaan liikenteeseen		
lentopetroli	617 kt	596 kt
kevyt polttoöljy	61 kt	42 kt
raskas polttoöljy	142 kt	82 kt

Tieliikenteen osalta luvut kuvannevat varsin hyvin kulutusta Suomen alueella, mutta lento- ja meriliikenteessä Suomen alueella kulutetaan myös muualta hankittuja polttoaineita. Suomeen suuntautuvan meriliikenteen polttoainekulutusta on arvioitu eri menetelmillä ja keskimääräinen vuosittainen polttoainekulutus on noin 2 miljoonaa tonnia.

Suomessa biopolttoaineiden osuus nestemäisissä tieliikennepolttoaineissa oli vuonna 2011 ns. biopolttoaineiden jakeluvuorokauden mukaisesti 6 % laskettuna polttoaineiden energiasisällöstä, eli määränä noin 240 ktoe (laki 1420/2010). Lisäksi tieliikenteessä käytettiin vuonna 2011 noin 5 ktoe metaania (maakaasua), eli 0,1 % liikennepolttoaineiden kokonaisenergiamäärästä.

Dieseliä, maakaasua ja lentokerosiiniä korvaavia biokomponentteja käytetään suoraan olemassa olevissa ajoneuvoissa ja liikennevälineissä. Laivaliikenteessä otettiin vuoden 2013 alussa käyttöön ensimmäinen LNG:tä hyödyntävä matkustaja-alus. Vaihtoehtoisia energioita käyttäviä henkilöautoja oli käytössä 2012 vuoden lopulla seuraavasti: etanolikäyttöisiä (E85) FFV-autoja 2443 kappaletta, kaasuautoja 834 kappaletta ja sähköautoja 109 sekä ladattavia hybridautoja 152 kappaletta (www.trafi.fi 2013). Raskaita kaasua käyttäviä autoja (busseja ja kuorma-autoja) oli käytössä 131. Vaihtoehtoisten ajoneuvojen määrät ovat lisääntyneet suhteellisesti paljon, mutta kokonaismäärät eivät ole kehittyneet tavoitteiden mukaisesti.

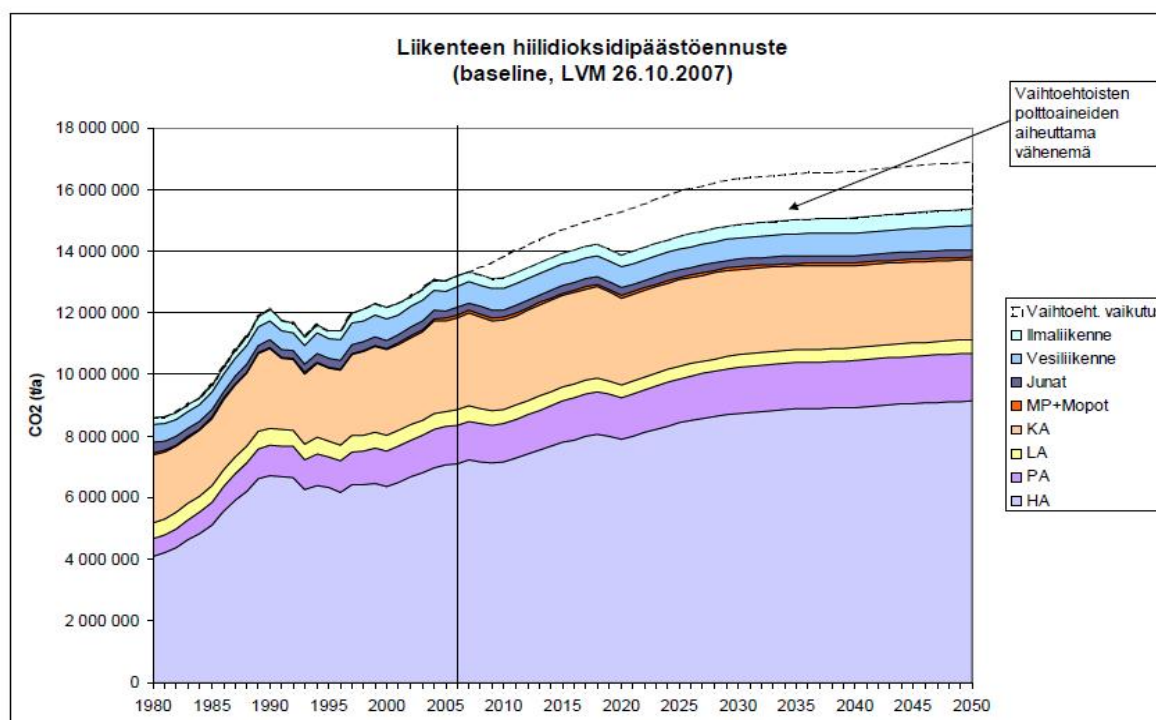
5.3 Hiilidioksidi- ja energiamääräarviot vuoteen 2020-2050

5.3.1 Ilmastotavoitteiden toteutumisen ennusteet

Liikenne- ja viestintäministeriö toimenpiteiden päästövähennyspotentiaalia ja kustannuksia on ensimmäisen kerran laajasti arvioitu vuonna 2009 ilmastopoliittisessa ohjelmassa (ILPO 2009), jossa määriteltiin ministeriön hallinnonalan konkreettiset ilmastotavoitteet ja toimet niiden saavuttamiseksi.

Tätä varten on tuotettu ennusteita liikennesektorin hiilidioksidipäästöjen kehittymisestä. Arviot ulottuvat aina vuoteen 2050 asti, mutta epävarmuus lisääntyy merkittävästi vuoden 2020 jälkeen. Vuoden 2020 tilanne voidaan ennustaa kohtuullisella tarkkuudella, koska Suomea koskevat EU:n sitovat velvoitteet.

Kuvassa 5.1 on vuonna 2007 laadittu liikenteen hiilidioksidipäästöjen ns. baseline-skenaario, johon ILPO-ohjelma perustui. Jo tähän baseline-skenaarioon oli sisällytetty 10 % biopolttoaineita koskeva tavoite vuonna 2020. Liikenteen CO₂-taseessa biopolttoaineet katsotaan hiilineutraaleiksi.



Kuva 5.1. Liikenteen hiilidioksidipäästöennuste (baseline 2007). (ILPO 2009)

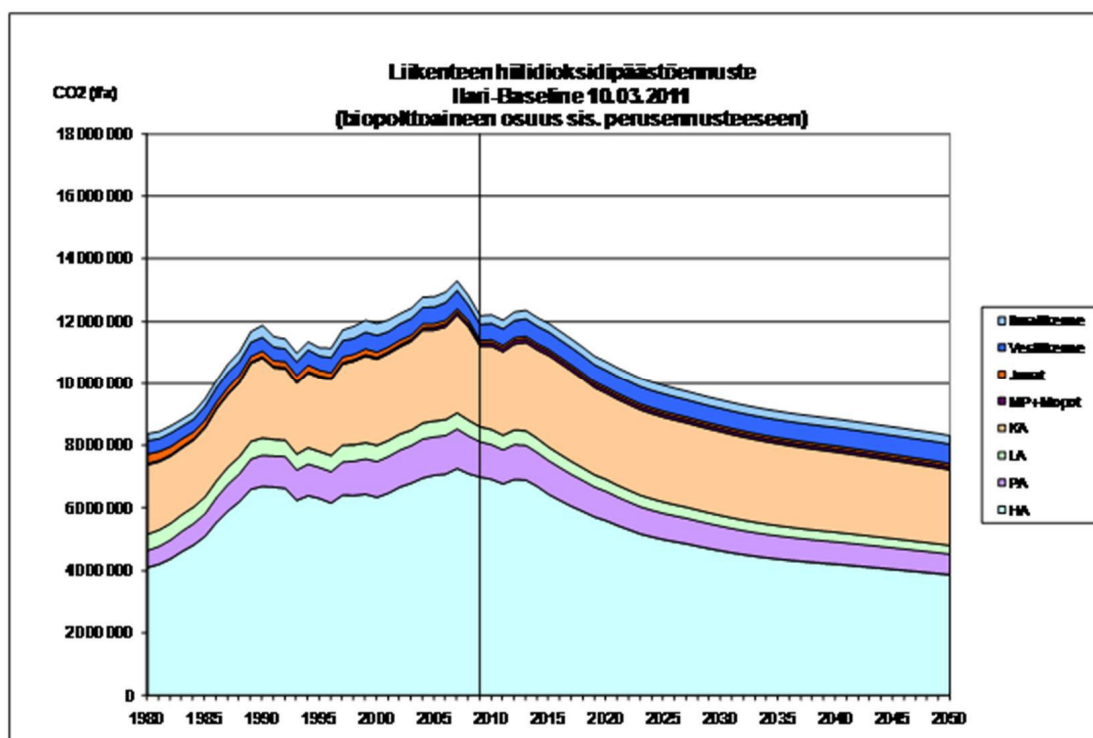
Syksyllä 2011 liikennesektorille laskettiin ILARI-hankkeessa uusi kasviuonekaasupäästöjen kehitystä nykytoimenpiteillä kuvaava ns. ILARI-baseline-ennuste. Uusi skenaarioennuste korvaa ennusteen, joka oli liikenteen toimenpiteiden perustana vuonna 2008 valmistuneessa kansallisessa pitkän aikavälin ilmasto- ja energiastrategiassa ja ILPO:ssa. Uudessa ennusteessa päästöt kääntyvät laskuun jo vuonna 2013. Suurimmat selittävät tekijät muutokselle löytyvät ajoneuvokannan kehittymisen ennusteista ja vuosina 2009 ja 2011 tehdyistä autovalmistajia koskevista säädöksistä autojen päästöjen rajoittamiseksi. Skenaarion luvut meri- ja ilmaliikenteelle on esitetty virallisen kasviuonekaasuraportoinnin rajausten mukaan. Rajausten johdosta mukaan tulee vain se osa Suomeen tulevasta ja täältä lähtevästä meri- ja ilmaliikenteen aiheuttamista kokonaispäästöistä, jotka muodostuvat Suomen alueella. Kotimaisten lentokenttien ja satamien sekä lento- ja laivayhtiöiden kautta päästövähennyspotentiaali ja vaikutusmahdollisuudet ovat kuitenkin ympäristövastuun kannalta huomattavasti suuremmat.

Liikenteen uusi vuoden 2011 baseline-skenaario on esitetty kuvassa 5.2. ILARI 2011 skenaariossa biopolttoaineiden osuus on nostettu ILPO:n 10 %:sta 15 %:iin. Perustelu tälle on, että Eduskunta päätti joulukuussa 2010 biopolttoaineiden käytön edistämisestä liikenteessä annetun lain muuttamisesta niin, että vuoden 2020 laskennallinen tavoite on 20 % (1420/2010, katso luku 3). ILARI olettaa, että vuonna 2020 tieliikenteessä on käytössä 10 % perusvaatimukset täyttävää biopolttoainetta ja 5 % tuplalaskennan vaatimukset täyttävää biopolttoainetta. Laskennalliseksi osuudeksi tulee tällöin 20 %, todellisen liikenteen CO₂ taseeseen vaikuttavan määrän ollessa 15 %.

Tieliikenteen yhteenlasketun polttoainemäärän ollessa 3657 ktoe biopolttoainemäärän pitäisi tällöin olla n. 550 ktoe. Nämä polttoainemäärät on laskettu öljykvivalenttitonneina, mikä tarkoittaa sitä että luvut on korjattu lämpöarvon suhteen (esim. etanolin lämpöarvo on selvästi bensiinin tai dieselin lämpöarvoa alhaisempi). Biopolttoaineet ja sähkö lasketaan käytön osalta hiilineutraaleiksi. Täten junien luku tarkoittaa dieselkäyttöisten junien liikennettä.

Muita oletuksia mallissa on seuraavia:

- Henkilöautoliikenteen kasvu verrattuna nykytilanteeseen (v. 2010) on vuonna 2020 11 % ja vuonna 2050 31 % ja tavara-autoliikenteen 16 % ja 39 % vastaavasti
- Henkilöautojen energiatehokkuuden paranemisesta aiheutuva CO₂-vähenemä on v. 2020 noin 22 % ja v. 2050 noin 53 % perusvuodesta 2009
- Sähkökäytön osuutta henkilöautoliikenteessä ei ole erikseen ennustettu. Vuoteen 2020 asti sähkö- ja hybridi-autot sisältyvät keskimääräiseen päästöön 130 (2015) ja 95 g/km (2020) EU-säännösten mukaan laskettuna.
- Päästökäytännöissä uusmyynnin oletetaan olevan n. 6-7 % autokannasta.
- Auton käyttövoimaa ei erikseen huomioida Baseline-ennusteessa, sillä laskennassa merkitseviä tekijöitä ovat uusmyynnin keskimääräinen CO₂-päästö, auton käyttöikä ja ikään perustuva vuotuinen suorite.
- Koska vuosittainen suorite on ennusteen lähtökohta, ei myöskään autojen kokonaismäärällä ole suurta merkitystä. Merkitystä on vain eri-ikäisten autojen määrien suhteilla ja niillä ajettulla kokonaissuoritteella.
- Perusskenaariossa ei näy biopolttoaineen sisältämä energia, koska biopolttoaine CO₂-päästönä katsotaan olevan 0. Biopolttoaineen oletetaan korvaavan fossiilista polttoainetta 100 %. Energiamääräksi muutettuna biopolttoaineen osuus kuitenkin on eroteltavissa.
- Perusskenaariossa on mukana myös nykyiset liikenteen ohjauskeinot kuten hiilidioksidiperusteiset auto- ja ajoneuvoverotus. Liikenteen ympäristöperusteinen vero-ohjaus on jo nyt jo varsin voimakasta, sillä ympäristöperusteisilla liikenneveroilla kerätään verotuloja noin 4,5 mrd euroa, mikä on noin 11 prosenttia valtion verotuloista.



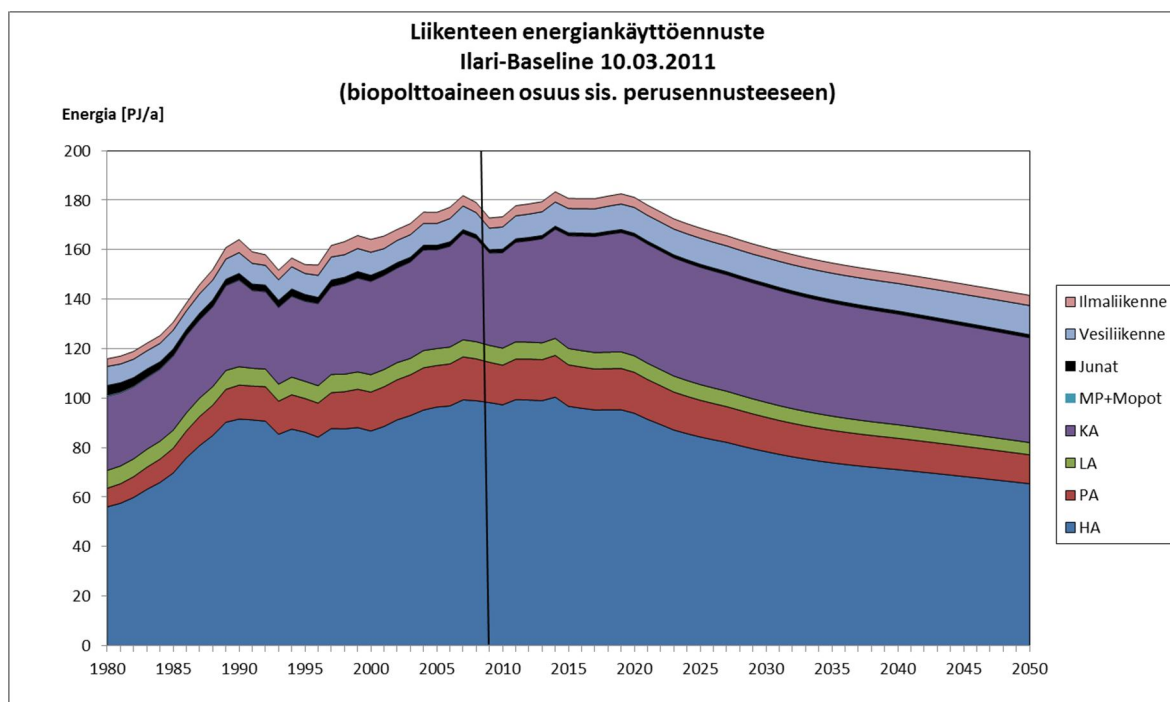
Kuva 5.2. Liikenteen "baseline" hiilidioksidipäästöennuste ILARI vuoteen 2050 liikennemuodoittain (biopolttoaineiden osuus sisältyy ennusteeseen). (Jääskeläinen 2012)

Eri liikennemuotojen osalta vuodelle 2020 arvioidut CO₂-päästömäärät ovat ILARI-skenaariossa seuraavat:

Taulukko 5.1. ILARI 2011 baseline skenaarion mukaiset hiilidioksidipäästöt (Mt CO₂) vuonna 2020.

Tieliikenne:	CO ₂ -päästöt Mt CO ₂
henkilöautot	5,60
pakettiautot	0,95
linja-autot	0,38
kuorma-autot	2,76
kaksipyöräiset	0,10
yhteensä	9,79 Mt CO ₂
Muut liikennemuodot:	
junat	0,09
vesiliikenne	0,56
ilmaliikenne	0,28
Kaikki yhteensä	10,72 Mt CO ₂

Työryhmän työtä varten ILARI-skenaariosta tuotettiin myös ennustetieto energiankulutuksesta eri vuosina (kuva 5.3., taulukko 5.2.). Energiankulutuksen näkökulmasta korvattavan polttoaineen ja näitä korvaavien uusiutuvien polttoaineiden ja käyttövoimien määristä voidaan näin tehdä tarkempia arvioita. ILARI:n lähtöoletuksista johtuen, tieliikenteen energiankulutuksen lasku on hyvin maltillista.



Kuva 5.3. Liikenteen "baseline" energiankulutusennuste (PJ/a) vuoteen 2050 liikennemuodoittain.

Taulukko 5.2. ILARI 2011 baseline skenaarion mukaiset energiamäärät (PJ) vuonna 2009, 2020, 2030 ja 2050.

ILARI baseline energiana (PJ)				
	2009	2020	2030	2050
HA	98	94	78	65
PA	16	17	14	12
LA	6,8	6,6	6,0	4,9
KA	37	48	47	42
MP+Mopot	0,05	0,03	0,03	0,03
<i>Tiel. yhteensä</i>	<i>159</i>	<i>165</i>	<i>145</i>	<i>124</i>
Junat	1,3	1,2	1,2	1,2
Vesiliikenne	8,7	10,4	10,5	11,8
Ilmaliikenne	4,1	4,1	4,1	4,1
Liikenne yhteensä	173	181	161	142

Sähköautojen ennakoitavissa oleva voimistuva käyttöönotto 2025 jälkeen, tarkoittaisi kuitenkin energian hyötysuhteen paranemisen kautta vaikutuksia myös kokonaisenergiankulutukseen. Sähköautojen käyttö on luontaisinta taajamaliikenteessä, jossa sen edut lähipäästöjen ja melun osalta tulevat täysin hyödynnetyksi. Katuliikenteen suoritteiden on ennustettu vuonna 2050 olevan noin 24 miljardia kilometriä ja päästö baseliinassa n. 1,6 milj. t CO₂. Jos kaupunkiauton suorite olisi 10 000 km/a, tarvittaisiin siten noin 2,4 miljoonaa sähköautoa tämän suoritteiden ajamiseen. Vastaavasti tämän suuruisen suorite voidaan tehdä ladattavilla hybridiajoneuvoilla. Kokonaispäästöjen vähennys olisi tällöin korvattavan fossiilisen polttoaineen mukaisesti laskettuna 1,6 milj. t CO₂ eli noin 20 % liikenteen kokonaispäästöstä. Tulee muistaa, että taajamissa olisi päästöjen kannalta aivan yhtä hyvä ratkaisu ohjata ihmisiä kävelemään, pyöräilemään ja kulkemaan (sähköistetyllä) joukkoliikenteellä.

Tällä hetkellä ILARI-skenaariorissa liikenteen sähköistyminen on mukana vain autojen päästövähennystavoitteessa vuodelle 2020 erilaisten hybridiajoneuvojen osana. Käytännössä kokonaisenergiantarve ILARI-skenaariorissa pohjaa siten vuonna 2020 käytössä olevaan teknologiaan, jota on laskennallisesti jatkettu vuoteen 2050 asti. Sitovia päätöksiä vuoteen 2020 ja erityisesti sen jälkeen ulottuvalle ajanjaksolle ei ole tehty. Skenaariorin lähtökohdista johtuen varsinaista arviota sähkömoottorilla varustettujen autojen osuudesta ja niiden paremman hyötysuhteen vaikutuksista liikenteen kokonaisenergiankulutukseen vuonna 2050 ei ole käytettävissä. Energiatoteutusohjelmien sähköautojen päästövähennyspotentiaali on käytännössä kaksinkertainen biopolttoaineisiin nähden eli n. 2 milj. tonnin CO₂-vähennys on mahdollista saada aikaiseksi puolella siitä kokonaisenergiantarpeesta, kuin mitä vastaavan päästövähennyksen saavuttaminen edellyttäisi käyttämällä biopolttoaineita. Sähköntuotannon CO₂-päästön ei 2050 odoteta merkittävästi eroavan vaihtoehtoisen biopolttoaineen tuotannon päästöistä, jolloin vaikutus on yhtä suuri myös elinkaaren aikaiset päästöt huomioiden.

Liikenne- ja viestintäministeriön vuoden 2011 sähköautoselvityksessä (Nylund 2011) tarkasteltiin sähköautojen tarvitsemia energiamääriä (taulukko 5.3.). Vuoden 2020 sähköautojen maksimiskenaarior 140.000 yksikköä on sähkömääränä noin 550 TWh. Raportin tiivistelmässä todetaan, ettei sähkön tuotantokapasiteetin kannalta sähköautojen tuleminen muodosta suurta haastetta. Miljoona sähköautoa, määrä joka on saavutettavissa vasta 2030 jälkeen, käyttäisi n. 4 TWh sähköä, joka on alle 5 % sähkön nykykulutuksesta Suomessa. Ohjaamalla sähköautojen lataus älykkäästi vältytään latauksen aiheuttamilta tehopiikeiltä ja lisätehon tarpeelta. Sähköautojen laajamittaisen käyttöönoton suurimmat vaikutukset kohdistuvat paikallisverkkotasolle. (Nylund 2011)

Taulukko 5.3. Eri sähköautomäärien vaikutus sähkön kulutukseen Suomessa. Eri skenaarioita vuodelle 2020. Autojen suorite 16.500 km/a ja energian kulutus 240 Wh/km. Latausteho 3,6 kW. (Nylund 2011)

Sähköautojen lkm.	Sähkön määrä TWh	% v. 2010 kulutuksesta	Keskiteho MW	Latausteho MW*
11.000 (min.)	0,04	0,05	5	40
25.000	0,10	0,11	11	90
36.000	0,14	0,16	16	130
140.000 (maks.)	0,55	0,63	63	504
<hr/>				
1.000.000 autoa	4,0	4,5	452	3600
Koko ha-kalusto, 2,5 miljoonaa	10,9	11,4	1140	9076

*¹⁾ Kaikki autot kytketään lataukseen samanaikaisesti.

5.3.3 Energian tuotantomäärät 2020

Suomi 2020 –raportissa¹² tarkasteltiin myös ennusteita Suomeen syntyvästä biopolttoaineiden tuotantokapasiteetista. Arvio on esitetty taulukossa 5.4. Taulukossa on eroteltu tuotannossa olevat laitokset, laitokset joista on investointipäätökset ja suuntaantava arvio todennäköisesti toteutuvista laitoksista.

Jo olemassa olevilla laitoksilla ja niillä laitoksilla joista on tehty investointipäätös päästään 13,5 %:in faktiseen ja 19 % laskennalliseen bio-osuuteen. Näin ollen jo tehdyillä päätöksillä ollaan varsin lähellä vuoden 2020 tavoitetasoa. "Lisäoptiot" nostaisivat vuoden 2020 todellisen osuuden 19 %:iin ja laskennallisen osuuden 29 %:iin.

Yhteenlaskettu kotimainen tuotantopotentiaali on siinä mielessä viitteellinen, ettei kukaan estä toimijoita viemästä tai tuomasta biopolttoaineita. Tuuplaskettavia raaka-aineita varmasti myös tuodaan Suomeen markkinoiden kehittyessä. Näin varsinkin korkea-arvoisimmat tuotteet (tuuplaskettavat drop-in polttoaineet) ohjautunevat niille markkinoille, joilla on paras maksukyky.

¹² Suomi 2020:

http://www.transec.fi/files/673/TransEco_strategiahanke_Suomi_2020_Tieliikenteen_uusiutuva_energia_ja_kasvihuonekaasupäästöjen_vahentaminen_vuoteen_2020_mentaassa.pdf

Taulukko 5.4. VTT:n vuoden arvio (2012 kevät) todennäköisistä biopolttoaineiden kotimaisista tuotantomääristä vuonna 2020. (Suomi 2020)

Tuottaja	Tuote	Raaka-aine	Määrä (ktoe)	Tuplalask.	Lask. määrä (ktoe)
Tuotannossa olevat					
Neste Oil	HVO diesel	Pääasiassa tuonti, palmu, rypsi, pienempi osuus jäterasvoja ja vastaavia	380	25 %	475
Neste Oil	biobensiini	Kuten yllä	4	25 %	5
St1	etanoli	Jätteet	7	100 %	14
Gasum	biokaasu	Jätteet	1	100 %	2
Yhteensä			392		496
Investointipäätös tehty					
Gasum	biokaasu	Jätteet	2	100 %	4
UPM	HVO diesel	Mäntyöljy	100	100 %	200
Yht. kum.			494		700
Uusiutuva energia (lask. % kokonaismäärästä 3657 ktoe)					19,1
Todellinen bio-osuus (% kokonaismäärästä 3657 ktoe)			13,5		
Mahdolliset muut hankkeet					
N.N.	BTL diesel	Metsätähteet	100	100 %	200
St1	etanoli	Jätteet	50	100 %	100
N.N.	etanoli	Vilja	40	0 %	40
Gasum	biokaasu	Jätteet	8	100 %	16
Yht. kum.			692		1056
Uusiutuva energia (lask. % kokonaismäärästä 3657 ktoe)					28,9
Todellinen bio-osuus (% kokonaismäärästä 3657 ktoe)			18,9		
Biodiesel yht.			580		875
Biobensiini			4		5
Etanoli			97		154
Biokaasu			11		22
Yhteensä			692		1056

Tilanne ei ennakoitavissa olevien todellisten polttoainemäärien osalta ole muuttunut ratkaisevasti 2012 keväästä. EU:n NER300 rahoitusmekanismin (päästökaupasta kerättävä uuden energiateknologian investointituki) ensimmäisestä hakukierroksesta saatiin Komission päätös 18.12.2012¹³. Päätöksen mukaan NER300 tukea saa kaksi suomalaista BTL-hanketta:

- VAPO:n BIOe Ajos BTL (EU-tuki 88 M€)
- Ranskaan sijoittuva UPM:n BIOd Stracel BTL (EU-tuki 170 M€)

Pelkkä EU tukipäätös ei kuitenkaan takaa sitä, että laitokset todella rakennetaan.

Suomen biopolttoainelinjauksissa pääpaino on ollut muissa kuin ruokakelpoisissa raaka-aineissa, joten 5 % katto ravintokasveihin perustuvilla biopolttoaineilla ei ratkaisevasti vaikuttaisi Suomen tilanteeseen. Neste Oilin ilmoituksen mukaan jäte- ja tähdeperäisten raaka-aineiden osuus NExBTL:n tuotannossa oli vuonna 2011 41 % ja vuonna 2012 35 %, hyödynnettyjen jätteiden ja tähteiden kokonaismäärän kasvaessa yli kaksinkertaiseksi. (Neste Oil 2013)

Toisaalta, jos Suomessa käyttöön tulevat biopolttoaineet perustuisivat suurimmaksi osaksi raaka-aineisiin joille sovelletaan nelinkertaista laskentaa, Suomen 20 %:n

¹³ http://ec.europa.eu/clima/news/docs/c_2012_9432_en.pdf

biotavoite kutistuisi vain n. 5 %:n todelliseen bio-osuuteen, ja tämä kehitys on otettava huomioon arvioitaessa biopolttoaineiden vaikutuksia liikenteen päästövähennyksiin.

Jos vuonna 2020 edelleen on käytössä 5 % ravintokasveihin perustuvaa biopolttoainetta, niin tämän lisäksi tarvittaisiin 7,5 % biopolttoaineita joihin sovelletaan kaksoislaskentaa tai vaihtoehtoisesti 3,75 % biopolttoaineita joihin sovelletaan nelinkertaista laskentaa kansallisen 20 %:n biopolttoainevelvoitteen täyttämiseksi. Haarukka biopolttoaineiden todelliselle määrälle laskennallisen tavoitteen ollessa 20 % on täten 5 – 12,5 %.

Liikennebiokaasun tuotantolaitoksia vuonna 2012 on työryhmän tietojen mukaan käytössä 6, joiden tuotanto on 10 GWh. Uusien laitosten avaamiseksi vuoteen 2016 on käynnissä 17 hanketta. Näistä 23 laitoksesta 15 tulisi olemaan alueellista tarvetta palvelevia maakaasuverkon ulkopuolisia laitoksia, jotka voivat palvella myös alueen joukkoliikenteen ja sähköntuotannon energiatarpeita. Julkisia kaasun tankkausasemia maaliskuussa 2013 on 18. Lähes kaikilta asemilta on saatavissa sekä maa- että biokaasua. Lisäksi käytössä on yksityisiä tankkauslaitteita kaasujoneuvojen tankkaukseen. Gasumin tavoitteena on laajentaa nykyistä maakaasuverkon alueella olevaa julkisen aseman verkostoaan 30 asemaan vuoteen 2020 mennessä, jolloin verkostoa voidaan pitää ajoneuvokannan osalta varsin kattavana.

Gasum toimitti Suomeen vuonna 2011 maakaasua 39,1 TWh (vastaten n. 3300 ktoe), joka on 10–11 % Suomen energiankäytöstä. Huipputeho on tasolla 9000 MW (Ahlnäs 2012). Maa- ja biokaasun saatavuus ei siten muodosta estettä kaasuautojen käyttöönoton voimakkaallekaan lisäämiselle. Maakaasun käyttö liikennepolttoaineena on kuitenkin toistaiseksi varsin vaatimatonta. Maakaasun pääasialliset käyttökohteet ovat teollisuudessa ja lämmön ja sähkön tuotannossa.

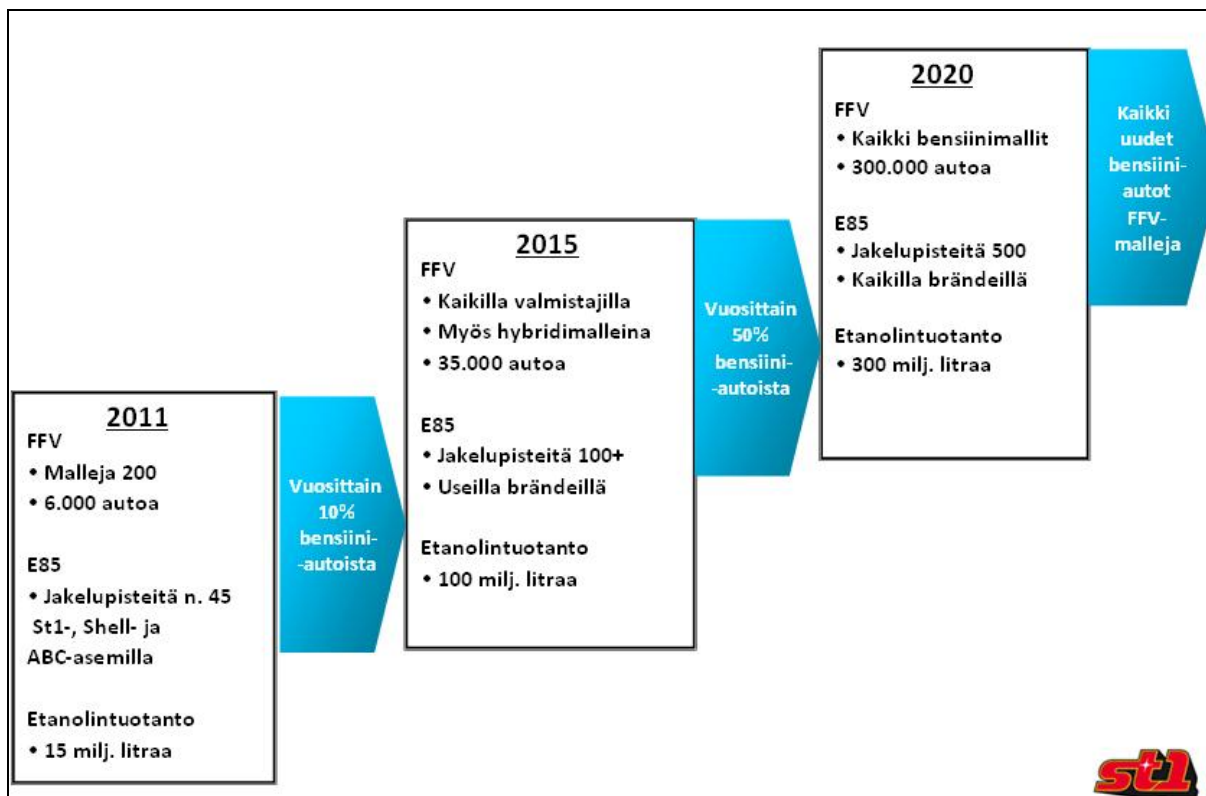
Parhailtaan Gasum suunnittelee myös nesteytetyn maakaasun eli LNG:n tuontia. Mahdolliselle terminaalille on annettu seuraavat tekniset tiedot (Ahlnäs 2012):

- Vuotuinen tuontimäärä 10–20 TWh
 - 25% - 50% maakaasun kokonaiskäytöstä vuonna 2011
- Verkkoon syötön teho 5 000 – 6 000 MW
 - kattaa noin 2/3 kaasuverkoston huipputehosta talvella
- Varastokapasiteetti noin 300 000 m³
 - 2 kpl varastosäiliöitä halkaisijaltaan noin 80 m ja korkeudeltaan 30 m
 - LNG:n määrä vastaa kaasuverkoston 2 viikon keskikulutusta

LNG:n käytön lisäämiseen tähtäävien terminaalihankkeiden toteutuessa sekä vesi- että tieliikenteeseen olisi tarjolla merkittäviä määriä LNG:tä. LNG:n käyttö kulkuvälineissä edellyttää kuitenkin uusinvestointeja sekä jakeluinfrastruktuuriin että kulkuneuvoihin. Euroopanlaajuisesti toteutettuna satamien LNG-terminaalit tarkoittaisivat käytännössä myös kilpailun lisääntymistä kaasuntoimituksiin ja siten muutoksia myös kaasun hintaan.

Kotimaisen jäteperäisen etanolin valmistusta on tällä hetkellä 7 tuotantolaitoksessa. Suunnitelmissa on, että ajoneuvokannan kehittymisen myötä tuotantokapasiteettia on mahdollisuus nostaa 50 laitokseen. Kuvassa 5.4. on työryhmälle esitetty St 1:n arvio autokannan ja etanolituotannon kehittymisestä vuoteen 2020. Tuotannon lisääminen on vahvasti kytköksissä saatavilla olevien FFV-automallien valmistukseen ja yleistymiseen Suomessa. EU:ssa ei ole tehty päätöksiä autojen etanolikelpoisuudesta E10 polttoaineen käyttöönoton jälkeen. Yli 15 %:n etanoliseossuhteille kelpaavien autojen velvoittavia säädöksiä voidaan odottaa aikaisintaan 2015. St1 Biofuels Oy:n jäte-etanolin valmistuskapasiteetti vuoden 2012 lopussa on noin 15 miljoonaa litraa, mikä vastaa noin 10 % osuutta koko suomen bensiinin biovelvoitteesta (6% liikenteen polttoaineiden energiasisällöstä). Vaikka RE85 myynti on siten kehittynyt suunnitellusti, on se edelleen murto-osa koko Suomen bensiinin kulutuksesta. FFV-autojen lisääntymisen hitaan

kehityksen vuoksi osa jäte-etanolista päättyy myös muiden kuin FFV autojen tankkeihin osana E5 ja E10 bensiinin biosisältöä.



Kuva 5.4. St 1:n arvio FFV-autojen ja etanolituotannon kehittymisestä vuoteen 2020.

Lentoliikenteen tarpeisiin kaupallisessa mittakaavassa tuottavat biokerosiiniä tällä hetkellä ainoastaan kolme yritystä. Suomalainen Neste Oil, sekä yhdysvaltalainen Dynamic Fuels sekä pienemmässä mittakaavassa Honeywell-UOP. Neste Oil tuottaa sekä perinteistä että uusiutuvista raaka-aineista valmistettua kerosiinia jalostamallaan Porvoossa.

6 Käyttövoimavaihtoehtojen ympäristö- ja ilmastovaikutukset

Työryhmä katsoo, että 2. sukupolven biopolttoaineiden osuuden sekä päästöttömän sähkön käytön lisääminen tukee liikenteen ilmastopäästöjen vähentämistä ja ottaa huomioon pitkällä tähtäimellä parhaiden teknologioiden ja polttoainevaihtoehtojen koko elinkaarelle kohdistuvat vaikutukset. Näille vaihtoehdoille tulee varata ensisijainen asema ohjaustoimenpiteistä päätettäessä. Paras vaikuttavuus ja kustannustehokkuus toimenpiteillä saadaan, kun riittävää huomiota kiinnitetään biopolttoaineiden raaka-ainepohjan kestävyuteen ja sen jatkuvaan parantamiseen. Kotimaiseen tuotantoon liittyviä mahdollisia lisähyötyjä ovat vaikutukset elinkeinojen mahdollisuuksiin, työllisyyden kehitykseen, huoltovarmuuteen ja vaihtotaseeseen.

6.1 Yleistä

Kaikesta energian käytöstä aiheutuu jonkinlaisia ympäristö- ja ilmastovaikutuksia. Fossiilisen polttoaineen käytöstä syntyy sekä haitallisia lähipäästöjä (mm. hiilimonoksidia CO, hiilivetyjä HC, typen oksideja NO_x, hiukkasia PM), että kasvihuonekaasupäästöjä (merkittävin näistä hiilidioksidi CO₂). Yleistäen voidaan sanoa, että vanhemmilla bensiini- ja dieselmoottoreilla lähipäästöjä syntyy kaasua enemmän, kun taas kasvihuonekaasupäästöt riippuvat pitkälti ajoneuvoon liittyvistä energiatehokkuustekijöistä.

Päästöjä syntyy sekä polttoaineketjun alkupäässä (well-to-tank WTT eli lähteeltä polttoainesäiliöön tai yleisemmin "upstream emissions") että loppukäytössä (tank-to-wheel TTW eli polttoainesäiliöstä pyörille tai yleisemmin "vehicle emissions"). Öljytuotteiden osalta ketjun alkupäähän sisällytetään mm. öljyn tuotanto, raakaöljyn kuljetus, öljy jalostus ja lopputuotteiden kuljetukset ja jakelu.

Sähkönkäyttö on liikennevälineessä päästötön, samoin kuin vety polttokennossa. Päästöttömyyden lisäksi näiden tekniikoiden etuna polttomoottoreihin verrattuna on alhainen melutaso. Tieliikenteessä äänettömyys saattaa joissakin tilanteissa olla vaaratekijä jalankulkijoiden kannalta.

Taulukossa 6.1. on lueteltu erilaisten polttoaineiden ominaisuuksia. Taulukko on peräisin Komission Joint Research Centerin, CONCAVE:n (öljyteollisuuden tutkimusyhteenliittymä) ja EUCAR:in (autoteollisuuden tutkimusyhteenliittymä) yhteisestä raportista¹⁴.

Taulukosta nähdään, että bensiinillä, dieselillä ja etanolilla hiili-intensiteetti (hiilidioksidipäästö energiayksikköä kohti) on haarukassa 71 – 76 g CO₂/MJ. Tämä tarkoittaa sitä, että yleisimmillä polttoaineilla CO₂-päästö riippuu suoraan energian kulutuksen suuruudesta. Metaani muodostaa tässä suhteessa poikkeuksen. Kaikista hiilivedyistä metaanilla on edullisin vety-hiilisuhde (eniten vetyä suhteessa CO₂:ta muodostavaan hiileen), joten metaanin hiili-intensiteetti on vain n. 56 g CO₂/MJ, eli lähes 25 % alhaisempi bensiiniin ja dieseliin verrattuna. Tämä tarkoittaa sitä, että korvattaessa bensiini tai dieseliä metaanilla, CO₂-päästö alenee lähes vastaavassa suhteessa. Tämä on tällä hetkellä mahdollista lähinnä dual-fuel tekniikalla toimivissa laivamoottoreissa. Nestekaasu (LPG, propaani tai propaanin ja butaanin seos) sijoittuu hiili-intensiteetiltaan bensiinin ja metaanin välimaastoon. Vedyn poltosta taas ei synny lainkaan hiilidioksidia.

¹⁴ Well-to-wheels Analysis of Future Automotive Fuels and Powertrains in the European Context (JEC WTW 2011).

Taulukko 6.1. Polttoaineiden tiheys, lämpöarvo ja hiilisisältö sekä CO₂-ominaispäästöt. (JEC WTW 2011)

Fuel		Density kg/m ³	LHV MJ/kg	Carbon %m	CO ₂ emissions	
					kg/kg	g/MJ
Gasoline	2002	750	42.9	87.0%	3.19	74.35
	2010	745	43.2	86.5%	3.17	73.38
Ethanol		794	26.8	52.2%	1.91	71.38
Gasoline/Ethanol blend 95/5	2002	752	42.1	85.2%	3.12	74.25
	2010	747	42.3	84.6%	3.10	73.31
MTBE ⁽¹⁾		745	35.1	68.2%	2.50	71.23
ETBE ⁽¹⁾		750	36.3	70.6%	2.59	71.40
LPG ⁽²⁾		550	46.0	82.5%	3.02	65.68
CNG/CBG ⁽³⁾			45.1	69.2%	2.54	56.24
Diesel	2002	835	43.0	86.2%	3.16	73.54
	2010	832	43.1	86.1%	3.16	73.25
Bio-diesel ⁽⁴⁾		890	36.8	76.5%	2.81	76.23
Diesel/bio-diesel blend 95/5	2002	838	42.7	85.7%	3.14	73.66
	2010	835	42.8	85.6%	3.14	73.39
Synthetic diesel		780	44.0	85.0%	3.12	70.80
DME ⁽⁵⁾		670	28.4	52.2%	1.91	67.36
Naphtha		720	43.7	84.9%	3.11	71.22
Methanol		793	19.9	37.5%	1.38	69.10
Hydrogen			120.1	0.0%	0.00	0.00

⁽¹⁾ Methyl (Ethyl) -Tertiary-Butyl Ether

⁽²⁾ Liquefied Petroleum Gas

⁽³⁾ Compressed Natural Gas / Compressed Bio Gas

⁽⁴⁾ Figures are for FAME (Fatty Acid Methyl Ester), more specifically RME (Rape seed Methyl Ester)

⁽⁵⁾ Di-Methyl-Ether

6.2 Eri polttoainevaihtoehtojen elinkaaren aikaiset (WTW) kasvihuonekaasupäästöt

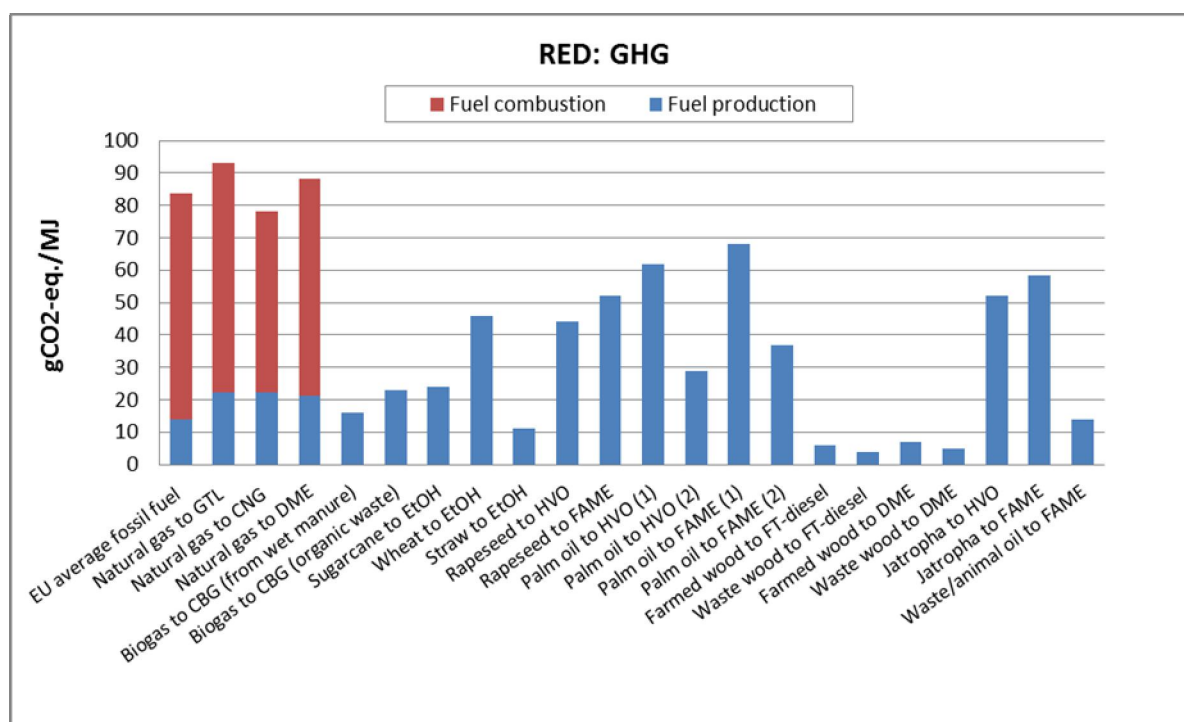
Edellä selostettiin moottorissa muodostuvaa CO₂-päästöä. Moottorin paloreaktiossa syntyy siis aina CO₂:ta, oli sitten kyse fossiilisesta polttoaineesta tai biopolttoaineesta (poikkeuksena vety). Koko polttoaineketjun päästövaikutukset määräytyvät sen mukaan, paljonko päästöjä syntyy polttoaineen tuotannossa ja se, käytetäänkö fossiilista vai uusiutuvaa energiaa.

Yhteisesti on sovittu, että liikenteen CO₂-päästöjen laskennassa biopolttoaineiden käyttö lasketaan hiilineutraaliksi eli sen CO₂-päästö on 0. Ajatus tässä on se, että biomassaa kasvaessaan sitonut hiiltä saman verran kuin sitä palaessa vapautuu ja tämä vapautuva hiilidioksidi sitoutuu uudelleen luonnon kiertokulkuun.

Ihannetapauksessa myös koko biopolttoaineiden tuotantoketju olisi CO₂-neutraali. Tämä tarkoittaisi, että kaikki tuotantoketjussa käytettävä energia olisi uusiutuvaa tai hiilineutraalia energiaa, biomassan tuotantoon ei käytettäisi keinolannoitteita, eikä biomassan tuotannossa vapautu muita kasvihuonekaasupäästöjä, esim. typpioksiduulia (N₂O).

Käytännössä mikään biopolttoaine ei ole täysin kasviuonekaasupäästöistä vapaa. Parhaimmat biopolttoaineet mahdollistavat kuitenkin merkittävän päästövähennyksen. Kuvassa 6.1 on esimerkkejä eri polttoainevaihtoehtojen kasviuonekaasupäästöistä.

Kuvassa on neljä fossiilista vaihtoehtoa: keskimääräinen fossiilinen polttoaine EU:ssa, maakaasusta valmistettu synteettinen dieselpolttoaine (gas-to-liquids GTL), paineistettu maakaasu (compressed natural gas CNG) ja maakaasusta valmistettu dimetyylieetteri (DME). Näiden osalta kuvaan on merkitty kaksiosainen palkki, jossa sininen osuus kuvaa polttoaineketjun alkupäätä (WTT) ja punainen osuus loppukäyttöä/polttoa (TTW). Fossiilisten polttoaineiden osalta kokonais- $\text{CO}_{2\text{ekv}}$ -arvo (WTW) on 80 – 90 g $\text{CO}_{2\text{ekv}}$ /MJ. Yksikkönä on $\text{CO}_{2\text{ekv}}$, johon CO_2 :n lisäksi sisältyy myös muita kasviuonekaasua (mm. metaani CH_4 ja typpioksiduuli N_2O). Edellä selostetun mukaisesti biopolttoaineiden osalta raportoidaan ainoastaan polttoaineketjun alkupään eli WTT-päästöt. Kuvan esimerkissä biopolttoaineiden arvot ovat haarukassa 5 – 70 g $\text{CO}_{2\text{ekv}}$ /MJ, eli laskennallinen kasviuonekaasupäästöjen vähenemä koko polttoaineketjun yli keskimääräiseen fossiiliseen polttoaineeseen verrattuna on 20 – 95 %.



Kuva 6.1. Esimerkkejä eri polttoainevaihtoehtojen kasviuonepäästöistä. (Nylund & Koponen 2012).

Kuva perustuu uusiutuvan energian edistämistä koskevaan direktiiviin (ns. RES-direktiivi, 2009/28/EY), joka velvoittaa määrittämään päästövähennyksen biopolttoaineelle ottaen huomioon koko tuotantoketjun. Direktiivi asettaa biopolttoaineiden kasviuonekaasujen päästövähennykselle minimivaatimukseksi 35 %. Komissio on ehdottanut lokakuussa 2012¹⁵ direktiiviä muutettavaksi niin, että päästövähennyksen määrittelyssä huomioitaisiin jatkossa myös tuotannon maankäyttöä lisäävä vaikutus. Vaatimukset kiristyisivät vuodesta 2017 alkaen niin, että biopolttoaineiden ja bionesteiden käytöstä saatavan

¹⁵ Ehdotus bensiinin ja dieselpolttoaineiden laadusta annetun direktiivin 98/70/EY ja uusiutuvista lähteistä peräisin olevan energian käytön edistämisestä annetun direktiivin 2009/28/EY muuttamisesta (<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2012:0595:FIN:FI:PDF>)

vähennyksen kasvihuonekaasupäästöissä olisi oltava vähintään 50 %. Uusilta laitoksilta, joiden toiminta aloitetaan aikaisintaan 2017, vähennyksen olisi oltava vähintään 60 %. Arvioidut maan käyttötavan muutoksen maailmanlaajuiset vaikutukset eli epäsuora maankäytön muutos otettaisiin nyt ensimmäistä kertaa huomioon arvioitaessa biopolttoaineiden kasvihuonekaasuarvoja.

Direktiivi sisältää myös valmiita taulukkoarvoja yleisimpien raaka-aineiden avulla aikaansaataavista päästövähennyksistä. Direktiivi olettaa merkittäviä päästövähennyksiä lignoselluloosaan perustuvilla uusilla biopolttoainevaihtoehdoille (taulukko 6.2). Biokaasun osalta direktiivissä oletusvähennys on 71 – 83 %.

Taulukko 6.2. Arvioita kasvihuonekaasupäästöjen vähennyksille. (Direktiivi 2009/28/EY)

Arvioidut tyypilliset arvot ja oletusarvot tuleville biopolttoaineille, joita ei ollut markkinoilla tai joita oli ainoastaan vähäisiä määriä markkinoilla tammikuussa 2008, jos niiden tuotannosta ei aiheudu maankäytön muutoksista johtuvia nettohiilipäästöjä

Biopolttoaineiden tuotantoketju	tyypillinen kasvihuonekaasupäästöjen vähennys	kasvihuonekaasupäästöjen oletusvähennys
etanoli vehnän oljesta	87 %	85 %
etanoli jätetuusta	80 %	74 %
etanoli viljellystä puusta	76 %	70 %
Fischer-Tropsch-diesel jätetuusta	95 %	95 %
Fischer-Tropsch-diesel viljellystä puusta	93 %	93 %
dimetyylieetteri (DME) jätetuusta	95 %	95 %
DME viljellystä puusta	92 %	92 %
metanoli jätetuusta	94 %	94 %
metanoli viljellystä puusta	91 %	91 %
metyyli-tert-butylieetterin (MTBE) uusiutuvista lähteistä peräisin oleva osuus	Yhtä suuri kuin käytetyssä metanolin tuotantoketjussa	

Valtion tarkastusvirasto kiinnitti huomiota uusiutuvia energiamuotoja koskevassa tarkastuskertomuksessaan¹⁶, että erityisesti ensimmäisen sukupolven biopolttoaineiden tuotannossa on riskinä, että niiden käyttöä lisäämällä ei juurikaan vähennetä kasvihuonekaasupäästöjä. Lisäksi globaalisti lisääntynyt biopolttoaineiden kysyntä näyttää kilpailevan ravinnontuotannon kanssa, mikä nostaa ruoan hintaa ja pahentaa ruokakriisiä. Biopolttoaineisiin liittyy myös riskejä luonnon monimuotoisuuden ja maankäyttöön liittyvien sosiaalisten epäkohtien takia. Näihin tekijöihin olisi kiinnitettävä riittävästi huomiota, kun tehdään päätöksiä liikenteen biopolttoaineiden lisäämisestä. Lisäksi tarkastusvirasto piti tärkeänä, että uusiutuvaa energiaa edistettäessä otetaan huomioon kustannustehokkuus ja tehokkuus myös kasvihuonekaasupäästöjen vähentämisessä.

Elintarvikepohjaisten biopolttoaineiden järkevyydestä on keskusteltu viime aikoina varsin vilkkaasti myös kansainvälisesti. Komission direktiiviehdotus¹⁷ lokakuussa 2012 vastasi tähän ehdottamalla 10 prosentin osuuden saavuttamisessa huomioon otettavien ravintokasveihin pohjautuvien biopolttoaineiden osuuden rajoittamista 5 prosenttiin

¹⁶ Valtiontalouden tarkastusviraston tuloksellisuustarkastuskertomus Uusiutuvien energiamuotojen edistäminen (213/2010).

¹⁷ Komission ehdotus (KOM(2012) 595, 17.10.2012) direktiivien 2009/28/EY (uusiutuvan energian edistäminen) ja 2009/30/EY (liikennepolttoaineiden laadudirektiivi) päivityksistä.

uusiutuvien polttoaineiden jakeluelvoitetavoitteen saavuttamisessa. Ehdotuksessa on lisäksi esitetty (taulukko 6.3.) polttoaineet joille sovelletaan ns. tuplalaskentaa ja uutuutena ne polttoaineet, joilla olisi nelinkertainen painoarvo laskennallista bio-osuutta määritettäessä. Uusi ehdotus käytännössä suosisi leväpohjaisia ja varsinaisiin jätteisiin perustuvia raaka-aineita. Näin pyritään vauhdittamaan vaihtoehtoisten, niin sanottujen toisen sukupolven biopolttoaineiden kehittämistä raaka-aineista, joita ei käytetä ravintona tai jotka eivät lisää maankäyttövaikutuksia. Tällaiset vaihtoehtoiset biopolttoaineet aiheuttavat huomattavasti vähemmän kasvihuonekaasupäästöjä kuin fossiiliset polttoaineet, eivätkä ne vaikuta suoraan maailman elintarviketuotantoon.

Taulukko 6.3. Komission ehdotuksessa tuplalaskennan ja nelinkertaisella painoarvolla laskettavat raaka-aineet

Komission ehdotuksessa tuplalaskennan piiriin kuuluvat raaka-aineet:

- käytetty paistoöljy
- eläinrasvat
- ei-ruokakelpoinen selluloosapohjainen raaka-aine
- lignoselluloosapohjaiset raaka-aineet lukuun ottamatta sahatukit ja vaneritukit

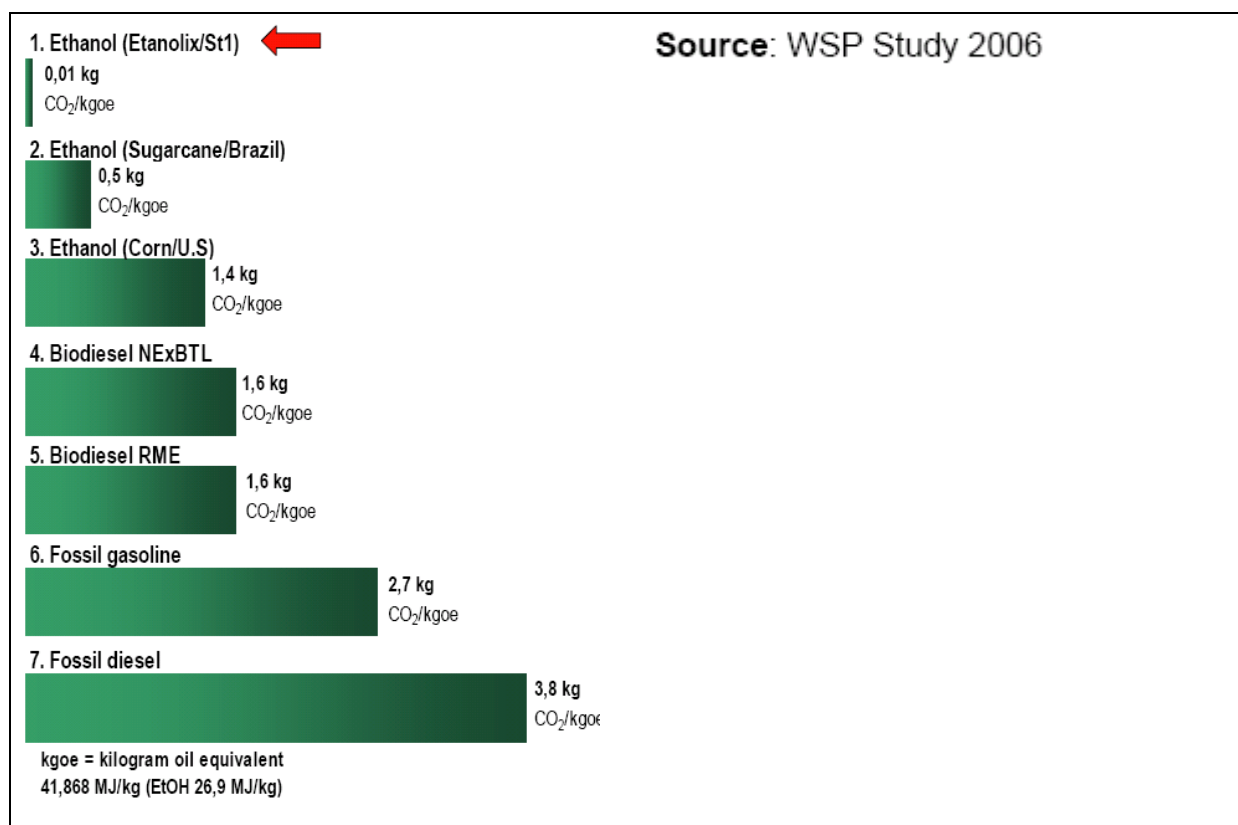
Nelinkertaisella painoarvolla laskettavia raaka-aineita ovat mm.:

- levät
- kierrätykseen kelpaamaton yhdyskuntajäte
- teollisuusjätteiden biomassaosuus
- olki
- eläinten lanta ja vedenpuhdistamojen liete
- palmuöljyn tuotantolaitosten jätevedet ja tyhjät palmun hedelmäkuoret
- mäntyöljyn hartsipiki
- raakaglyseriini
- bagassi
- rypäleiden puristusjäte ja viinin pohjasakka
- pähkinöiden kuoret
- siemenkuoret ja vastaavat
- tähkät
- puun kuoret, oksat, lehdet, sahanpuru ja jyrseinlastut

Liikenne- ja viestintäministeriön hallinnonalan ILPO-ohjelma laskee liikenteen CO₂-päästöjen vähentämisessä voimakkaasti biopolttoaineiden käytön varaan. Komission biopolttoaineita koskevassa uusimmassa direktiiviehdotuksessa esitetään, että parhaimmat biopolttoaineet voitaisiin laskea jakeluelvoitteisiin jopa kertoimella neljä. Uusiutuvaa energiaa koskevassa direktiivissä asetettuun tavoitteeseen pääsy olisi näin teoriassa helpompaa. Käytännössä huomioon tulee kuitenkin ottaa myös tavoitteet liikennesektorin raportoiduille CO₂-päästöille, joissa biopolttoaineen raaka-ainelähteellä ei ole merkitystä. Jakeluelvoitteen laskennallinen 20 %:n biopolttoaineosuus voi käytännössä edellyttää jatkossa vain 8,75 %:n biopolttoaineosuutta käytetystä energiankulutuksesta. Näin ollen kytkentä biopolttoaineiden laskennallisen määrän ja niiden todellisten ilmastovaikutusten välillä uhkaa hämärtyä edelleen.

6.3 Suomessa käytettyjen polttoainelaatujen elinkaaren aikaiset (WTW) kasviuonekaasupäästöt

Sekä St1 että Neste Oil ilmoittavat biopolttoaineilleen kasviuonekaasupäästötaseita. Kuvassa 6.2. on St1:n esimerkki eri polttoaineiden kasviuonekaasupäästöistä. Kuvan mukaan jätöpohjaisen etanolin CO₂-päästöt ovat 0,01 kg/kgoe, ts. 0,2 g/MJ, mikä olisi erittäin alhainen arvo. Kuvan arvo sokeriruokoetanolille on 0,5 kg CO₂/kgoe, eli n. 12 g/MJ.



Kuva 6.2. St1:n¹⁸ arvot eri polttoaineiden CO₂-päästöille. Arvot ovat öljykvivalenttikTolle (n. 42,5 MJ).

Neste Oil puolestaan ilmoittaa uusiutuvalle NExBTL dieselilleen sekä absoluuttiset että suhteelliset kasviuonekaasupäästöt. Arvot vaihtelevat käytetyn raaka-aineen mukaan (taulukko 6.4). Absoluuttiset arvot ovat 20,5 – 44,8 g CO_{2ekv.}/MJ ja ilmoitettu suhteellinen päästövähennys tavanomaiseen dieselpolttoaineeseen verrattuna 47 – 91 %.

¹⁸ <http://www.st1.eu/index.php?id=2883>

Taulukko 6.4. Uusituvan NExBTL dieselin kasvihuonekaasupäästöt¹⁹.

	Kasvihuonekaasupäästöt koko elinkaaren ajalta (g CO ₂ eq/MJ)	Kasvihuonekaasupäästöjen vähenemä koko elinkaaren ajalta
Fossiilinen diesel	83,8	
NExBTL-diesel palmuöljystä	44,8	47 %
NExBTL-diesel rypsiöljystä	42,8	49 %
NExBTL-diesel eläinrasvasta	20,5	91 %*

* Laskettaessa jätteeksi tai tähteeksi

6.4 Sähkö liikenteen energianlähteenä

Sähköä käytetään laajasti raideliikenteen energiana. Akkuteknologiassa tapahtuneen kehityksen ansiosta sähkön käyttö on nyt laajenemassa myös autoihin. Sähköauton käyttämän sähkön koko tuotantoketjun kasvihuonekaasupäästöt määräytyvät sähkön tuotantotavan, siirtohäviöiden ja auton energiankulutuksen perusteella. Energiatohokkuudessa sähkömoottori on polttomoottoriin nähden hyötysuhteelta jopa kolminkertainen.

Sähkön edistäminen liikennekäytössä vähentää päästöjä täysimääräisesti sen korvattaessa fossiilisia polttoaineita. Liikennesektorin aiheuttamien kokonaispäästöjen arvioiminen edellyttää kuitenkin myös sähkön tuotantoa koskevien päästöjen määrittämistä. Sähköntuotannosta aiheutuvat päästöt sisältyvät päästökauppasektorin päästöihin, ja niitä rajoittavat päästökauppasektoria koskevat vähennystavoitteet. Sähkön käytön kasvu ei lisää päästökauppasektorin päästöjä, mutta toimii kannustimena lisätä päästötöntä sähköntuotantoa. Sähköä voidaan tuottaa hyvin erilaisilla tavoilla, joten sähkön tuotannon CO₂-intensiteetti vaihtelee suuresti. Ääripäitä edustavat käytännössä nollapäästöiset aurinko-, tuuli- ja ydinvoima ja toisaalla runsaasti päästöjä aiheuttava hiililauhdetuotanto.

Suomen osalta sähkön päästölukuja löytyy mm. WWF:n ylläpitämästä Ilmastolaskuri-portaalista. Ilmastolaskuri (2012) antaa Suomessa käytetylle sähkölle seuraavat luvut (suluissa tiedon päivitysvuosi):

- Suomen keskimääräistä sähkönhankintaa kuvaava CO₂-päästökerroin 207 g/kWh (2011)
- Sähkön marginaaliperusteinen CO₂-päästökerroin 700 g/kWh (2003)
- Vihreä sähkö/uusitutuvat energialähteet 0 g/kWh (2011)

Vertailtaessa toisiaan kohtuullisen hyvin kokonsa ja kuljetuskapasiteetin osalta vastaavia autoja voidaan todeta (taulukko 6.5.), että dieselauto tavanomaisella dieselpolttoaineella ja sähkö suomalaisella marginaalisähköllä ovat likimain yhdenvertaisia elinkaaren CO₂-päästöjen osalta. Vastaavasti sähköauto uusiutuvalla sähköllä ja dieselauto uusiutuvalla puupohjaisella dieselpolttoaineella ovat samalla tasolla CO₂-päästön ollessa alle 10 g/km.

Sähköautolle tarkastelu on tehty yllä olevilla sähkön tuotannon päästölukuilla. Sähkön

¹⁹ <http://www.nesteoil.fi/default.asp?path=35,52,11990,11993,12257>

siirtohäviöksi on arvioitu 5 %. Dieselhenkilöautolle on laskettu kolme eri polttoainevaihtoehtoa JEC WTW –tutkimukseen ja RES-direktiiviin perustuen:

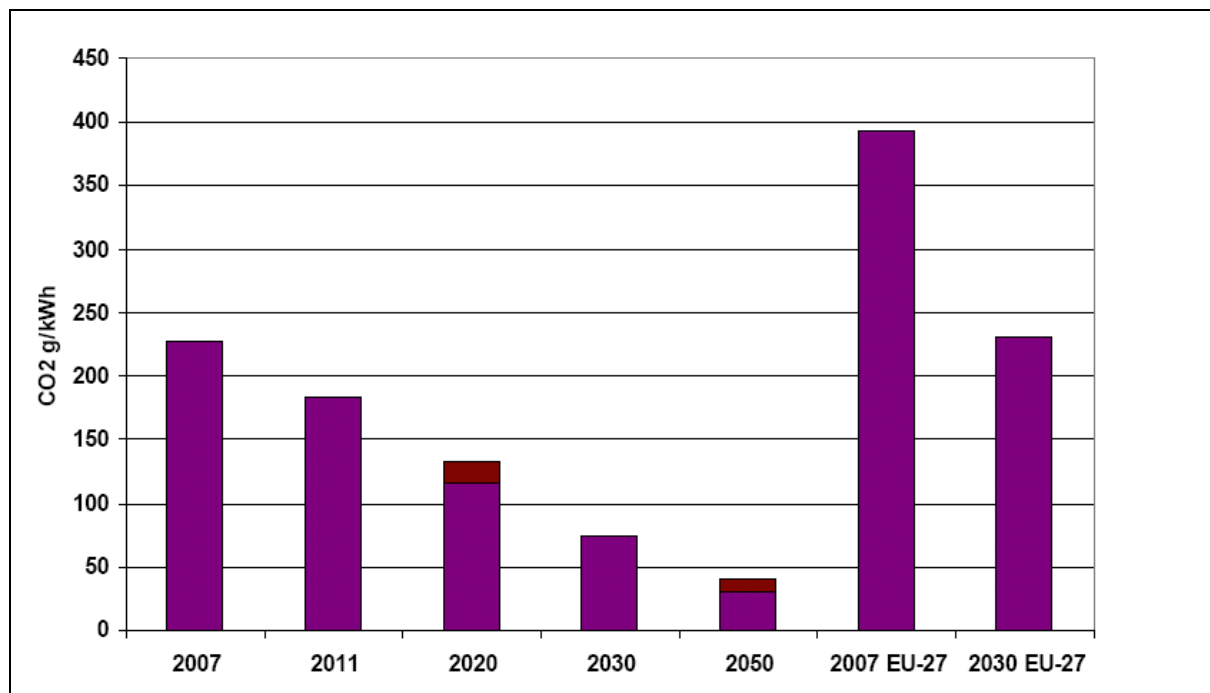
- keskimääräinen eurooppalainen dieselpolttoaine
- synteettinen gas-to-liquids (GTL) polttoaine
- Fischer-Tropcsh diesel (BTL) jätetuusta (kts. taulukko 6.2)

Taulukko 6.5. Sähköauton (Nissan Leaf) ja dieselauton (Volkswagen Golf TDI BlueMotion) vertailu. (Nylund 2011)

	Nissan Leaf			Volkswagen Golf TDI		
Loppukäyttö						
Pa. kulutus l/100 km	-			3,8		
CO ₂ -päästö g/km	-			99		
Lähipäästöt	-			Euro V		
Energian kulutus kWh/km	0,17			0,38		
WTW	uusiutuva	keskim. sähkö	marg.	BTL	keskim. diesel	GTL
Energiamäärä voimalaitoksella kWh/km	0,18	0,18	0,18			
CO ₂ -päästö g/km	0	37	126	6	121	127
Kokonaisenergian kulutus kWh/km	~0,2	~0.35	~0.50	0,83	0,45	0.62

Kansainvälinen energiajärjestö IEA painottaa, että uusiutuvalla energialla tuotettu sähkö on keskeinen elementti kestävä kehityksen mukaisessa energiajärjestelmässä. Uusiutuvista energianlähteistä tuotetun sähkön osuus on tällä hetkellä maailman tasolla 19 %, ja osuuden ennustetaan nousevan 57 %:iin vuoteen 2050 mennessä. (ETP 2012)

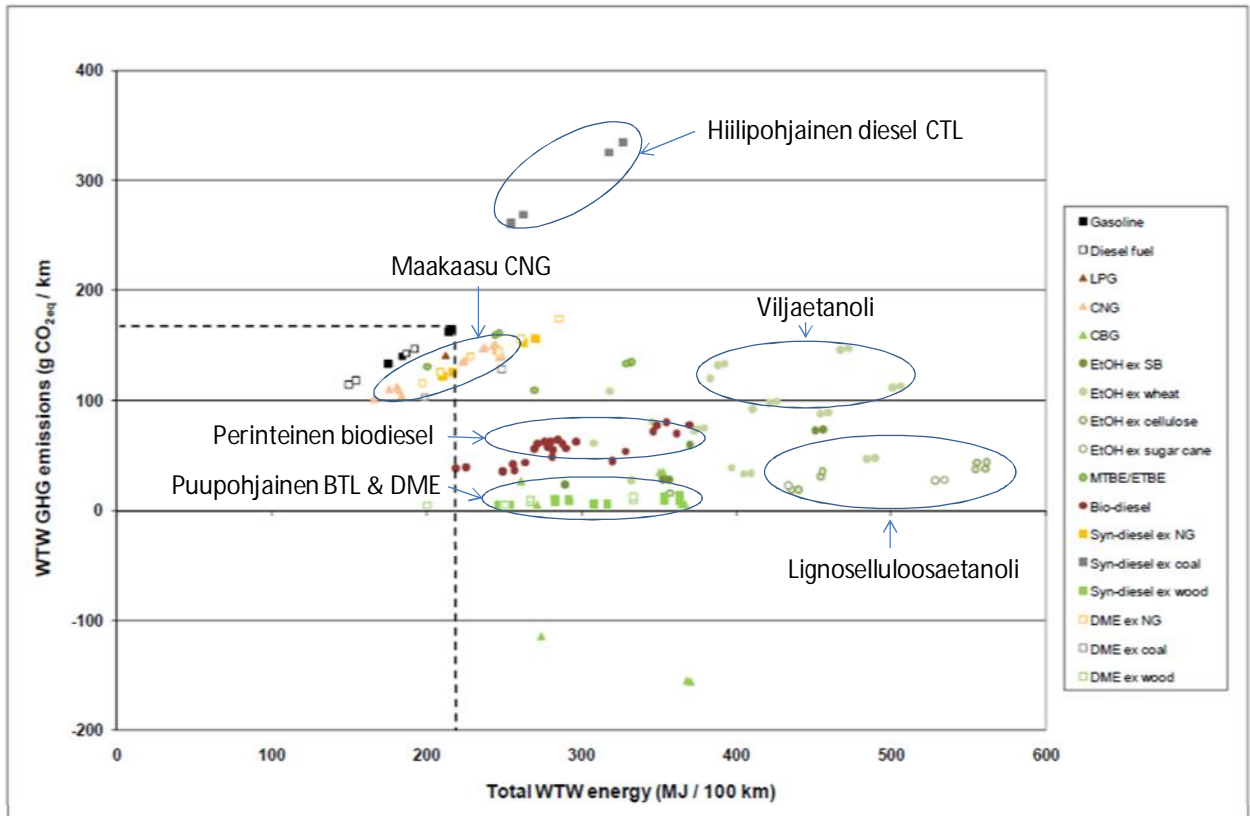
Vaikka sähköisen liikkuksen lisääntyminen tarkoittaa sähkönkäytön kasvua, EU:n päästökauppasektorin päästövähennyspäätökset on laadittu siten, ettei liikenteen sähköistyminen kuitenkaan kasvata päästökauppasektorin päästöjä. Tämä tarkoittaa, että laskennallisesti liikenteen sähköistäminen vähentää liikenteen päästöjä täysimääräisesti sikäli kuin sähköllä korvataan fossiilisia polttoaineita. Energiantuotantosektorin toimijoille ei siten aiheudu lisävelvoitteita liikenteen sähkökäytön lisääntymisestä huolimatta. Sähkön tuotannon päästöt tulevat kuitenkin huomioiduksi kokonaistarkastelussa elinkaaren aikaisten laskelmien kautta, kun eri vaihtoehtojen vaikutuksia arvioidaan. Sähköntuotannon ominaispäästöjen on arvioitu 2050 mennessä laskevan Suomessa alle 50 g/kWh:iin (kuva 6.3.).



Kuva 6.3. Sähkön tuotannon ominaispäästöt 2007-2050 (ET Visio 2050 (Eurelectric: Power Statistics 2010))

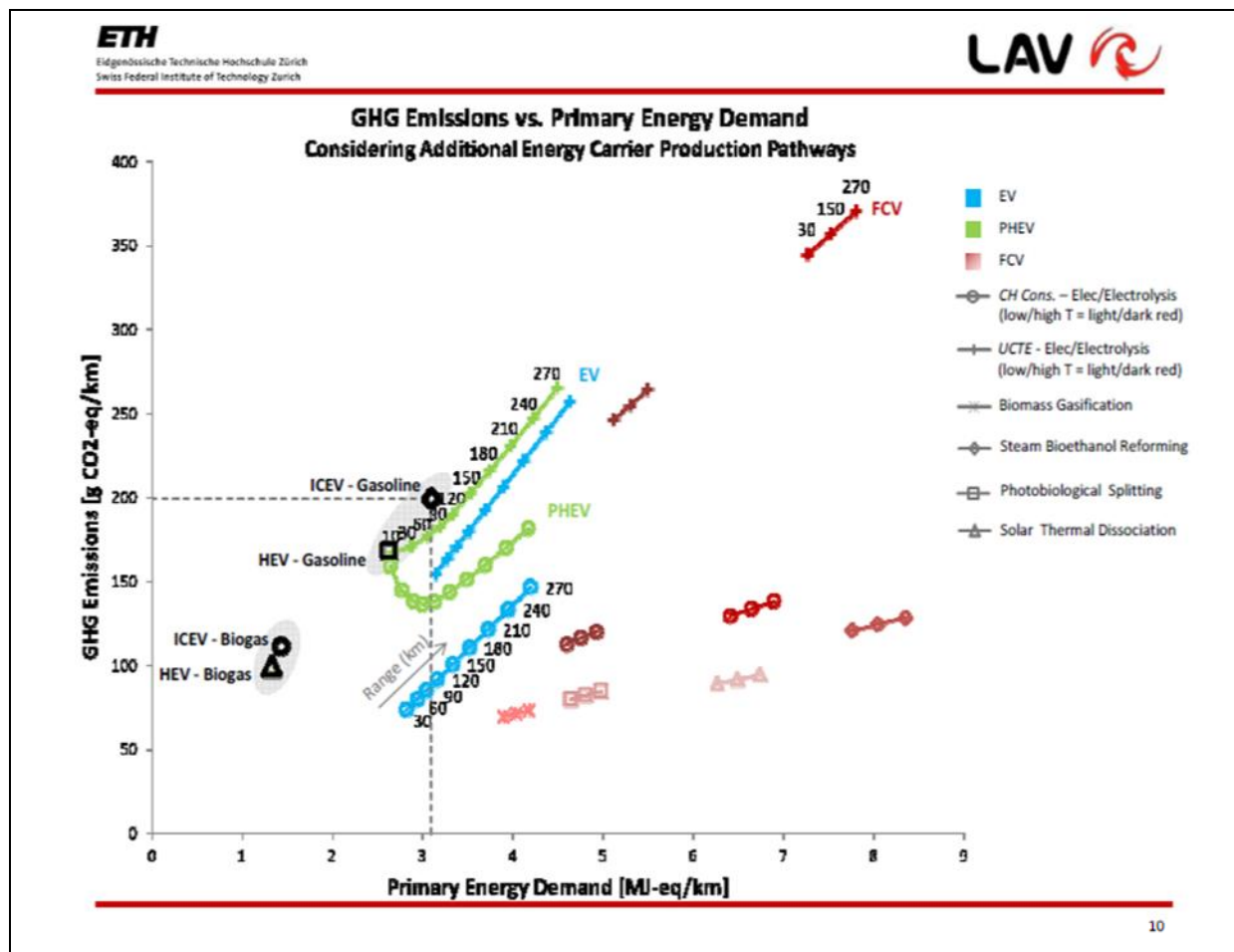
6.5 Esimerkkejä eri tekniikkavaihtoehtojen päästöistä ja energian kulutuksesta

Yhteenvetona voidaan todeta, että biopolttoaineet yleensä lisäävät kokonaisenergian kulutusta. Energiaintensiivisin vaihtoehto on lignoselluloosapohjainen etanoli. Puupohjaisilla synteettisillä polttoaineilla (BTL ja DME) saavutetaan kuitenkin merkittävä kasvihuonekaasujen päästövähennys (taso alle 20 g/km) lignoselluloosaetanolia pienemmällä energian kulutuksella. Kuvassa 6.4. on yhdistetty eri polttoainevaihtoehtojen (pl. vety) WTW kasvihuonekaasupäästöt ja energian kulutus. Biokaasulle merkityt jopa negatiiviset päästöarvot tarkoittavat, että mädätysprosesseissa syntyvä metaani, joko muuten karkaisi ilmakehään, otetaan polttoaineena talteen ja hyötykäyttöön. Jos biomassaa hyötykäytetään polttoainetuotannossa esim. etanoliksi ennen sen päättämistä kaatopaikalle ja mädätykseen, negatiivista päästöarvoa ei lasketa syntyväksi, vaikka käytännössä kyse on mahdollisesti jopa saman jätteen hyödyntämisestä. Valmistella oleva orgaanisen ja biohajoavan jätteen kaatopaikkakielto lisää jätteen hyötykäyttöä energiantuotannossa ja osaltaan selkeyttää päästölaskentaa.



Kuva 6.4. Eri polttoainevaihtoehtojen WTW kasviuonekaasupäästöt ja kokonaisenergiankulutus. Erimerkit henkilöautoille, vertailukohtana tavallinen bensiinikäyttöinen henkilöauto (CO₂-päästö on n. 170 g/km ja energian kulutus n. 2,2 MJ/km). (JEC WTW 2011)

Sähköautoille vastaava tarkastelu on esitetty kuvassa 6.5. Kuva havainnollistaa hyvin bensiiniauton, hybridin, sähköautojen ja polttokennoautojen suhteita. Sähkö- ja polttokennoautoille on merkitty eri pisteitä toimintamatkan mukaan (mitä pitempi toimintamatka, sitä painavampi auto ja sitä suurempi energian kulutus). Jos käytössä on vähähiilinen sähkö, plug-in hybridillä saavutetaan minimipäästöt, jos sähköinen toimintamatka on noin 60 – 90 km. Sähkön ja vedyn alkuperä on määräävässä asemassa varsinkin kasviuonekaasupäästöjen osalta. Lisäksi akkujen koko vaikuttaa huomattavasti sähköä hyödyntävien autojen suoritusarvoihin, sillä akkujen koon suurentaminen nostaa aina energian kulutusta, mutta plug-in hybridin osalta kasviuonekaasupäästöjen minimi saavutetaan tietyllä kohtuullisen ajomatkan antavalla akkukoolla.



Kuva 6.5. WTW kasviuonekaasupäästöt ja kokonaisenergiankulutus bensiiniautolle, hybridille, plug-in hybridille, akkusähköautolle ja polttokennoautolle. (Boulouchos 2012)

Laivakäytössä maakaasu on nestemuodossa (LNG). LNG:n WTT $\text{CO}_{2\text{ekv.}}$ -päästö on tasolla 17 – 21 g/MJ, eli samaa suuruusluokkaa kuin paineistetulle maakaasulle putkikuljetuksen ollessa 7000 km. Laivoissa käytettävät dual-fuel kaasumootorit toimivat lähes dieselmoottorien hyötysuhteella ja selvästi tehokkaammin kuin busseissa käytettävät kipinäsytytteiset kaasumootorit. Tästä syystä LNG tuottaa laivakäytössä vähemmän kasviuonekaasupäästöjä kuin öljykäyttö, sekä moottorin tasolla että koko polttoaineketjun yli tarkasteltuna.

7 Energiankulutus ja päästöt työryhmän esittämässä tavoitetilassa

Jotta yhdessä muiden toimenpiteiden kanssa olisi mahdollista varmistaa liikenteen CO₂-päästöjen 80 %:n vähennystavoitteen saavuttaminen, työryhmä on arvioinut tarvittavia tavoitetasoja, joilla fossiilisen polttoaineen perusskenaarion mukaista ennustettua käyttöä vuoteen 2050 tulisi korvata kestäväillä biopolttoaineilla eri liikennemuodoissa:

- Kevyt tieliikenne ja ilmaliikenne 40 %. Lisäksi henkilöautoliikenteessä sähkökäytön tulisi vastata vähintään 30 %:a nykyistä vastaavasta liikennesuoritteesta ja energiatehokkuuden paranemisen kattaa loppuosa henkilöautoilun ennustetusta energiantarpeesta.
- Raskas tieliikenne ja junien dieselveto 70 %.
- Merenkulussa tavoitteena on 40 %:n kasvihuonekaasupäästöjen vähennys, josta merkittävän osan yhdessä energiatehokkuuden parantamisen kanssa muodostaa siirtyminen nesteytetyn metaanin käyttöön.
- Henkilöautoilun lisäksi satamien ja lentokenttien terminaaliliikenne, sekä veneily- ja raideliikenne olisivat sähkökäytön ansiosta lähes päästötöntä.

Tulevaisuuden käyttövoimat –työryhmän jäsenet arvioivat työnsä alkaessa realistista kehityspolkua fossiilisia polttoaineita korvaavien vaihtoehtojen yleistymiselle. Arviot samoin kuin luvun 5 energiankulutus- ja päästötarkastelut osoittivat, että nykyisillä toimilla kehityspolku ei ole riittävä. Vuoden 2050 tavoitetilan tulee olla sellainen, että sen avulla voidaan saavuttaa keskeiset liikenteen päästö- ja ilmastotavoitteet. Tavoitteen tueksi teetettiin yleisluonteisia laskelmia, joilla tavoitetilan riittävyttä voitiin arvioida.

Taulukossa 7.1 on laskettu ILARI baseline -skenaarion mukaisen energiankäytön mukainen CO₂-vähennys käyttämällä biopolttoaineella korvattavana osuutena työryhmän arvioita liikenteen energiankäytöstä vuonna 2050 (142 PJ). Bio-osuudet on arvioitu olevan taulukon prosenttiosuuksien mukaisia. Biopolttoaine voi olla bionestettä tai biokaasua. Arvioiduilla käyttöosuuksilla voitaisiin päästä 5,2 milj. tonnin CO₂-vähennykseen (71,2 PJ energiana). Tavoite -60 % liikenteen CO₂-vähennyksestä vastaisi 5 milj. tonnia, johon arvioidut käyttömäärät näin ollen riittäisivät. Biopolttoaineena käyttöosuudet vastaisivat 1,66 miljoonaa tonnia, joka suuruusluokaltaan vastaa koko vuoden 2011 bensiinin myyntiä (1,60 milj. t). Sen sijaan 80 %:n vähennys tarkoittaisi tarvetta vähentää CO₂-päästöt 2,4 milj. tonniin, jota ei yksin biopolttoaineilla voida saavuttaa, vaan se edellyttää sähkökäytön lisäämistä tai merkittävää energiatehokkuuden parantamista. Tavoite päästöttömästä henkilöautoilusta edellyttää joka tapauksessa energiatehokkuuden parantamista, josta osa saadaan suoraan siirtymällä sähkön käyttöön sähkön paremman hyötysuhteen ansiosta ja osa biopolttoaineille soveltuvien moottoreiden teknologiaa parantamalla. Raskaan tieliikenteen energiankulutuksen osuus kokonaiskulutuksesta nousee merkittävästi perusskenaariossa vuoteen 2050 mennessä. Biopolttoaineen korkeaa laskennallista korvausosuutta (70%) voidaan pienentää, jos vastaava laskennallinen vähennys toteutetaan kuljetusten energiatehokkuutta parantamalla tai sähkökäyttöä lisäämällä.

Taulukko 7.1. CO₂-vähennysmahdollisuudet 2050 korvattaessa fossiilisia polttoaineita nestemäisillä tai kaasumaisilla biopolttoaineilla ILARI baselinen arvioiman energiankäytön mukaisesti.

Liikennemuoto/ajoneuvoryhmä	Bio- polttoaineilla korvattava osuus 2050	Biopolttoaineen määrä (Milj. toe)	Vaikutus CO ₂ - päästöihin
Henkilöautoliikenne	40	0,61	2,9 milj. t

Pakettiautoliikenne	40	0,11	0,5 milj. t
Linja-autoliikenne	70	0,08	0,1 milj. t
Kuorma-autoliikenne	70	0,69	0,9 milj. t
Moottoripyörät ja mopot	40	0,01	0,1 milj. t
Tieliikenne keskimäärin		1,50	4,5 milj. t
Junaliikenne (dieselvedon osuudesta)	70	0,02	0
Vesiliikenne	40	0,10	0,5 milj. t
Ilmaliikenne	40	0,04	0,2 milj. t
Yhteensä kaikki		1,66	5,2 milj. t

Kotimainen meriliikenne, joka otetaan Suomen osalta huomioon virallisissa raportoiduissa CO₂-päästöissä, muodostaisi vuonna 2050 34 % vesiliikenteestä. Tästä osuudesta biopolttoaineiden 40 % käytöllä voitaisiin saada aikaiseksi liikenteen kokonaispäästöissä 1,1 %: vähenemä. Meriliikenteen kokonaismerkitys Suomen satamiin suuntautuvassa liikenteessä ja vaikutusmahdollisuudet päästöjen vähentämiseen, eivät tule huomioiduksi virallisen laskennan lukuarvoilla. Meriliikenteen kansallisten CO₂-vähennystoimenpiteiden pohjana tulisi siksi pitää valkoiseen kirjaan sisältyvää yleistä 40 %:n vähennystavoitetta CO₂-päästöjen suhteen sekä voimaantulevia vaatimuksia haitallisten päästöjen vähentämiseksi. LNG:n käyttöön siirtymisellä voidaan saada aikaan 25 %:n vähennys CO₂-päästöissä sekä merkittäviä vähennyksiä rikki- ja typenoksidien päästöissä.

Vastaavasti kotimaisen lentoliikenteen CO₂-päästöihin biokerosiinin nostamisella 40 %:iin ei arvioida olevan suurta merkitystä kansallisten raportoitavien päästöjen osalta (vaikutus 1,3 % liikenteen CO₂ päästöistä). Kuitenkin EU:n lentoliikenteen päästökaupan piirissä raportoitavat CO₂-päästöt olivat 2011 Suomen osalta yhteensä 2,9 miljoonaa tonnia, johon 40 %:n bio-osuudella voidaan merkittävästi vaikuttaa. Biokerosiinin tarjoaminen Suomen lentokentillä lisää päästövähennysmahdollisuuksia vielä tätäkin laajemmin.

8 Eri käyttövoimien käytön lisäämisen haasteet ja mahdollisuudet eri liikennemuodoissa

8.1 Yleistä

Yleisellä tasolla voidaan tunnistaa seuraavia reunaehtoja eri käyttövoimien soveltumisessa käytettäväksi liikenteessä ja eri liikennemuodoissa:

- energian saatavuuden varmuus ja pitkäjänteisyys
- vaikutukset ympäristölle
- CO₂-vähennyspotentialiaali
- energiatehokkuus
- kustannustehokkuus
- taloudellisuus ja markkinakysynnän luominen
- alueellinen saatavuus ja tuotantovolyyymi
- vaikutukset muille sektoreille, vaikutukset muille liikennemuodoille
- kuluttajahyväksyntä ja käytettävyys
- sosiaalinen ja ekologinen kestävyys laajassa mittakaavassa

Se miten uusia käyttövoimia edistetään ja millaisia painotuksia eri reunaehdoille annetaan, riippuu pitkälti eri maiden kehitysvaiheesta ja olosuhteista. Uusien polttoaineiden käytön lisäämiseksi laadittavien toimintalinjojen tulee perustua omiin lähtökohtiimme. Suomessa esimerkiksi biomassavarojen saatavuus ei muodosta estettä sitä hyödyntävien polttoaineiden määrän lisäämiselle. Vastaavasti kaasuverkon alueellinen kattavuus on monessa Euroopan maassa huomattavasti laajempi ja helpommin sovellettavissa liikennekäyttöön kuin Suomessa, jolloin maakaasuun pohjautuva liikkuminen on toteutettavissa tehokkaimmin alueellisen tuotannon täydentäminä päätieverkon yhdistävinä kuljetuskäytävinä.

Toimenpiteiden toteutettavuutta ja kustannustehokkuutta arvioitaessa huomiota Suomessa tulee kiinnittää harvaan asukastiheyteen, pitkiin etäisyyksiin ja kylmiin olosuhteisiin. Polttoaineiden tulee olla saatavilla tarvetta vastaavasti ja polttoaineen jakelun sekä liikennevälineiden toiminta varmistaa eri sääoloissa. Saatavuudesta ja jakelun toimintavarmuudesta tuotettu reaaliaikainen informaatio voivat lisätä käyttövarmuutta uusien polttoaineiden ja käyttövoimien käyttäjille. Käytännössä kaikkien kansallisten ratkaisujen on kuitenkin oltava yhteen sovitettavissa kansainvälisiin kehyksiin sekä raaka-aineiden ja liikennevälineiden globaaleihin markkinoihin. Vaihtoehtojen moninaisuudesta seuraava yleinen haaste on säilyttää kuluttajien valinnan mahdollisuudet ja markkinavetoisuus uusien käyttövoimien yleistymisen peruslähtökohtana sekä huomioida teknologianeutraali lähtökohta kaikkien uusien käyttövoimien eri elinkaaren aikaisten haittojen ja hyötyjen arvioimisessa ja sisällyttämisessä erilaisiin vero- ja tukitoimenpiteisiin.

On selvää, että vähäpäästöinen yhteiskunta edellyttää pitkällä aikavälillä käytännössä lähes päästötöntä autoilua. Koska autokanta uusiutuu hitaasti, tulee hiilidioksidista vapaiden autojen osuuden alkaa kasvaa merkittävästi jo varsin pian. On myös tunnustettava, että kotimaiselle kestäväälle biomassalle on myös paljon kilpailevia käyttäjiä ja markkinoita. Kestävien biopolttoaineiden saatavuuden vähentyessä, rajalliset resurssit tulee ensisijaisesti kohdistaa lentoliikenteen ja raskaan maantieliikenteen turvaamiseen Suomen kilpailukykyä ylläpitävällä tavalla.

8.2 Biopolttoaineet

Dieseliä korvaavan polttoaineiden raaka-aineena tieliikenteessä toimisi tulevaisuudessa lähinnä puupohjainen materiaali. Dieseliä korvaavat biopolttoaineet soveltuvat suoraan

tämän päivän autoihin, jolloin sekoitussuhteelle ei ole ennalta asetettua ylärajaa. Tämän johdosta myöskään jakelun järjestäminen ei ole ongelma.

Vaikka nestemäiset biopolttoaineet ovat käytettävissä eri liikennemuodoissa, pitää työryhmä tärkeänä, että tieliikenteen kevyiden ajoneuvojen, merenkulun ja raideliikenteen tulee tarvittaessa olla polttoaineiden suhteen väistyviä liikennemuotoja ja tarvittaessa mahdollistetaan lentoliikenteessä tarvittavan kerosiinin käyttö sekä raskaan liikenteen polttoaineet. Kehittyneillä jäte- ja tähdepohjaisilla biopolttoaineilla on elinkaaritarkastelu huomioiden mahdollista saavuttaa 80-85% CO₂-päästöjen vähenemistä. Jäteperäistä raaka-ainetta käytettäessä hiilitase voi olla jopa negatiivinen, jos jäte hyödyntämättömänä aiheuttaisi metaanipäästöjä ilmakehään.

Merenkulussa biopolttoaineiden raaka-ainevalikoima on tie- ja ilmaliikennettä laajempi ja myös erilainen orgaaninen jäte paremmin hyödynnettävissä. Jäteperäisen merenkulkuun soveltuvan bioöljyn osalta ongelmana on lähinnä saatavuus sekä erilaiset teknologiset ja lainsäädännölliset esteet jäteperäisen polttoaineen poltolle laivamoottoreissa. Teknologista kehitystä hidastavat myös suuret alkuinvestoinnit, joita sitoutuminen tiettyyn polttoaineeseen kuitenkin vaatii. Polttoaineen saatavuus tulee varmistaa myös muissa satamissa ja siksi laivamoottoreiden tulee voida hyödyntää useampaa polttoainetta. Merenkulussa myös energiatehokkuustavoitteiden saavuttaminen on haastavaa, sillä pelkkä polttoaineen vaihtaminen ei paranna energiatehokkuutta. Biomassa käytön CO₂-tase on tällä hetkellä 0 niin kauan kuin biopolttoaineet tuotetaan tuotannon sivuvirroista suoraan paikan päällä, eikä raaka-aineen hankinta lisää kuljetustarvetta lainkaan.

UPM on käynnistämässä Lappeenrannassa 100 000 tn biodieseliä mäntyöljystä valmistavan jalostamon rakentamisen (inv. 150 milj. eur). (UPM 2012) Tuotannon lisäämistä tulevaisuudessa hidastaa se, että EU:n hankehaussa olleista rahoitushakemuksista FT-synteesiä hyödyntävien kolmen biodieseljalostamon osalta 100-200 000 tn vuosituotantoa varten (inv. 500 milj.eur) vain yksi on toteutumassa. Muita haasteita biopolttoaineiden käytön lisäämiselle on metsäteollisuuden rakennemuutoksesta johtuva sivuvirtojen eli biopolttoaineiden raaka-aineiden määrien pieneneminen. Merenkulussa samoista raaka-aineista kilpailevat myös eläinrehujen valmistus.

8.3 Maakaasu ja biokaasu

Kaasun ja erityisesti biokaasun käytön lisääntyminen liikenteessä edellyttää riittävän kattavan ja toimintavarman tuotannon ja jakelun järjestämistä. Biokaasun tuottamisella kaatopaikkojen mädätysprosessissa syntyvästä metaanista ehkäistään samalla metaanin päätymistä ilmakehään. Meriliikenteessä LNG:n käyttö on edellytys meriliikenteen päästökaupalle ja se nähdään erityisesti uusien laivojen ratkaisuna. Suomi on EU:ssa ja IMO:ssa on tehnyt määrätietoista työtä LNG:n aseman vakiinnuttamiseksi laivaliikenteessä ja satamien jakeluverkon luomiseksi. Infrastruktuurin puute on merkittävin hidastava tekijä LNG:n käyttöä edellyttävälle laivainvestoinneille. Laivojen osalta investointiajat ovat erityisen pitkiä ja tavoitteiden tulee olla alueellisesti kattavia ja niiden toteuttamisessa tarvitaan pitkäjänteisyyttä. Laivaliikenteessä LNG:llä on saavutettavissa myös muille ympäristövaikutuksille, erityisesti rikin ja typenoksidipäästöille asetetut vähennysvaatimukset.

Biokaasun tuotantoon soveltuvat myös maatalouden sivuvirrat. Vuonna 2003 olkia ja lantaa muodostui noin 25 miljoonaa tonnia. Määrän energiapotentiaali on eri arvioiden mukaan 20-140Twh tai 110-490PJ. Jäteperäisillä raaka-aineilla tuotetun biokaasun elinkaaren aikainen kasvihuonekaasutase on huomattavasti energiakasveja parempi eikä se kilpaile viljelypinta-alasta ruokakasvien kanssa. Jättepohjaisista raaka-aineista tuotetun biokaasun poltto samoin kuin etanolin valmistukseen eivät lisää ilmakehän

hiilidioksidipitoisuutta, koska valmistuksessa käytettyjen jätteenä luokiteltujen bioresurssien hiili vapautuisi ilmakehään joka tapauksessa.

8.4 Sähkö

Tieliikenteen sähköistymisen osalta mahdollisuudet ovat suuret erityisesti kaupunkien ja henkilöautoliikenteen osalta. Vaikkakin sähköauton toimintamatkaan vaikuttava akkujen ominaisenergia on parantunut merkittävästi, täyssähköautojen tärkeimmät ongelmat ja haasteet ovat edelleen lyhyt toimintamatka (100 – 150 km) ja korkea hinta (suuruusluokkaisesti 2 – 3 -kertainen vastaavaan polttomoottoriautoon nähden). Suomessa on huomioitava lisäksi, että täyssähköauton toimintamatka lyhenee merkittävästi kylmässä. Informaatiotekniikan kehitys antaa mahdollisuuksia sähköautojen käytön optimointiin ja älykkäisiin latausjärjestelmiin. Pääkaupunkiseudulla latausverkoston rakentaminen on jo alkanut ja pikalatauspisteet tulevat jo lähivuosina mahdollistamaan liikkumisen sähköllä Etelä-Suomen suurten kaupunkien välillä. ABC-ketjun ja Fortumin yhteishankkeina on mm. toteutettu ensimmäiset pikalatauspisteet Espooseen ja Lahteen. Vastaavia asemia odotettavissa Helsingin ja Tampereen, ja Espoon ja Turun välille, sekä Valtatie 7:n varrelle. Valmistella oleva EU:n direktiivi sähköjakeluverkosta vahvistaa sähkökäyttöisten ajoneuvojen käyttöasteen pitenemistä, jolloin 300-400 km päivämatkat eivät muodostu ongelmaksi sähköautoillekaan.

Latausinfraan lisäksi kehitys edellyttää autovalmistajien sitoutumista ja mm. akkuteknologiassa tapahtuvaa kehitystä. Akkuteknologian kehitys ja uudenlainen suhtautuminen autoiluun voivat nostaa täyssähköautotkin odotettua nopeammin autotarjonnan valtasuuntaukseksi. Toisaalta taloudellisen taantuman vähentäessä tuotekehityspanoksia, täyssähköautojen kehitys saattaa pysähtyä ja jäädä merkitykseltään marginaalisiksi taajama-ajoneuvoiksi tai kakkosautoiksi. Ladattavien hybridien vahvuutena on mahdollisuus käyttää pienempää akkua, mikä mahdollistaa edullisemman hinnan. Polttomoottori mahdollistaa myös pidemmän toimintasäteen ja toisaalta varajärjestelmän olemassaolo jo itsessään pienentää lyhyilläkin matkoilla epävarmuuden tunnetta tielle jäämisen riskistä.

Liikennesektorin ulkopuolella sähkökäyttöinen liikenne voi olla merkittävä tekijä uusiutuvan sähköntuotannon edistäjänä, mikä on tyypillisesti ajallisesti hyvin vaihtelevaa. Älykkäät, ohjattavat sähkönkäyttökohteet mahdollistavat, että suurempi osuus kaikesta sähköntuotannosta on päästötöntä.

Toinen myönteinen ulkoisvaikutus on sähköautojen päästöttömyys myös muiden päästöjen kuin CO₂:n osalta. Euroopassa on kaupunkeja, joiden keskustoissa polttomoottorikäyttöistä liikennettä rajoitetaan ilmanlaadun vuoksi. Sähkökäyttöinen liikenne mahdollistaa uusia näkökulmia kaupunkisuunnitteluun. Liikenne voidaan integroida entistä paremmin osaksi kaupunkia, kun ilman epäpuhtaudet tai melu eivät rajoita suunnittelua.

Maasähkön käyttö satamassa on päästövapaa ja meluton vaihtoehto ylläpitää laivan tehontarvetta satamassa olon aikana. Laivan omien pää- tai apukoneiden ei tarvitse olla silloin käytössä. Maasähkön käyttö on suositeltavaa, mutta toistaiseksi vielä verrattain vähäistä. Maasähkön käyttö parantaa myös miehistön työoloja aluksen satamakäynnin aikana. Maasähkön tarvitseman tekniikan, kuten liitänkäapeleiden, ja jännitteen suhteen on vielä avoimia kysymyksiä sekä tarvetta kehitystyölle ja globaalisti standardoiduille ratkaisuille. Maasähkö sopii erityisesti aluksille, jotka ovat säännöllisessä linjaliikenteessä ja käyttävät toistuvasti samoja laituripaikkoja. Ison matkustaja-aluksen sähkötehontarve on suuri hotellikuorman takia ja tämä aiheuttaa teknisiä ongelmia maasähkön tarjonnan osalta. Rahtialusten vaatima sähkötehontarve on huomattavasti pienempi kuin matkustaja-alusten ja niille maasähkö on helpommin toteutettavissa oleva vaihtoehto. Maasähkөөn siirtymisen edellyttämät investoinnit erityisesti matkustaja-

aluksien osalta ovat suuret sekä satamalle että varustamolle. Valtio voi verohelpoituksilla ja investointituilla edistää huomattavasti maasähkön käyttöönottoa. Ruotsissa ja Saksassa maasähkölle on annettu verohelpotus. Maasähkön käyttöön voimanlähteenä satamissa vaikuttaa tulevaisuuden osaltaan vaihtoehtoiset polttoaineet, jotka jo sinällään vähentää laivojen päästömääriä myös satamassa.

8.5 Vety

Hybridiautot ja sähköiset ajovoimansiirrot tasoittavat tietä myös aivan uusille voimalaitteille. Tulevaisuuden hybridiautossa sähkö todennäköisesti tuotetaan nykyisen polttomoottorigeneraattori –yhdistelmän sijasta polttokennolla. Polttokennossa vety yhtyy ilman happeen synnyttäen sähkövirtaa. Koska reaktio toimii verrattain matalassa lämpötilassa ilman varsinaista palamisprosessia, ei siinä synny mitään haitallisia päästöjä, ainoastaan puhdasta vettä. Siitä odotetaan tulevan vaihtoehto, joka lopullisesti syrjäyttäisi mäntämoottorit. Tärkeimpinä haasteina pidetään korkeita valmistuskustannuksia ja toisaalta puuttuvaa vedyn jakeluinfrastruktuuria. Polttokenno ei sovellu käytettäväksi raskaassa tavaraliikenteessä riittävän tehon tuottamiseen tarvittavan tilankäytön takia.

Seurattavat mittarit

Jotta tavoitteisiin vuotta 2050 kohti voidaan päästä, työryhmä esittää seuraavia seurattavia mittareita toimimaan herätteinä lisätoimenpiteiden valmistelulle 2020-2030 tavoitejaksolle. Seuranta tulee toteuttaa ministeriötasolla vuosittain ja ohjelmason päivitys ja toimenpiteiden arviointi tulee tehdä tarvittaessa, mutta kuitenkin vähintään hallituskausittain osana hallinnonalan ilmastotyötä.

1. Vaihtoehtoisten polttoaineiden käyttöön soveltuvien henkilöautojen* osuus uusista rekisteröidyistä henkilöautoista (vuonna 2012: vähäpäästöiset < 99g/km 4,42 ja muille polttoaineille soveltuvat 1,32 %, kokonaisrekisteröintimäärä 111 251 henkilöautoa).

2014	2,5 %
2015	5 %
2016	10 %
2017	20 %
2018	30 %
2019	40 %
2020	50 %
--	--
2030	100 %*

* Muut kuin pelkästään dieseliä tai 25 % tai vähemmän etanolia sisältäviä bensiiniseoksia käyttävät autot.

2. Rekisteröityjen henkilöautojen CO₂-päästöt (2011: 144,9 g/km, 2012: 139,7 g/km)

Tavoite 2015: 130 g/km

Tavoite 2020: 95 g/km

Tavoite 2030: [alustava 55-70 g/km] (tavoite päivitettävä EU tavoitteiden täsmentyessä)

3. Sähkön latausverkoston kattavuus kaupunkialueilla ja pääväylien yhdysliikenneverkolla:

3a Julkisesti saatavilla olevat latauspisteet
(vuonna 2012: 25 (Lähde: www.sahkoinenliikenne.fi))

Tavoite 2020: 7000

3b Nopean latauksen jakelupisteet (vuonna 2012:)

3c Standardin EN 62196-2:2012 mukaiset vaatimukset täyttävät latauspisteet (vuonna 2012:)

Tavoite 2020: 71 000

4. Uusiutuvien biopolttoaineiden laskennallinen jakelumäärä (jakeluvelvoitelain edellyttämät tasot), % energiasisällöstä

2014	6 %
2015	8 %
2016	10 %
2017	12 %

2018	15 %
2019	18 %
2020	20 %

5. Kotimaan liikenteen energiankulutus (Energia- ja ilmastostrategian pohjalta 2013: 51 TWh (183,6 PJ), ILARI 173 PJ/2009)

Tavoite 2020: ~176,4 PJ (Energia- ja ilmastostrategia 2020: 49 TWh),

Tavoite 2030:

Tavoite 2050: 72 PJ (Tavoite arvioitu työryhmän tavoitetilan mukaisilla biopolttoaineen ja sähkökäytön osuuksilla. Sähkön käyttö lasketaan mukaan liikenteen energian kulutukseen, mutta päästöt kuuluvat päästökaupan piiriin (energiantuotantosektori).)

6. Kotimaan liikenteen kasvihuonekaasupäästöt (vuonna 2011: 13,2 milj. tn CO₂ekv.)

Tavoite 2020: 11,2 milj. tn (-15 % vuoden 2005 tasosta)

Tavoite 2030: 8,4 milj. tn (laskennallinen välitavoite)

Tavoite 2040: 5,6 milj. tn (laskennallinen välitavoite)

Tavoite 2050: 2,8 milj. tn (-80 % vuoden 1990 tasosta)

7. Suomen vesiliikenteen CO₂-päästöt (MEERI-laskentajärjestelmä)

2011: 2,7 milj. tn (polttoaineenkulutus 0.85 milj. tn)

(Suomeen suuntautuvan meriliikenteen polttoaineen kokonaiskulutusarvio 2011: 2 milj. tn)

8. Lentoliikenteen päästökaupan piiriin kuuluvasta liikenteestä raportoidut CO₂-päästöt 2011: 2,9 milj. tn

Kuvat ja taulukot

Kuva 4.1. Liikenteen käyttövoimiin liittyvät EU:n komission pääosastot ja näiden työkalut ja ohjelmatason tavoitteet.	20
Taulukko 4.1. Kansallisten asiantuntijoiden ⁶ yhteenveto käyttövoimavaihtoehtoista eri aikajänteillä.	23
Taulukko 4.2. Direktiiviehdotuksen määrälliset tavoitteet Suomen osalta.	24
Kuva 4.2 Ennuste primäärienergian lähteiden osuuksien kehittymisestä vuoteen 2035. (WEO 2011)	25
Kuva 4.3. Toimenpiteet vuoden 2050 päästövähennysten saavuttamiseksi. (ETP 2012)	26
Kuva 4.4. Arvio käyttövoimien ja biopolttoaineiden jakaumista vuodelle 2050. (Biofuels Roadmap 2011)	27
Taulukko 4.3. Jakeluvaihtelun mukaiset biopolttoaineiden vähimmäisosuudet vuosittain.	28
Kuva 4.5 Kokonaisverorasitus 10 vuoden aikana eri käyttövoimavaihtoehtojalla (VM, 2012)	29
Kuva 5.1. Liikenteen hiilidioksidipäästöennuste (baseline 2007). (ILPO 2009)	33
Kuva 5.2. Liikenteen "baseline" hiilidioksidipäästöennuste vuoteen 2050 liikennemuodoittain (biopolttoaineiden osuus sisältyy ennusteeseen). (ILARI 2011)	34
Taulukko 5.1. ILARI 2011 baseline skenaarion mukaiset hiilidioksidipäästöt (Mt CO ₂) vuonna 2020.	35
Kuva 5.3. Liikenteen "baseline" energiankulutusennuste (PJ/a) vuoteen 2050 liikennemuodoittain.	35
Taulukko 5.2. ILARI 2011 baseline skenaarion mukaiset energiamäärät (PJ) vuonna 2009, 2020, 2030 ja 2050.	36
Taulukko 5.3. Eri sähköautomäärien vaikutus sähkön kulutukseen Suomessa. Eri skenaarioita vuodelle 2020. Autojen suorite 16.500 km/a ja energian kulutus 240 Wh/km. Latausteho 3,6 kW. (Nylund 2011)	37
Taulukko 5.4. VTT:n vuoden arvio (2012 kevät) todennäköisistä biopolttoaineiden kotimaisista tuotantomääristä vuonna 2020. (Suomi 2020)	38
Kuva 5.4. St 1:n arvio FFV-autojen ja etanolituotannon kehittymisestä vuoteen 2020.	40
Taulukko 6.1. Polttoaineiden tiheys, lämpöarvo ja vetysisältö sekä CO ₂ -ominaispäästöt. (JEC WTW 2011)	42
Kuva 6.1. Esimerkkejä eri polttoainevaihtoehtojen kasvihuonepäästöistä. (Nylund & Koponen 2012).	43
Taulukko 6.2. Arvioita kasvihuonekaasupäästöjen vähennyksille. (Direktiivi 2009/28/EY)	44
Taulukko 6.3. Komission ehdotuksessa tuplalaskennan ja nelinkertaisella painoarvolla laskettavat raaka-aineet	45
Kuva 6.2. St1:n arvot eri polttoaineiden CO ₂ -päästöille. Arvot ovat öljykvivalenttikilolle (n. 42,5 MJ).	46
Taulukko 6.4. Uusituvan NExBTL dieselin kasvihuonekaasupäästöt.	47
Taulukko 6.5. Sähköauton (Nissan Leaf) ja dieselauton (Volkswagen Golf TDI BlueMotion) vertailu. (Nylund 2011)	48
Kuva 6.3. Sähköntuotannon ominaispäästöt 2007-2050 (ET Visio 2050 (Eurelectric: Power Statistics 2010))	49
Kuva 6.4. Eri polttoainevaihtoehtojen WTW kasvihuonekaasupäästöt ja kokonaisenergiankulutus. Erimerkit henkilöautoille, vertailukohtana tavallinen bensiinikäyttöinen henkilöauto (CO ₂ -päästö on n. 170 g/km ja energian kulutus n. 2,2 MJ/km). (JEC WTW 2011)	50
Kuva 6.5. WTW kasvihuonekaasupäästöt ja kokonaisenergiankulutus bensiiniautolle, hybridille, plug-in hybridille, akkusähköautolle ja polttokennoautolle. (Boulouchos 2012)	51
Taulukko 7.1. CO ₂ -vähennysmahdollisuudet 2050 korvattaessa fossiilisia polttoaineita biopolttoaineilla ILARI baselinen arvioiman energiankäytön mukaisesti.	52

Viitteet

- Ahlnäs, B. (2012). Nesteytetyn maakaasun tuontiterminaali Suomeen. Finngulf LNG. http://www.gasum.fi/tuotteet/lng/tuontiterminaali/InkooPorvoo/Documents/2012-04-19%20YVA-yleis%C3%B6tilaisuus_Inkoo_Gasum_fi.pdf
- Biofuels Roadmap. (2011). Technology Roadmap. Biofuels for Transport. International Energy Agency. http://www.iea.org/papers/2011/biofuels_roadmap.pdf
- Boulouchos. (2012) Passenger Vehicle Primary Energy Demand, Greenhouse Emissions & Costs, A Comparison Across Drivetrain Technologies. IEA AMF Executive committee, Zürich 30.5.2012.
- ET Visio 2050. Energiatoteellisuus 2010. <http://energia.fi/julkaisut/haasteista-mahdollisuuksia-sahkon-ja-kaukolammon-hiilineutraali-visio-vuodelle-2050>
- ETP. (2012). Energy technology Perspectives. International Energy Agency. <http://www.iea.org/etp/>
- IANGV. (2012). Current Natural Gas Vehicle Statistics. International Association for Natural Gas Vehicles. <http://www.iangv.org/current-ngv-stats/>
- IEA-AMF. (2012). IEA-Advanced Motor Fuels. Annual Report 2011. http://www.iea-amf.vtt.fi/pdf/annual_report_2011.pdf
- JEC WTW. (2011). Well-to-wheels Analysis of Future Automotive Fuels and Powertrains in the European Context, July 2011 <http://iet.jrc.ec.europa.eu/about-jec/downloads>
- ILPO. (2009). Liikenne- ja viestintäministeriön hallinnonalan ilmastopoliittinen ohjelma 2009–2020. 17.3.2009. http://www.vihreaict.fi/linked/fi/LVMn_ilmastopoliittinen_ohjelma.pdf
- JEC Biofuels Programme. (2011). EU Renewable energy targets in 2020: Analysis of scenarios for transport. JEC Biofuels Programme. Report EUR24770EN - 2011. <http://iet.jrc.ec.europa.eu/about-jec/jec-biofuels-programme>
- Jääskeläinen, S. (2012). Ilmasto- ja energiapoliittisen ministeriöryhmän kokous 12.1.2012; tausta-aineistoa. Liikenteen kasvihuonekaasupäästöjen kehitys 2012-2050; uusi "baseline"-skenaario. Muistio 11.1.2012. Liikenne- ja viestintäministeriö.
- LVM. (2012). Liikenne- ja viestintäministeriön hallinnonalan ilmastopoliittinen ohjelma 2009–2020, Seuranta 2012. LVM julkaisu 23/2012.
- Neste Oil. (2013). Yhtiön uusiutuvien raaka-aineiden käyttö 2012. <http://www.nesteoil.fi/default.asp?path=35,52,11990,11993,15646>
- Nylund, N-O. (2011). Sähköautojen tulevaisuus Suomessa. Sähköautot liikenne- ja ilmastopoliittikan näkökulmasta. Liikenne- ja viestintäministeriön julkaisu 12/2011. <http://www.lvm.fi/web/fi/julkaisu/-/view/1230128>
- Nylund & Koponen. (2012). Fuel and Technology Alternatives for Buses. VTT Technology T46
- Suomi 2020. Tieliikenteen uusiutuva energia ja kasvihuonekaasupäästöjen vähentäminen vuoteen 2020 mentäessä. Transeco:

http://www.transec.fi/files/673/TransEco_strategiahanke_Suomi_2020_Tieliikenteen_uusiutuva_energia_ja_kasvihuonekaasupaastojen_vahentaminen_vuoteen_2020_mentaessa.pdf

UPM. (2012). UPM rakentaa maailman ensimmäisen puupohjaista biodieseliä valmistavan biojalostamon. <http://www.upm.com/FI/MEDIA/Uutiset/Pages/UPM-rakentaa-maailman-ensimmaisen-puupohjaista-biodieseliä-valmistavan-biojalost-001-Wed-01-Feb-2012-10-05.aspx>

WEO. (2011). World Energy Outlook 2011. International Energy Agency. <http://www.worldenergyoutlook.org/publications/weo-2011/>

White Paper. (2011). White Paper. Roadmap to a Single European Transport Area – Towards a competitive and resource efficient transport system. Brussels, 28.3.2011. COM(2011) 144 final. http://ec.europa.eu/transport/strategies/2011_white_paper_en.htm

ÖKL. (2013). Öljytuotteiden myynti Suomessa 2012. 2011 vuoden tiedot edellisen vuoden tilastosta. <http://www.oil.fi/fi/tilastot-3-suomen-oljymarkkinat/34-oljytuotteiden-myynti>

Säädöksiä

1420/2010. Laki biopolttoaineiden käytön edistämisestä liikenteessä annetun lain muuttamisesta. Annettu Helsingissä 30 päivänä joulukuuta 2010.

<http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2010/20101420>

1509/2011. Laki ajoneuvojen energia- ja ympäristövaikutusten huomioon ottamisesta julkisissa hankinnoissa <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2011/20111509>

98/70/EY. Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi annettu 13 päivänä lokakuuta 1998, bensiinin ja dieselpolttoaineiden laadusta ja neuvoston direktiivin 93/12/ETY muuttamisesta.

2008/101/EY. Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi annettu 19 päivänä marraskuuta 2008, direktiivin 2003/87/EY muuttamisesta ilmailutoiminnan sisällyttämiseksi yhteisön kasvihuonekaasujen päästöoikeuksien kaupan järjestelmään.

2009/28/EY. Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2009/28/EY, annettu 23 päivänä huhtikuuta 2009, uusiutuvista lähteistä peräisin olevan energian käytön edistämisestä sekä direktiivien 2001/77/EY ja 2003/30/EY muuttamisesta ja myöhemmästä kumoamisesta. <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:140:0016:0062:fi:PDF>

2009/30/EY. Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2009/30/EY, annettu 23 päivänä huhtikuuta 2009, direktiivin 98/70/EY muuttamisesta bensiinin, dieselin ja kaasuöljyn laatuvaatimusten osalta sekä kasvihuonekaasupäästöjen seurantaan ja vähentämiseen tarkoitetun mekanismin käyttöönottamisen osalta, neuvoston direktiivin 1999/32/EY muuttamisesta sisävesialusten käyttämien polttoaineiden laatuvaatimusten osalta ja direktiivin 93/12/ETY kumoamisesta. <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:140:0088:0113:fi:PDF>

2009/33/EU. Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2009/33/EY, annettu 23 päivänä huhtikuuta 2009, puhtaiden ja energiatehokkaiden tieliikenteen moottoriajoneuvojen edistämisestä. <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:120:0005:0012:fi:PDF>

406/2009/EY. Euroopan parlamentin ja neuvoston päätös N:o 406/2009/EY, tehty 23 päivänä huhtikuuta 2009, jäsenvaltioiden pyrkimyksistä vähentää kasvihuonekaasupäästöjään yhteisön kasvihuonekaasupäästöjen vähentämissitoumusten täyttämiseksi vuoteen 2020 mennessä. <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:140:0136:0148:fi:PDF>

443/2009/EY. Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus (EY) N:o 443/2009, annettu 23 päivänä huhtikuuta 2009, päästönormien asettamisesta uusille henkilöautoille osana yhteisön kokonaisvaltaista lähestymistapaa kevyiden hyötyajoneuvojen hiilidioksidipäästöjen vähentämiseksi.

http://www.google.fi/search?sourceid=navclient&aq=f&oq=443%2f2009%2fEY&ie=UTF-8&rlz=1T4RNSN_enFI409FI409&q=443%2f2009%2fEY&gs_upl=0I0I0I5454IIIIIIIIII

510/2011/EU. Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus (EU) N:o 510/2011, annettu 11 päivänä toukokuuta 2011, päästönormien asettamisesta uusille kevyille kuljetusajoneuvoille osana unionin kokonaisvaltaista lähestymistapaa kevyiden hyötyajoneuvojen hiilidioksidipäästöjen vähentämiseksi. <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2011:145:0001:0018:fi:PDF>

Eriävä mielipide liikenne- ja viestintäministeriön työryhmän ”Tulevaisuuden käyttövoimat liikenteessä” loppuraporttiin

Ari Lampinen, työryhmän ”Tulevaisuuden käyttövoimat liikenteessä” jäsen
Suomen Biokaasuyhdistys ry

26.4.2013

Työryhmän loppuraportti sisältää yhteenvedossa monia hyviä tavoitteita, mutta valitettavasti päätekstissä suuren määrän työryhmän tavoitteiden vastaisia elementtejä.

Loppuraportissa esitetään liikennemuotokohtaisia tavoitteita, joiden avulla liikenteen hiilidioksidipäästöjä voitaisiin vähentää ainakin 80 % vuoteen 2050 mennessä. Vaikka tavoitteet ovat oikean suuntaisia, ne ovat riittämättömiä, eivätkä sisällä muiden kasvihuonekaasujen kuin hiilidioksidin vähentämistä. Autojen kasvihuonekaasupäästöjen käsittely on erityisen ongelmallista sekä raportissa että Suomen nykyisessä lainsäädännössä. Siksi Suomen Biokaasuyhdistys laati työryhmälle asiasta selvityksen toimenpideohjeineen (BKY2). Sitä ei kuitenkaan otettu huomioon.

Raportissa ei ole esitelty lainkaan uusia lainsäädännöllisiä, mukaan lukien vero-ohjaus, toimenpidemahdollisuuksia tavoitteiden toteuttamiseksi, vaan on ainoastaan esitelty nykyään voimassa olevia. Kyseessä on niin suuri muutos, että uusia lainsäädännöllisiä toimenpiteitä välttämättä tarvitaan. Biokaasuyhdistyksen työryhmälle laatimassa selvityksessä esitellään valtion käytettävissä oleva työkalupakki, joka sisältää 41 toimenpidettä ajoneuvokannan, tankkausinfrastruktuurin ja tuotannon kehittämiseksi (BKY1, 99-122). Uudet lainsäädännölliset toimenpiteet sekä nykyisten hallinnollisten esteiden poistaminen, mukaan lukien liikenne- ja viestintäministeriön hallinnonalalla, ovat niistä tärkeimpiä, mutta niitä ei mainita loppuraportissa.

Raportin pääteksti on monessa asiassa ympäristönsuojelutavoitteiden, teknologianeutraaliustavoitteiden ja raakaöljyriippumattomuustavoitteiden vastainen. Siinä painotetaan raakaöljyperäisiä polttoaineita ja niihin sekoitettavia biokomponentteja. Raakaöljystä vapauttavista teknologioista painotetaan voimakkaasti yhtä vaihtoehtoa, sähköautoja, ja pyritään tuomaan eräitä muita vaihtoehtoja, kuten kaikkiin liikennemuotoihin soveltuvat kaasujoneuvot, esiin kielteisellä tai vähättelevällä tavalla. Suurin osa vaihtoehtoista jätetään mainitsematta. Uusiutuvista polttoaineista käsitellään vain biopolttoaineita ja pois on jätetty UE-direktiivin vastaisesti muut UE-polttoaineet, joilla on huomattavat resurssi- ja päästövähennykset biopolttoaineisiin verrattuna. Lentoliikenteen tavoitteissa on mukana vain biokerosiini jättäen kaikki muut vaihtoehdot pois.

Työryhmäraportin merkittävät laadulliset ongelmat ovat suuri huolen aihe. Raportin viimeisen luonnoksen tarkastuslausunnossa tuodaan yksilöidysti esiin yli 100 virhettä, puutetta ja harhaanjohtavaksi kirjoitettua sisältöä (BKY3). Ne painottuvat päätekstiin, joka poikkeaa merkittävästi raportin yhteenvedosta, varsinkin asenteellisesti. Näiden ongelmien takana eivät ole työryhmän jäsenet, vaan työryhmäraportin pääosan kirjoittamisesta vastanneet henkilöt. Loppuraportti siis ei tyydyttävästi dokumentoi työryhmän työtä. Raportissa on jätetty tekemättä lukuisia työryhmän jäsenten korjausesityksiä ja siinä on jätetty huomioon ottamatta suuri määrä työryhmän jäsenten raporttia varten tarjoamaa tietoa, mukaan lukien Suomen Biokaasuyhdistyksen työryhmälle laatimaa kaksi laajaa selvitystä (BKY1 ja BKY2).

Viitteet (Suomen Biokaasuyhdistyksen työryhmää varten laatimat selvitykset sekä tarkastuslausunto):

- BKY1: Tiekartta uusiutuvaan metaanitalouteen – Sektoriraportti liikenne- ja viestintäministeriön työryhmälle *Tulevaisuuden käyttövoimat liikenteessä*. 7.6.2012, 133 s.
http://www.biokaasuyhdistys.net/media/Sektoriraportti_UE-metaani_LVM_2012.pdf
- BKY2: Uusiutuvia energialhteitä käyttävien autojen kasvihuonekaasupäästöt. 27.12.2012, 27 s.
http://www.biokaasuyhdistys.net/media/UE-autojen_kasvihuonekaasupaastot.pdf
- BKY3: Tarkastuslausunto liikenne- ja viestintäministeriölle LVM-työryhmän ”Tulevaisuuden käyttövoimat liikenteessä” loppuraportin viimeisestä luonnoksesta. 22.4.2013, 22 s.
http://www.biokaasuyhdistys.net/media/Tarkastuslausunto_LVM_tyoryhmaraportti_tulevaisuuden_kayttovoimat_liikenteessa.pdf



Liikenteen tulevaisuuden käyttövoimat – biokerosiini lentoliikenteessä

LVM:n liikenteen tulevaisuuden käyttövoimia
tarkastelleen työryhmän loppuraportin
lentoliikennettä koskeva osuus

8.5.2013

Sisällysluettelo

1. Taustaa.....	3
2. Johdanto.....	3
2.1. Lentoliikenteen ja päästöjen kehittyminen	3
2.2 Päästöjen vähentäminen	4
2.2.1. Lentokoneet ja ilmatila.....	4
2.2.2. Lentoasemat.....	5
2.2.3. Päästöjen vähentäminen – uusiutuvat polttoaineet	5
3. Biopolttoaineet	6
3.1. Standardointi	6
3.2. Tuotantoteknologioista	6
3.2.1. Fischer-Tropsch	6
3.2.2. HEFA	7
3.2.3. Kehitteillä olevia teknologioita.....	7
3.3. Raaka-aineista.....	7
3.4. Biokerosiinien ympäristölliset kestävyys säännökset.....	8
4. Biokerosiinien tuotantotilanne 2012.....	9
5. Kansainvälisten järjestöjen työ biokerosiinien käytön tukemiseksi.....	11
5.1. Kansainvälinen siviili-ilmailujärjestö (ICAO).....	11
5.2. Alan toimijoiden yhteenliittymät.....	12
6. Euroopan unionin toimenpiteet lentoliikenteen päästöjen vähentämiseksi ...	12
6.1. Poliittikat ja tutkimusohjelmat.....	12
6.2. Lentoliikenteen päästökauppa.....	15
6.2.1. Päästökaupan rakenne.....	15
6.2.2. Päästöoikeuksien huutokauppa ja tulojen käyttö.....	15
7. Lentoyhtiöiden tiekartta päästöjen vähentämisessä	16
8. Biokerosiinien käytön haasteet	17
8.1. Kustannus- ja kuljetuskysymykset.....	17
8.2. Suomesta edelläkävijä biokerosiinien käytön edistämässä ?.....	19
8.2.1. Biokerosiinien valmistus Suomessa	19
9. Suositukset.....	20

1. Taustaa

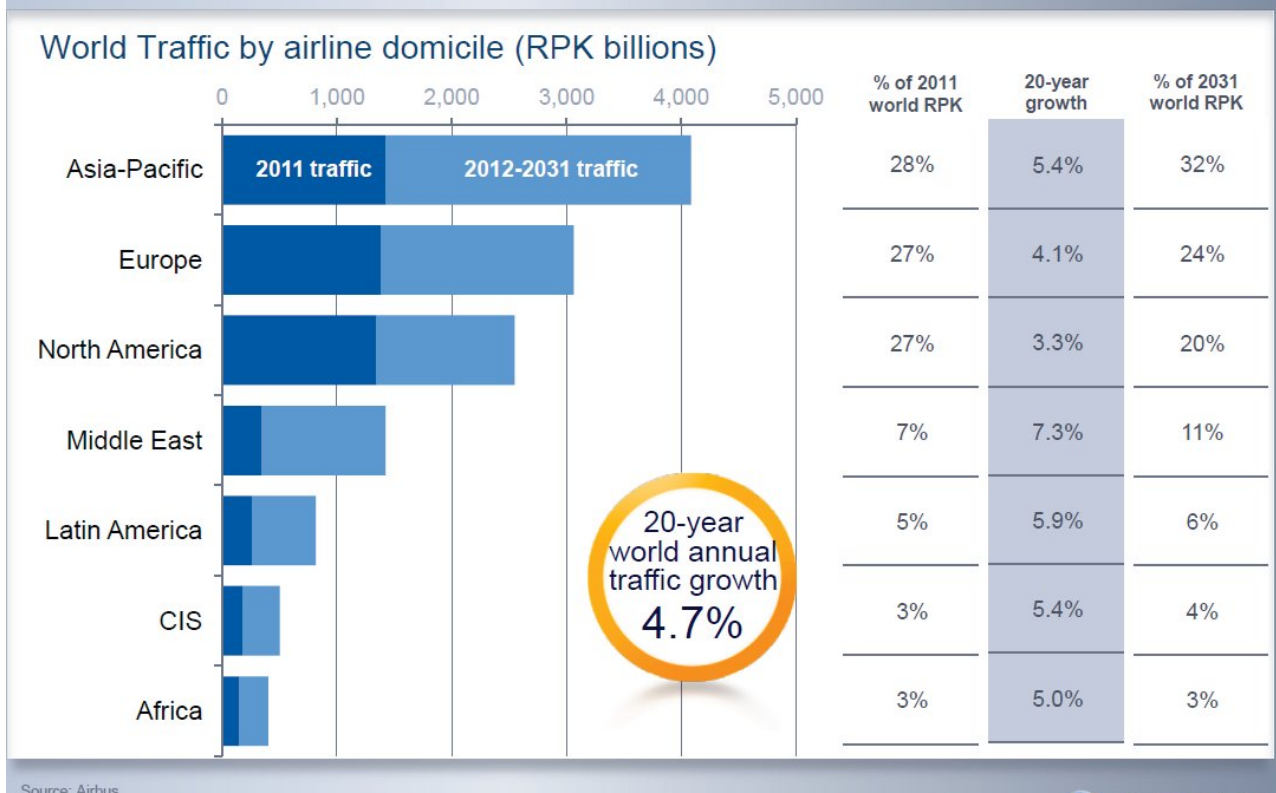
EU:n tavoitteena on vähentää kasvihuonekaasupäästöjä 80-95 % vuoteen 2050 mennessä verrattuna vuoden 1990 tasoon. Tavoitteeseen pääseminen edellyttää radikaaleja toimenpiteitä myös liikennesektorilla, liikenteeseen on muun muassa saatava uusia polttoaineita tai vaihtoehtoisia käyttövoimia, jotka voivat korvata öljyn. Liikenne- ja viestintäministeriö perusti tammikuussa 2012 työryhmän tarkastelemaan tulevaisuuden käyttövoimia eri liikennemuodoissa. Käsillä oleva katsaus lentoliikenteen tulevaisuuden käyttövoimiin on osa työryhmän loppuraporttia.

2. Johdanto

2.1. Lentoliikenteen ja päästöjen kehittyminen

Lentoliikenne on yksi voimakkaimmin kasvavista liikennemuodoista. Airbus-yhtiön tuoreen katsauksen mukaan lentoliikenteen matkustajakilometrit kasvavat maailmanlaajuisesti vuodessa 4,7 % vuoteen 2031 saakka ja 4,5 %:lla vuosittain aina vuoteen 2050 saakka. Kasvu on suurinta Asian - Tyynenmeren -alueella (5,4 %), ja pienintä Pohjois-Amerikassa (3,3 %), jossa merkittävää vaurastumisen ja yhdyskuntarakenteen muutosta ei enää tapahdu.

Asia-Pacific airlines to lead in world traffic by 2031



Vuonna 2011 Helsinki-Vantaan liikenneilmailun operaatiomäärä oli 191000. Ennusteen mukainen määrä vuonna 2025 olisi 336000, eli noin 1,8-kertainen. Suomen lentoliikenteen volyymin merkittäväosa keskittyy Helsinki-Vantaan lentoasemalle myös tulevaisuudessa, vaikka on oletettavaa, että esimerkiksi Lapin matkailua palvelee jatkossa enenevä määrä suoria lentoja ulkomailta. Ottaen huomioon Suomen väestö, matkailuelinkeino, kauttakulkuliikenteen kehittymismahdollisuudet ja lentoasemien infrastruktuuri, voitaneen

varovaisesti olettaa, että koko Suomen kaupallisen ilmailun lentojen määrä olisi vuonna 2050 noin 3,2-kertainen nykyiseen verrattuna, vastaten noin 3 % jatkuvaa vuotuista kehitystä.

Lentoliikenne, sisältäen päästöt Suomen talousvyöhykkeellä ilman ylilentoja, kuluttaa noin 5 % koko liikennealan käyttämästä energiasta Suomessa (2011). Lentoliikenteen päästöjä voidaan ilmoittaa monella tavalla sen mukaan, otetaanko huomioon ainoastaan kotimaan liikenteessä toteutettujen lentojen päästöt, Suomeen ja Suomesta lähtevät lennot vai lasketaanko päästöt ainoastaan Suomessa tankatun kerosiinin määrän mukaan. Esim. YK:n ilmailusopimuksen liikenteeseen liittyvät velvoitteet lentoliikenteen osalta koskevat tällä hetkellä ainoastaan Suomen sisällä tehtyjä lentoja. Näiden lentojen CO₂-päästöt on VTT arvioinut polttoaineen myyntitietojen perusteella olevan vuonna 2050 n. 3,3 % (300 000 t) koko liikenteestä.

Kaikkien Suomesta lähtevien ja sinne saapuvien lentojen, lukuun ottamatta ylilentoja, osuus EU27-maiden lentoliikennepäästöistä on noin yksi prosentti. Lentoliikenteen päästökaupan (ETS) puitteissa lentoyhtiöiden on tarkasti raportoitava päästöistään ja todennettava riippumattomalla todentajalla päästönsä. Vuonna 2011 EU:n lentoliikenteen päästökaupan piirissä olevat CO₂-päästöt olivat Suomen osalta yhteensä 2,9 miljoonaa tonnia. Päästökaupparaportoinnin laskentatapa poikkeaa VTT:n käyttämästä päästöjen arvioinnista: luku sisältää ETS:n nojalla Suomen hallinnoitavana olevien 28 lentoyhtiön päästöt. Lentoja on voitu kokonaan toteuttaa myös Suomen ulkopuolella, mutta näiden lentojen osuus on yhteensä vain 0,48 %. Toisaalta luku ei sisällä esim. Suomen sisäistä lentotoimintaan harjoittavan Norwegian-lentoyhtiön päästöjä. Päästökaupassa raportoivat päästöt koskevat kaikkea lentoliikennettä EU:sta ja EU:iin eli siis suuri osa päästöistä tapahtuu Suomen rajojen ulkopuolella.

2.2 Päästöjen vähentäminen

2.2.1. Lentokoneet ja ilmatila

Jos polttoaineen kulutus ja hiilidioksidipäästöt kasvaisivat nykyiseen/ennustettuun tahtiin, olisivat kansainvälisen lentoliikenteen CO₂-päästöt vuonna 2050 lähes kuusinkertaiset nykytilanteeseen verrattuna. Tähän saakka polttoainetehokkuutta on pystytty nostamaan huomattavasti operatiivisten parannusten sekä teknisen kehityksen avulla. Teknologialla on ollut selkeästi parhaimmat mahdollisuudet lentoliikenteen päästöjen vähentämiseen. Lentokoneiden polttoainetehokkuus on parantunut 2000-luvulla 16 %. Nykypäivän lentokoneet ovat 70 % tehokkaampia kuin 40 vuotta sitten. Voidaan sanoa, että jokainen uusi lentokonesukupolvi kuluttaa 20 % vähemmän polttoainetta verrattuna edeltäjänsä.

Paremmilla toimintakäytännöillä, tehokkaammilla lentomenetelmillä ja lentokoneen painonvähennysoimilla voidaan saavuttaa lisää CO₂-päästövähennyksiä. Esimerkiksi laskeutuminen "jatkuvan liu'un lähestymistä" käyttäen säästää jopa 300 kg hiilidioksidia lentoa kohden.

Tehokkaampi ilmaliikenteen hallinta ja lentoasemainfrastruktuuri voivat tuottaa huomattavia päästövähennyksiä esimerkiksi yhteiseen eurooppalaiseen ilmatilaan ja SESARIin sisältyvien toimenpiteiden toteuttamisen kautta. Lentoaikojen lyhentäminen minuutilla säästää vähintään 100 kg hiilidioksidia lentoa kohden. Euroopassa on säästetty runsas 34 miljoonaa tonnia hiilidioksidia vuodesta 2004 lähtien optimoimalla yli 2000 reittiä.

Tehtyjen ja toteutettavien toimenpiteiden ansiosta kansainvälisen lentoliikenteen polttoaineenkulutuksen ennustetaan nousevan vuosittain vain 3 %. Polttoaineen kysynnän kasvu on pysynyt samalla noin 3 %:n uralla vuodesta 2000. Siltikin CO₂-päästöt yli kolminkertaistuvat vuoteen 2050 mennessä¹.

¹ Komission tekninen asiakirja "2 million tons per year: A performing biofuels supply chain for EU aviation". Arvio perustuu Booz & Company'n vuoden 2011 World Economic Forum'issa esittämiin lukuihin.

Lentoliikenteen CO₂-päästöjen vähentäminen on useiden eri toimijoiden yhteinen haaste. Lentoyhtiöiden, lentoasemien, lennonjohdon, lentokonemoottori- ja lentokonevalmistajien, monikansallisten ja kansallisten liikenneviranomaisten, kansainvälisten organisaatioiden ja biokerosiiniseoksen (uusiutuvista raaka-aineista valmistetun biokomponentin ja fossiiliseen kerosiinin sekoite) toimittajien on kaikkien toimittava yhdessä vähäpäästöisemmän lentoliikenteen eteen.

2.2.2. Lentoasemat

Kansainvälisen ilmastopaneelin (IPCC) mukaan lentoliikenteen osuus koko maapallon hiilidioksidipäästöistä on noin kaksi prosenttia. Lentoasemien osuus tästä on viitisen prosenttia. Lentoasema-alueella päästöjä ilmaan aiheuttavat muun muassa lentokoneet, kenttäalueen maakaluston liikenne, maaliikennealueen autoliikenne ja lentoaseman oma energian käyttö. Energiaa kuluu lentoasemien rakennusten ja infran lämmitykseen, jäädytykseen, ilmanvaihtoon, valaistukseen sekä erilaisten laitteiden ja järjestelmien pyörittämiseen.

Eurooppalaisilla lentoasemilla on paikallisen ympäristötyön lisäksi tehty työtä kasvihuonekaasujen vähentämiseksi lentoasemien omassa toiminnassa. Kansainvälinen lentoasemajärjestö ACI (Airports Council International) on laatinut neliportaisen, kestävästä kehitystä tukevan ohjelman, jonka tavoitteena on tukea, vaihe vaiheelta, lentoasemien työtä hiilidioksidipäästöjen vähentämiseksi. Neljännen tason saavutettuaan lentoaseman voidaan katsoa olevan hiilineutraali toimija. Vuonna 2009 lanseerattuun Airport Carbon Accreditation (ACA) -ohjelmaan oli tammikuun 2012 loppuun mennessä hyväksytty jo 55 eurooppalaista lentoasemaa, mukaan lukien Finavia Oyj:n Helsinki-Vantaan lentoasema sekä kuusi Lapin matkailulentoasemaa, jotka ovat hyväksytyt päästöjen todennetun vähentymisen ansiosta ohjelman tasolle 2 (Reduction). Päästövähennykset on saavutettu mm. siirtymällä lämmitysratkaisuissa biopolttoaineisiin, tehostamalla terminaalirakennusten ilmanvaihdon ohjausta sekä ottamalla käyttöön aiempaa energiatehokkaampia laitteita ja kalustoa. Koko Finavian oman toiminnan hiilidioksidipäästöt vuonna 2011 olivat 32 300 tonnia.

Lentoaseman tehokas toiminta voi myös vähentää lentokoneiden polttoaineen kulutusta mm. lyhentämällä rullausmatkoja ja -aikoja. Helsinki-Vantaan lentoasemalla rullausajat ovat lyhyet verrattuna eräisiin eurooppalaisiin lentoasemiin. Keskimääräisen 8 minuutin rullauksen aikana laajarunkokone (Airbus 330) käyttää noin 200 kg polttoainetta. Syksyllä 2012 Finavia on kuitenkin ottanut ensimmäisenä Pohjois-Euroopassa käyttöön CDM-toimintatavan (collaborative decision making), joka vähentää lentoliikenteen viiveitä ja parantaa toiminnan täsmällisyyttä kehittämällä lentoaseman toimijoiden välistä tiedonkulkua. Lentokoneiden rullausajat lyhentyvät ruuhka-aikoina keskimäärin noin 3 minuuttia/lentokone, mikä vähentää vuotuisia lentokoneiden CO₂-päästöjä arviolta 5100 tonnia.

Rullauspäästöjen vähentämiseen on Lontoon Heathrown ja Gatwickin lentoasemilla testattu myös lentokoneiden vetämistä hinaustraktoreilla portilta kiitotielle. Tavoitteena on ollut saada lyhennettyä suihkumoottoreiden käyntiaika 10 minuuttiin.

2.2.3. Päästöjen vähentäminen – uusiutuvat polttoaineet

Vaikka paljon voidaan tehdä, pystytään moottoreiden polttoainetehokkuutta, ilmatilan hallintaa ja lentomenetelmiä kuitenkin parantamaan vain tiettyyn pisteeseen saakka. Parempien päästövähennystulosten aikaansaamiseksi on etsittävä vaihtoehtoja fossiiliselle kerosiinille. Biopolttoaineiden kokonaishiilidioksidipäästöjen vähentämispotentiali on 40-90 %, riippuen siitä, kuinka ja mistä raaka-aineista niitä tuotetaan. Suuri tulevaisuuden haaste on kestäväällä tavalla tuotetun biokerosiinin kysynnän kasvattaminen.

3. Biopolttoaineet

3.1. Standardointi

Kerosiinin ominaisuusvaatimuksia laativat yhteisöt (erityisesti ASTM ja DEF STAN) ovat viimeiset kuusi vuotta tehneet merkittävää työtä uusien kerosiinin ainesosien hyväksymiseksi. Suuressa osassa maailmaa tunnustetaan ASTM International'in (aikaisemmalta nimeltään American Society for Testing and Materials) määrittämät kerosiinin ominaisuusvaatimukset. Vielä muutama vuosi sitten ASTM:n ainoa lentopolttoainestandardi oli ASTM D1655 (Standard Specification for Aviation Turbine Fuels, kerosiinin standardispesifikaatio), jolla määritellään tyypillisesti lentokoneissa käytetty fossiilinen kerosiini JET A-1.

ASTM:n vuonna 2009 hyväksymä D7566-standardi ja siihen vuonna 2011 tehty lisäys sallivat uusiutuvista raaka-aineista valmistetun biokomponentin lisäämisen fossiiliseen kerosiiniin, jos kyseinen biokomponentti eli biokerosiini on todistetusti turvallinen ja muutenkin vastaa fossiiliselta kerosiinilta vaadittavia ominaisuuksia ja kriteereitä ASTM D1655:n mukaisesti.

Tällä hetkellä seuraavat kaksi biokerosiinityyppiä on hyväksytty kaupalliseen käyttöön lentokoneen suihkumoottoreissa fossiiliseen kerosiiniin sekoitettuna: 1) Fischer-Tropsch (FT) -menetelmään perustuva synteettinen kerosiini, jota valmistetaan korkeassa lämpötilassa tapahtuvalla hiilen, maakaasun tai biomassan kaasutuksella sekä 2) HEFA-menetelmällä (hydroprocessed esters and fatty acids) tuotettu synteettinen kerosiini, joka perustuu kasviöljystä tai eläinrasvoista peräisin olevien esterien ja rasvahappojen vetykäsittelyyn. Jälkimmäistä synteettistä biokerosiinityyppiä kutsutaan myös HVO-tyypin polttoaineeksi (Hydrotreated Vegetable Oil).

STM-standardin mukaan sekä FT- että HEFA-menetelmällä tuotettua synteettistä parafiinista kerosiinia (SPK – synthetic paraffinic kerosene) voidaan tällä hetkellä sekoittaa enintään 50 % fossiiliseen kerosiiniin. Kaupalliset lennot biokerosiinilla tulivat mahdolliseksi ASTM:n hyväksyttyä HEFA-menetelmän käytön biokerosiinien tuotannossa vuonna 2011.

3.2. Tuotantoteknologioista

3.2.1. Fischer-Tropsch

Hiilestä ja maakaasusta tuotettuun synteetikaasuun perustuvaa FT-menetelmää on jo vuosikymmeniä käytetty teollisen mittakaavan prosesseissa. FT-polttoaineita voidaan valmistaa lukuisista raaka-aineista, mm. biomassasta (BTL – biomass to liquid), maakaasusta (GTL – gas to liquid) tai kivihiiilestä (CTL – coal to liquid), tai niiden yhdistelmästä. Korkealaatuisen synteetikaasun tuottaminen kiinteästä lignoselluloosasta on parhaillaan testivaiheessa. CHOREN Industries on suunnitellut 13 000 t/v pilotointilaitoksen käyttöön ottoa Saksassa. Lisäksi se on mukana kehittämässä useita teollisen mittakaavan FT-projekteja.

UPM ja Carbona ovat muodostaneet yhteenliittymää perustaakseen biomassan kaasutukseen ja FT-menetelmään perustuvia BTL-tuotantolaitoksia Eurooppaan. Neste Oil:in ja Stora Enson puoleksi omistamalla koelaitoksella Varkaudessa toteutettiin vuosina 2009-11 testaustyö, jossa tuotettiin metsänhakkuitähteistä biovaahaa kaasutustekniikalla (BTL). Teknisesti testi onnistui erinomaisesti, mutta investointi kaupallisen kokoluokan laitokseen todettiin kannattamattomaksi. UHDE yhdessä useiden ranskalaisten yritysten kanssa on ilmoittanut toteuttavansa pienimuotoisen FT-tuotantolaitospilottiprojektin (BioTfuel), jossa käytetään biomassaa ja/tai torrefioitua eli "paahdettua" ainesta. Lisäksi Ranskan ydin- ja vaihtoehtoisen energian komissio CEA:lla on pilottiprojekti Bure-Saudronissa. Yhdistyneessä kuningaskunnassa Solena puolestaan kehittää laitosta, joka tuottaa biokerosiinia jätteestä patentoidulla plasmakaasutustekniikalla FT-menetelmään yhdistettynä. Laitoksen suunniteltu kapasiteetti on 50 000 tonnia biokerosiinia vuodessa, ja sen on tarkoitus olla täydessä toiminnassa vuoteen 2014 mennessä.

Eurooppaan suunnitellut teolliset FT-menetelmällä biokerosiinia tuottavat biomassan kaasutuslaitokset tähtäävät noin 200 000 FT-polttoainetonnin vuosituotantoon. Noin 70 % FT-tuotteesta voidaan muuntaa kerosiiniksi. FT-varusteltujen biomassan kaasutuslaitosten kokoa rajoittaa yleensä kestävästi tuotettujen raaka-aineiden kaupallinen saatavuus tuotantopaikalla. Vaihtoehtoja kiinteän lignoselluloosan kaasuttamiselle tarjoavat pyrolyysiöljy ja torrefioitu biomassa. Näitä varastoitavissa olevia tuotteita voidaan kuljettaa lukuisilta pyrolyysi- tai torrefiointilaitoksilta suureen keskitettyyn laitokseen FT-polttoaineen tuotantoa varten. Tämän menetelmän kokonaisuuntotehokkuus on kuitenkin huomattavasti alhaisempi verrattuna raa'an biomassan suoraan käyttöön, joten menetelmän kustannushyödyt eivät ole selvillä.

3.2.2. HEFA

HEFA-menetelmällä valmistettua vetykäsitteltyä kasviöljyä (HVO) tuotetaan jo kaupallisessa mittakaavassa. Neste Oililla on kaksi HVO-tyyppistä uusiutuvaa polttoainetta jalostavaa tuotantolaitosta Suomessa (molemmat 190 000 t/v), yksi Singaporessa (800 000 t/v) ja yksi Rotterdamissa (800 000 t/v). Dynamic Fuelsilla on 250 000 t/v laitos Yhdysvalloissa. Honeywell-UOP on ilmoittanut useista HVO-tuotantoprojekteista ympäri maailmaa. Euroopassa puolestaan sekä ENI on ilmoittanut aloittavansa 300 000 t/v tuottavan HVO-laitoksen rakentamisen Italiaan vuonna 2013.

3.2.3. Kehitteillä olevia teknologioita

Kerosiinin biokomponentin valmistaminen vetykäsittelyllä pyrolyysiöljystä (HPO) on vielä tutkimusvaiheessa. Maailmanlaajuisesti on useita aloitteita nopeiden pyrolyysiprosessien kehittämiseksi. Muutamat niistä, kuten Ensyn/Envergent Technologies (yhteishanke UOPin ja kanadalaisen Ensyn Corpin välillä) ja alankomaalainen BTG ovat toteuttamassa pyrolyysiprosessia kaupallisessa mittakaavassa raa'an pyrolyysiöljyn tuottamiseksi. HPO, toisin kuin FT- ja HEFA-biokerosiinit, tulee kuitenkin sisältämään jossakin määrin aromaattisia yhdisteitä, joita tällä hetkellä tarvitaan fossiilisessa kerosiinissa moottoreiden tiivisteiden kestävyuden varmistamiseksi. HPO saattaa siitä syystä tulevaisuudessa täydentää HEFA:lla ja FT:llä tuotettua biokerosiinia.

Muita mahdollisia tulevaisuuden teknologioita ovat esimerkiksi Solazyme-yhtiön kehittämä sokerin fermentointi öljyksi mikrolevän avulla tai Amyris-yhtiön kehittämä sokerin fermentointi polttoaineeksi ja muiksi kemikaaleiksi mikrobeja käyttäen. myös Neste Oil rakentaa uusiutuvan polttoaineen raaka-aineeksi soveltuvan mikrobiöljyn koelaitosta Porvoon jalostamon yhteyteen. LanzaTech- yhtiön kehittämä prosessi puolestaan perustuu teollisuuskaasujen sisältämän hiilimonoksidin muuntamiseen polttoaineeksi tai jatkojalostettaviksi kemikaaleiksi mikrobien avulla.

ASTM tutkii aromeja sisältävien synteettisten kerosiinin (SKA – synthetic kerosene containing aromatics) sekä alkoholia sisältävän kerosiinin (ATJ – alcohol to jet fuel) hyväksymistä kerosiinin biokomponenteiksi.

3.3. Raaka-aineista

Biomassan saatavuuden uskotaan olevan biokerosiinin tuotannon ja sen hinnanmuodostuksen pullonkaula lähitulevaisuudessa. Biokerosiinin raaka-ainevalikoiman on tulevaisuudessa oltava monipuolinen, jotta kysyntä voidaan tyydyttää; yksi teknologia ja raaka-aine eivät tähän riitä. Tarve tuotekehitykselle, tutkimukselle ja innovaatioille on siten jatkuva. Raaka-aineen tuotanto paikallisesti tai alueellisesti sekä sen kilpailemattomuus ruokatuotantoon soveltuvien raaka-aineiden kanssa ovat tärkeitä osatekijöitä biokerosiinin ympäristöllistä kestävyyttä arvioitaessa.

Maailmanlaajuisesti liikenteen biopolttoaineiden tärkeimpiä raaka-aineita ovat tällä hetkellä maissi ja sokeriruoko sekä soija-, rypsi- ja palmuöljy. Kahdesta ensin mainitusta valmistetaan pääasiassa etanolia ja jälkimmäisistä bio- ja uusiutuvaa dieseliä. Oil Worldin tammikuussa

julkistaman raportin mukaan soijaöljyä (7-7,1 Mt) käytetään biopolttoaineen valmistuksessa enemmän kuin rypsiöljyä (6,4 Mt) ja palmuöljyä (4,7 Mt).

Kaupalliseen käyttöön hyväksytyin biokerosiinien raaka-aineiksi soveltuvat HEFA-prosessissa erilaiset kasviöljyt ja eläinrasvajäte sekä FT-prosessissa hiili tai erityyppiset kiinteää hiiltä sisältävät jätteet sekä biomassat. Brasiliassa (Brazilian Biojet Fuel Platform) ja Meksikossa on kehitteillä projekteja, joissa pyritään laajamittaiseen jatrophin viljelyyn polttoainetarkoituksessa. Camelinan viljelymahdollisuuksia tutkitaan taas esim. USA:ssa, Romaniassa, Venäjällä ja Sloveniassa.

Tulevien vuosien aikana tähteiden, jätteiden ja seuraavan sukupolven raaka-aineiden (esim. mikrobi- ja leväöljyt) käytön uskotaan kasvavan uusiutuvien polttoaineiden valmistuksessa. Myös EU:n parhaillaan uudistuva uusiutuvia polttoaineita koskeva lainsäädäntö ohjaa tähän suuntaan. Mahdollisimman suuren kasvihuonekaasupäästöjen vähenemisen tarjoavien raaka-aineiden määrän lisääminen on tärkeää nykyisten ja tulevaisuuden päästöjen vähentämiseen liittyvien kriteerien täyttämiseksi. Tärkeässä roolissa on raaka-ainetutkimuksen edistäminen ja valmistautuminen teollisen mittakaavan polttoainetuotannon aloittamiseen seuraavan sukupolven raaka-aineilla (mm. mikrobi- ja leväöljyt, metsänhakuutähteistä tuotettu biovaha), jotka ovat ruokakäyttöön soveltumattomia.

3.4. Biokerosiinien ympäristölliset kestävyysstandardit

Toistaiseksi ei ole olemassa maailmanlaajuisia biopolttoaineen kestävyysstandardeja eikä menettelyjä niiden hyväksymiseksi. Lentoliikenteen kansainvälisen luonteen takia maittain tai maanosittain vaihtelevat säännökset vaikeuttavat biokerosiinien käyttöönottoa.

Viralliset kestävyysstandardit on laadittu sekä USA:ssa (RFS, Renewable Fuel Standard) että EU:ssa (RES-direktiivi). Lisäksi on olemassa vapaaehtoisia kestävyysstandardeja. Uusiutuvan kerosiinien näkökulmasta keskeisin näistä on Lausannen polyteknisen koulun (EPFL) aloitteesta syntynyt RSB (Roundtable on Sustainable Biofuels), joka sisältää sekä ympäristölliset että sosiaaliset ja taloudelliset kriteerit. Ympäristöä säästävän kerosiinien tukijoiden ryhmä (SAFUG), joka koostuu 23 lentoyhtiöstä ja kolmesta lentokonevalmistajasta, käyttää RSB-kriteerejä referenssinään.

EU:n RES-direktiivin (uusiutuvista lähteistä peräisin olevan energian käytön edistämisestä annettu neuvoston ja parlamentin direktiivi 2009/28/EY) mukaan vuonna 2020 uusiutuvista lähteistä peräisin olevan energian tulee kattaa 20 % energian kokonaisloppukulutuksesta unionissa. Suomelle on asetettu sitovaksi tavoitteeksi nostaa uusiutuvan energian osuus energian kokonaisloppukulutuksesta 38 %:iin vuonna 2020.

Direktiivissä säädetään erikseen kaikille jäsenmaille yhteinen sitova tavoite nostaa uusiutuvan energian osuus liikenteen energian loppukulutuksesta 10 %:iin vuonna 2020. Liikenteessä käytettävä uusiutuva energia koostuu nestemäisistä ja kaasumaisista biopolttoaineista sekä sähköautoissa ja raideliikenteessä käytetystä uusiutuvista energialähteistä tuotetusta sähköstä.

Direktiivi asettaa kestävyteen liittyviä varsin yksityiskohtaisia vaatimuksia mm. liikenteen biopolttoaineille. RES-direktiivin säännökset kestävyyskriteerien mukaisuuden edellyttää vastuullisuuden todentamista joko kansallisesti tai kansainvälisen järjestelmän (voluntary scheme) mukaisesti. Euroopan komission on hyväksynyt 12 vapaaehtoista kestävyysstandardia, joiden katsotaan täyttävän direktiivin vaatimukset. RSB ja ISCC (International Sustainability and Carbon Certification) ovat näistä tunnetuimmat.

Jotta biopolttoaineet voidaan ottaa lukuun direktiivissä asetetuissa kansallisissa tavoitteissa sekä uusiutuvan energian kansallisissa velvoite- ja tukijärjestelmissä, niiden tulee täyttää direktiivin mukaiset kestävyyskriteerit. Kestävyyskriteerit koskevat niin EU:n alueella kuin sen ulkopuolellakin tuotettuja biopolttoaineita. Direktiivin kestävyyskriteerit biopolttoaineille

voidaan jakaa kvalitatiivisiin ja kvantitatiivisiin kriteereihin. Osa kriteereistä koskee biopolttoaineiden tuotannossa käytettyjen raaka-aineiden alkuperää ja osa bio-polttoaineiden elinkaaren aikana aiheuttamia kasvihuonekaasupäästöjä.

Direktiivillä pyritään myös edistämään uusien, ruoaksi kelpaamattomiin raaka-aineisiin perustuvien biopolttoaineiden markkinoille tuloa. Tämän vuoksi direktiivin mukaan jätteistä, tähteistä, syötäväksi kelpaamattomasta selluloosasta ja lignoselluloosasta valmistettujen biopolttoaineiden energiasisältö tulee ottaa huomioon kaksinkertaisena direktiivin mukaisen liikenteen 10 % uusiutuvan tavoitteen täyttämiseksi sekä kansallisissa kiintiö- ja velvoitejärjestelmissä. Euroopan komissio antoi lokakuussa 2012 ehdotuksen direktiiviin muuttamiseksi tältä osin.

TEM:ssä on valmisteilla hallituksen esitys laiksi biopolttoaineiden ja bionesteiden kestävyyskriteereistä. Esityksen tavoitteena on säätää biopolttoaineiden kestävyyskriteereistä ja niiden noudattamisen todentamisesta RES-direktiivin mukaisesti. Laki biopolttoaineiden ja bionesteiden kestävydestä olisi puitelaki, jonka säännösten soveltaminen perustuisi muualla laissa säädettyyn veloitteeseen tai valtionavustuspäätöksessä annettuun määräykseen.

4. Biokerosiinin tuotantotilanne 2012

Maailman laajuisesti on tällä ainoastaan ainoastaan kolme yritystä, jotka pystyvät kaupallisessa mittakaavassa tuottamaan biokerosiinia: suomalainen Neste Oil, sekä yhdysvaltalainen Dynamic Fuels ja pienessä mittakaavassa Honeywell-UOP.

Neste Oil on korkealaatuisiin puhtaamman liikenteen polttoaineisiin keskittyvä jalostus- ja markkinointiyhtiö, joka valmistaa kaikkia tärkeimpiä öljytuotteita. Yhtiö on myös maailman johtava uusiutuvista raaka-aineista valmistetun dieselin toimittaja.

Neste Oil tuottaa sekä perinteistä että uusiutuvista raaka-aineista valmistettua kerosiinia jalostamallaan Porvoossa. Yhtiö on maailman edelläkävijä lentoliikenteen biopolttoaineiden tuotannossa, ja tällä hetkellä se on yksi maailman ainoista yhtiöistä, jotka pystyvät teollisessa mittakaavassa tuottamaan uusiutuvista raaka-aineista lentoliikenteen polttoainetta. Suomessa sijaitsevan jalostamonsa lisäksi Neste Oilin jalostamot Rotterdamissa ja Singaporessa voitaisiin valjastaa uusiutuvista raaka-aineista valmistettavan uusiutuvan NExBTL-lentopolttoaineen tuotantoon.

Neste Oilin uusiutuva NExBTL-lentopolttoaine on puhdas hiilivety, ja siten kemialliselta koostumukseltaan ja laatuominaisuuksiltaan samankaltainen fossiilisen kerosiinin kanssa. Uusiutuvista raaka-aineista tuotettu NExBTL-biokerosiini on täysin ASTM:n standardin D7566-11a mukainen. Kyseessä on ns. drop in -polttoaine, jonka käyttö ei vaadi mitään muutoksia lentokoneeseen, esimerkiksi moottoreihin. Polttoaineen laadun merkitys korostuu lentoliikenteessä, sillä kerosiinin energiasisällön tulee olla korkea, ja sen on toimittava kylmissä olosuhteissa. Perinteinen biodiesel ja etanoli eivät täytä näitä vaatimuksia². Uusiutuva NExBTL-lentopolttoaine puolestaan täyttää nämä erittäin tiukat laatuvaatimukset. Sen soveltuvuus lentoliikenteen käyttöön sekä sen suorituskyky on varmennettu kaupallisessa testiohjelmassa, joka käsitti yli 1 000 kaupallista lentoa.

Neste Oil on sitoutunut eurooppalaiseen tiekarttaan (European Aviation Biofuels Flightpath). Neste Oil on myös airegin (Aviation Initiative for Renewable Energy in Germany) jäsen. Aireg edistää uusiutuvien nestemäisten polttoaineiden kehitystä ja käyttöönottoa lentoliikenteessä ja pyrkii omalta osaltaan edesauttamaan ilmailualan kunnianhimoisten hiilidioksidipäästövähennystavoitteiden saavuttamista. Neste Oil on ollut aktiivinen jäsen ASTM:n

² Lentokonevalmistaja EMBRAER on vuodesta 2005 valmistanut ensimmäisenä maailmassa etanolia käyttövoimanaan hyödyntävää IPANEMA nimistä maatalouteen tarkoitettua lentokonetta. Koneita on tällä hetkellä käytössä yli 300.

standardimäärittelysten kehittämisessä uusiutuvista raaka-aineista valmistettavalle biokerosiinille. Lisäksi se kehittää yhteisiä etenemissuunnitelmia lentoyhtiöiden, alkuperäisten laitevalmistajien ja viranomaisten kanssa ja tukee Flightpath-tiekartan tavoitteita osallistumalla aktiivisesti eri organisaatioiden ja työryhmien toimintaan.

Neste Oilin uusiutuva biokerosiini perustuu yhtiön omaan NExBTL-tekнологiaan, ja sitä voidaan valmistaa joustavasti eri kasvisöljyistä sekä jättepohjaisista raaka-aineista, kuten elintarviketeollisuuden eläinrasvajätteestä. Neste Oil hankkii vain täysin jäljitettäviä uusiutuvia raaka-aineita, jotka on tuotettu kestävän kehityksen periaatteiden mukaisesti ja täyttävät nykyisen RES-direktiivin vaatimukset. Neste Oil suosii sertifioituja raaka-aineita, ja vuonna 2011 jopa 49 prosenttia uusiutuvan polttoaineen tuotantoon käytetyistä raaka-aineista oli sertifioituja. Jätteenä ja jäte- tai sivutuotteena luokiteltavat aineet kattoivat 41 prosenttia Neste Oilin vuonna 2011 käyttämistä uusiutuvista raaka-aineista. Yhtiön pitkän aikavälin tavoite on kasvattaa näiden raaka-aineiden – joihin kuuluu mm. elintarviketeollisuuden eläinrasvajäte, kalanjalostuksen rasvajäte, steariini ja palmuöljyn rasvahappotisle (PFAD) – osuutta uusiutuvista raaka-aineista 50 %:iin.

Neste Oil on elokuussa 2012 saanut valmiiksi Euroopan ensimmäisen mikrobiöljyn koelaitoksen rakentamiseen tähtäävän hankkeen ensimmäisen vaiheen. Ensimmäisessä vaiheessa on mahdollistettu öljyä tuottavien mikro-organismien kasvatus. Seuraavissa vaiheissa keskitytään raaka-aineen esikäsitteilyyn ja öljyn erotukseen. Koelaitoksen arvioidaan valmistuvan kokonaisuudessaan vuoden 2012 jälkipuoliskolla. Kaupallisessa tuotannossa mikrobiöljyn arvellaan olevan aikaisintaan vuonna 2015. Mikrobiöljyn tuotannossa voidaan hyödyntää monenlaisia jätteitä ja tähteitä, kuten olkia ja metsäteollisuuden sivutuotteita. Neste Oil on myös mukana Alankomaissa ja Australiassa toteutettavissa tutkimusprojekteissa, joilla kerätään kokemusta eri levälajien soveltuvuudesta teollisen mittakaavan tuotantoon erilaisissa olosuhteissa. Myös mikroleväöljy soveltuu Neste Oilin uusiutuvan NExBTL-polttoaineen raaka-aineeksi.

Massabalanssi eli ainetase on EU:n säädösten mukainen tapa pitää kirjaa uusiutuvan polttoaineen tuotannossa käytetyistä raaka-aineista. Se tarkoittaa Neste Oilin tapauksessa sitä, että asiakas voi ostaa tietystä raaka-aineesta tuotettua NExBTL-polttoainetta. Eri raaka-aineet sekoittuvat tuotantoprosessissa, jolloin asiakkaalle toimitettu fyysinen lopputuote sisältää kaikista syöttöaineista peräisin olevia molekyylejä. Ainetaseen hallinnalla Neste Oil varmistaa, että asiakkaan tilausta vastaava määrä tiettyä raaka-ainetta on hankittu ja käytetty tuotannossa. Vastuullisuudesta ei tingitä minkään bioraaka-aineen kohdalla. Kyseinen ainetaseperiaate ei ole käytössä pelkästään biopolttoaineilla, vaan esimerkiksi norppasähkö tuotetaan samankaltaisella periaatteella. Sähköverkossa eri tavoin tuotettu sähkö sekoittuu. Jos asiakas ostaa vesi- tai tuulisähköä, myyjä varmistaa, että on tuottanut tai hankkinut asiakkaan käyttämää määrää vastaavan määrän vesi- tai tuulisähköä. Vesi- tai tuulisähköä tulee siis tuottaa vähintään se määrä, jonka asiakkaat ovat hankkineet.

Uusiutuvan NExBTL-lentopolttoaineen käyttö lentoliikenteessä vähentää kasvihuonekaasupäästöjä merkittävästi fossiilliseen kerosiiniin verrattuna. Kasvihuonekaasupäästöjen vähennys riippuu käytetyistä bioraaka-aineista ja raaka-aineen sekä polttoaineen logistiikasta. Lufthansan kanssa toteutetussa 6 kuukautta kestäneessä testiohjelmassa uusiutuvan NExBTL-lentopolttoaineen kasvihuonekaasujen vähentämispotentiaali oli 60 prosenttia, ja ohjelman aikana hiilidioksidipäästöt vähentyivät 1 500 tonnilla. Pienemmän hiilijalanjäljen lisäksi polttoaineen käyttö aiheuttaa vähemmän myös muita saasteita. Uusiutuva NExBTL-lentopolttoaine on myrkyttömämpää kuin fossiilinen kerosiini, sillä se ei sisällä aromaatteja. Lisäksi sen rikkipitoisuus on lähellä nollaa.

Neste Oil pyrkii lisäämään uusiutuvan NExBTL-lentopolttoaineen kaupallista tuotantoa ja kasvattamaan kysyntää. Uusiutuvan lentopolttoaineen kysynnän odotetaan kasvavan lähivuosina.

5. Kansainvälisten järjestöjen työ biokerosiinin käytön tukemiseksi

5.1. Kansainvälinen siviili-ilmailujärjestö (ICAO)

ICAO:n ympäristöön liittyvät toimet keskittyvät lähinnä lentomeluun ja lentokoneiden moottoreiden päästöihin, eli sellaisiin ongelmiin, joiden käsittelyssä yhteisestä koordinoitusta lähestymistavasta on globaalilla tasolla eniten hyötyä. Järjestö kehittää lukuisia standardeja, menettelytapoja ja ohjeaineistoja, jotka mahdollistavat yhdennettyjen toimenpiteiden soveltamisen lentomeluun ja moottoreiden päästöihin puuttumiseksi, ottaen huomioon teknologiakehitys, toimintatavat, lentomenetelmät, asiaankuuluva lentoasema- ja maankäyttösuunnittelu ja markkinaehtoiset vaihtoehdot. ICAOlla on tiiviit suhteet muihin YK:n poliittisiin elimiin, varsinkin YK:n ilmastokeskustelun (UNFCCC) osapuolten konferenssiin, jolle se säännöllisiä raportoi lentoliikenteen päästöihin liittyvistä toimistaan.

ICAO on valmistelemaan suositusta lentokonemoottoreiden CO₂-standardiksi. Järjestössä tehtävä työ harppasi eteenpäin heinäkuussa 2012, jolloin ICAO:n ympäristönsuojelukomitean (CAEP) ohjausryhmä hyväksyi metrijärjestelmän, jonka avulla määritellään CO₂-päästöt eri lentokonetyypeille. Järjestelmän hyväksyminen mahdollistaa sen, että CAEP voi edetä sertifiointimenettelyn ja tulevan standardin soveltamisalan määrittämiseen. Suositus tultaneen CAEP:in toimesta hyväksymään keväällä 2013.

ICAO:n yleiskokous hyväksyi syksyllä 2010 ilmastomuutosta koskevan päätöslauselman, joka sisältää pyrkimykselliset päästövähennystavoitteet ja yleiset suuntaviivat taloudellisille ohjauskeinoille kansainvälisen lentoliikenteen CO₂-päästöjen hillitsemiseksi. Päätöslauselman hyväksymistä pidettiin merkittävä edistysaskeleena ICAO:ssa vuosia jatkuneen pattitilanteen jälkeen. Päätöslauselman mukaan lentoliikenteen päästöt pyritään maailmanlaajuisesti jäädyttämään vuonna 2020, minkä jälkeen lentoliikenne kasvaisi hiilineutraalisti. Tähän saakka päästöt tulevat kasvamaan, mutta eivät kuitenkaan samassa suhteessa liikenteen kasvun kanssa, sillä jäsenvaltiot sopivat lentoliikenteen energiatehokkuuden parantamisesta vuosittain 2 %:lla vuoteen 2050 mennessä. Keskeistä on, että tavoite on globaali ja kaikille maille sama.

Päästöjen vähentämiseen tähtäävän taloudellisen ohjauskeinojen osalta päätöslauselman liitteessä hyväksyttiin 15 periaatetta, joita valtioiden tulee noudattaa taloudellisia ohjauskeinoja suunnitellessaan ja soveltaessaan. Tuolloin ei ollut poliittisesti mahdollista edetä maailmanlaajuisesta päästövähennysjärjestelmästä sopimiseksi. ICAO:n neuvostolle annettiin ainoastaan mandaatti jatkaa maailmanlaajuisen taloudellisen ohjauskeinojen toteutettavuuden selvittämistä. Vuoden 2012 alusta ICAO:n neuvoston alaisuudessa on toiminut asiantuntijatyöryhmä, jonka tehtävänä on valmistella neuvostolle vaihtoehtoja maailmanlaajuisiksi taloudelliseksi ohjauskeinoksi. Ryhmä on tarkastellut maailmanlaajuisen järjestelmän rinnalla myös kansallisen ja/tai alueellisen joustavuuden mahdollistavan raamiratkaisun mahdollisuutta. Neuvoston tavoitteena on tuottaa esitys ICAOn syksyllä 2013 pidettävälle yleiskokoukselle. Keskeisenä ponttimena työryhmän työlle on ollut EU:n lentoliikenteen päästökaupan (ETS) kohtaama laaja vastustus. Euroopan komissio osallistuu aktiivisesti työryhmän työhön.

Toistaiseksi ICAO:n rooli biokerosiinin käyttöönoton edistämisen osalta on jäänyt lähinnä tietojen jakamista koskevien konferenssien järjestämisen tasolle. Poliittista tahtoa ei ole löytynyt vahvemman roolin antamiseksi järjestölle esim. standardisoinnin ja kestävyyskriteerien kehittämiseksi. Vuonna 2009 pidetyssä, biokerosiinia käsitelleessä kansainvälisessä konferenssissa (CAAF) perustettiin kansainvälinen vaihtoehtoisia polttoaineita verkosto (GFAAF – ICAO Global Framework for Aviation Alternative Fuels).

ICAO:n yleiskokouksen vuonna 2010 hyväksymä päätöslauselma ei juuri ota kantaa vaihtoehtoisiin polttoaineisiin. Se lähinnä kehottaa jäsenmaita, yhteistyössä teollisuuden kanssa, toimimaan biokerosiinin tutkimustoiminnan, kehittämisen ja käyttöönoton edistämiseksi sekä neuvostoa yhteistyön rohkaisemiseen. Päätöslauselman nojalla ICAO perusti kesällä 2012 vaihtoehtoisia polttoaineita käsittelevän ryhmän (SUSTAF group), jonka

tarkoituksena on laatia neuvostolle suosituksia jäsenmaiden ja teollisuuden tukemiseksi biokerosiinin kehittämiseksi ja käyttöönottamiseksi. Suositukset on tarkoitettu vielä ICAO:n yleiskokouksen hyväksyttäväksi syksyllä 2013. Ryhmä koostuu jäsenmaiden (Euroopasta Ranska, Espanja, Alankomaat ja Euroopan komissio), kansainvälisten järjestöjen ja yritysten edustajista. Neste Oil on kutsuttu ryhmän jäseneksi. ECAC³:in yhteyteen on perustettu ryhmä tukemaan SUSTAF:in eurooppalaisten jäsenten toimintaa.

5.2. Alan toimijoiden yhteenliittymät

Viime vuosina perustettujen kansallisten ja kansainvälisten raaka-aineen tuottajien, polttoaineiden valmistajien ja – jakelijoiden, lentoyhtiöiden, lentoasemien ja viranomaisten yhteenliittymien perustaminen on vauhdittanut merkittävästi biokerosiinin valmistamisen ja käyttöönoton edistämistä. Merkittävimpiä tällaisia yhteenliittymiä ovat ABRABA (Brazilian Alliance for Aviation Biofuels in Brazil), aireg (Aviation Initiative for Renewable Energy in Germany), EU:n Alfabird (Alternative Fuels and Biofuels for Aircraft Development in Europe) ja SWAFEA (Sustainable Way for Alternative Fuels in Aviation), Arabiemiraattien kestävä bioenergian tutkimusyhteenliittymä sekä yhdysvaltalainen CAAFI (Commercial Aviation Alternative Fuels Initiative). Myös pohjoismaiden kesken yhteistyö on alkamassa. Ryhmä lentoyhtiöiden, viranomaisten ja lentoasemien edustajia kokoontui lentoyhtiö SAS:n aloitteesta Kööpenhaminassa 25.9. keskustelemaan biokerosiinin käytön edistämisestä Pohjoismaissa.

6. Euroopan unionin toimenpiteet lentoliikenteen päästöjen vähentämiseksi

6.1. Poliitikat ja tutkimusohjelmat

Helmikuussa 2009 Euroopan komission energian ja liikenteen pääosasto käynnisti SWAFEA (Sustainable Ways for Alternate Fuels and Energy for Aviation) -tutkimuksen selvittääkseen vaihtoehtoisten polttoaineiden soveltuvuutta lentoliikenteen käyttöön sekä niiden vaikutuksia. Tarkoituksena oli tuottaa Euroopan komissiolle tietoa ja päätöksentekoa tukevaa tulevaisuuden lentoliikennepolitiikan tueksi, taustana eurooppalainen sitoumus edistää uusiutuvaa energiaa ilmastonmuutoksen hillitsemiseksi ja energiavarmuuden turvaamiseksi sekä lisätä Euroopan kilpailukykyä ja taloudellista kasvua.

Tutkimusryhmään kuului 20 eurooppalaista ja kansainvälistä organisaatiota, jotka edustivat kaikkia biokerosiinin alalla toimivia tahoja: ilma-alusten ja moottorien valmistajia, ilmakuljetusalaa, öljyteollisuutta sekä tutkimus- ja konsultointiorganisaatioita laajalta alalta kattaen polttoaineet, ympäristön ja maatalouden.

SWAFEAn loppuraportti julkaistiin heinäkuussa 2011⁴. Raportissa annetaan kattava analyysi vaihtoehtoisten polttoaineiden tulevaisuudennäkymistä lentoliikenteessä. Lisäksi siinä analysoidaan teknistä soveltuvuutta, kestävyyttä ympäristön kannalta RES-direktiiviin sisältyvien kestävyyskriteerien pohjalta sekä taloudellisia seikkoja. Raportissa on useita toimenpidesuosituksia siitä, mitä tulisi tehdä kestävien biopolttoaineiden käyttöönoton edistämiseksi Euroopan lentoliikenteessä.

³ European Civil Aviation Conference. ECAC pyrkii edistämään turvallista, tehokasta ja ympäristöä säästävää lentoliikennejärjestelmää Euroopassa. ECAC:in puitteissa valmistellaan myös eurooppalaisia kantoja ICAO:n kokouksiin. ECAC:iin kuuluu 44 maata, ml. kaikki EU:n jäsenvaltiot. Komissio on aktiivisesti ECAC:in toiminnassa mukana.

⁴ <http://www.swafea.eu/LinkClick.aspx?fileticket=III5mYPFNXY%3D&tabid=38>

Euroopan komissio julkaisi maaliskuussa 2011 liikenteen valkoisen kirjan⁵. Sen kokonaistavoite on, että liikenteen kasvihuonekaasupäästöt vähenevät vähintään 60 %:lla vuoden 1990 tasoista vuoteen 2050 mennessä, ja että tätä taustaa vasten ilmailussa käytettävien vähähiilisten kestävien polttoaineiden osuus on vuoteen 2050 mennessä 40 %. Toistaiseksi ei ole määritetty, miten vastuu tavoitteen saavuttamiseksi jakaantuu jäsenmaiden ja/tai lentoyhtiöiden kesken. Puhtaita liikennejärjestelmiä koskeva aloite (CTS - Clean Transport Systems) tulee esittelemään kattavan pitkän aikavälin strategian liikennesektorin energiatarpeiden täyttämiseksi vaihtoehtoisilla ja kestävillä energialähteillä, joilla pystytään kokonaan korvaamaan öljy pitkällä aikajänteellä. Lisäksi käsitellään lyhyellä ja keskipitkällä aikavälillä tehtäviä toimia. Vaihtoehtoiset polttoaineet, jotka asteittain korvaavat fossiilisia energialähteitä, ovat avainasemassa hiilen poistamisessa liikenteestä.

Valkoisessa kirjassa linjatun päästövähennystavoitteen saavuttamiseksi Euroopan komissio käynnisti kesäkuussa 2011 hankkeen eurooppalaiseksi tiekartaksi lentoliikenteen biopolttoaineiden kulutuksen lisäämiseksi (European Advanced Biofuels Flightpath) läheisessä yhteistyössä Euroopan johtavien lentoyhtiöiden (Finnair, Lufthansa, Air France/KLM, British Airways) sekä tärkeimpien biopolttoainevalmistajien (Choren Industries, Neste Oil, Biomass Technology Group ja UOP) kanssa. Tällä koko alan kattavalla aloitteella pyritään nopeuttamaan lentoliikenteen biopolttoaineiden kaupallistamista Euroopassa. Tavoitteena on, että kestävästi tuotettujen parafiinisten biopolttoaineiden kaupallistaminen etenee ilmailualalla siten, että niiden vuosittainen kulutus on 2 miljoonaa tonnia vuoteen 2020 mennessä. Tämä on noin 3 % käytetystä polttoainemäärästä.

Aloite on jäsentensä yhteinen ja vapaaehtoinen sitoumus, jolla tuetaan ja edistetään kestävästi tuotettujen ns. drop in⁶-biopolttoaineiden tuotantoa, varastointia ja jakelua lentoliikenteen käyttöä varten. Sillä pyritään myös aikaansaamaan rahoitusmekanismeja, joilla tuettaisiin teollisten, edistyneiden biopolttoaineiden tuotantolaitosten rakentamista.

Aloite keskittyy erityisesti seuraaviin teemoihin:

1. Helpotetaan drop in -biopolttoaineiden standardien kehitystä ja niiden sertifiointia kaupallisten ilma-alusten käyttöön;
2. Tehdään yhteistyötä koko toimitusketjun kanssa maailmanlaajuisesti hyväksytyjen kestävyyssertifiointiviitekehysten kehittämiseksi;
3. Sovitaan biopolttoaineiden käytön aloitusjärjestelyistä tietyn ajanjakson ja kohtuullisten kustannusten puitteissa;
4. Edistetään soveltuvia julkisen ja yksityisen sektorin toimia sen varmistamiseksi, että lentoliikennemarkkinoilla otetaan parafiiniset biopolttoaineet käyttöön; Luodaan rahoitusrakenteita, jotka helpottavat toisen sukupolven biopolttoainehankkeiden toteuttamista;
5. Nopeutetaan edistyneisiin biopolttoaineteknologioihin, etenkin levien käyttöön, tähtäävää tutkimus- ja innovaatiotoimintaa;
6. Tiedotetaan Euroopan kansalaisille eduista, joita kerosiinin vaihtaminen sertifioituihin kestäviin biopolttoaineisiin tuo.

Seuraava tiekartta sisältää yleiskatsauksen aloitteen tavoitteista, tehtävistä ja välitavoitteista.

Aika	Toimenpide	Tarkoitus/lopputulos
Lyhyt aikaväli (seuraavat 0-3 vuotta)	Ilmoitetaan toiminnasta International Paris Air Showssa	Kaikkien sidosryhmien, myös jäsenvaltioiden, mobilisointi

⁵ Yhtenäistä Euroopan liikennealuetta koskeva etenemissuunnitelma - Kohti kilpailukykyistä ja resurssitehokasta liikennejärjestelmää, KOM(2001) 144 lopull.

⁶ Polttoaine, joka sopii sellaisenaan nykyisten ilma-alusten moottoreihin, polttoainejärjestelmiin sekä polttoaineen toimitusinfrastruktuuriin ja jota voidaan sekoittaa perinteiseen JET A-1 -polttoaineeseen.

	Järjestetään korkean tason työpaja rahoituslaitosten kanssa rahoitusmekanismien miettimiseksi.	Ilmailun biopolttoainerahastosta (Biofuel in Aviation Fund) sopiminen.
	> 1 000 tonnia Fischer–Tropsch-menetelmällä tuotettua biopolttoainetta tulee saataville.	Fischer–Tropsch-tuotteen laadun varmistaminen. Merkittäviä määriä synteettistä biopolttoainetta tulee saataville lentoliikenteen testausta varten.
	Tuotetaan lentoliikenteen käyttöön soveltuvia biopolttoaineita laitoksissa, jotka valmistavat vetykäsiteltyjä kasvisöljyjä (HVO) kestävästä raaka-aineista.	Säännöllinen testaus ja lopulta muutamia säännöllisiä lentoja, joissa käytetään kestävästä raaka-aineista valmistettuja HVO-biopolttoaineita.
	Turvataan julkisella ja yksityisellä sektorilla rahoitus- ja lainsäädäntömekanismit, jotka mahdollistavat teolliset toisen sukupolven biopolttoainelaitokset.	Rahoituksellisten keinojen luominen, jotka mahdollistavat sijoittamisen alan ensimmäisiin tuotantolaitoksiin sekä biopolttoaineen lentoliikennekäytön salliminen taloudellisesti hyväksyttävien ehdoin.
	Ilmailualan ja biopolttoaineen tuottajien välillä allekirjoitetaan biopolttoaineiden hankintasopimus.	Markkinoiden varmistaminen lentoliikenteen käyttöön suunnatulle biopolttoainetuotannolle ja sijoitustoiminnan helpottaminen teollisiin 2G-laitoksiin.
	Aloitetaan 2G-laitosten rakentaminen.	Laitokset ovat toiminnassa vuoteen 2015-16 mennessä.
	Tunnistetaan jalostamot ja sekoittajat, jotka osallistuvat toiminnan ensimmäiseen vaiheeseen.	Polttoaineen toimittajien ja toimitusketjuun liittyvän logistiikan mobilisointi.
Keskipitkä aikaväli (4-7 vuotta)	2 000 tonnia levistä tuotettua öljyä tulee saataville.	Ensimmäisiä leväöljyeriä käytetään lentoliikenteen polttoaineiden tuottamiseen.
	Toimitetaan lentoliikennemarkkinoille miljoona tonnia kestävä, vetykäsiteltyä öljyä ja 0,2 miljoonaa tonnia synteettistä lentoliikenteeseen tarkoitettua biopolttoainetta.	1,2 miljoonaa tonnia biopolttoainetta sekoitetaan kerosiiniin.
	Aloitetaan toisen 2G-laitossarjan rakentaminen, joka kattaa levistä tuotetut biopolttoaineet ja jätteistä tuotetut pyrolyysiöljyt.	Toiminnassa vuoteen 2020 mennessä.
Pitkä aikaväli (vuoteen 2020 saakka)	Toimitetaan lentoliikennemarkkinoille vielä 0,8 miljoonaa tonnia biopolttoainetta, joka perustuu synteettisiin biopolttoaineisiin, pyrolyyttisiin öljyihin ja levistä tuotettuihin biopolttoaineisiin.	2,0 miljoonaa tonnia biopolttoainetta sekoitetaan kerosiiniin.
	Lisää biopolttoaineita toimitetaan lentoliikenteen käyttöön; biopolttoainetta käytetään useimmilla EU:n lentokentillä.	Lentoliikenteeseen tarkoitettujen biopolttoaineiden kaupallistaminen on saavutettu.

6.2. Lentoliikenteen päästökauppa

6.2.1. Päästökaupan rakenne

EU:n lentoliikenteen päästökauppa (ETS) alkoi tammikuussa 2012. Päästökaupan piiriin kuuluvat sekä EU:n sisäiset sekä EU:n ja kolmansien maiden väliset lennot. Päästöoikeuksia jaetaan vuonna 2012 lentoyhtiöille 97 % vuosien 2004 - 2006 päästöjen keskiarvosta (219 476 343 t). Päästöoikeuksien kokonaismäärää kiristetään vuonna 2013 - 2020 ajoittuvalle toiselle päästökaupakaudelle siten, että se on 95 % vuosien 2004 - 2006 keskiarvopäästöistä. Päästöoikeuksista 15 % huutokaupataan. Vuonna 2012 päästöoikeuksista 85 % jaetaan ilma-alusten käyttäjille maksutta. Toisella päästökaupakaudella maksutta jaetaan 82 % ja 3 % ohjataan uusille toimijoille tarkoitettuun erityisvarantoon. On mahdollista, että päästöoikeuksien kokonaismäärää jatkossa kiristetään.

EU:n päästökauppajärjestelmän arvioidaan kaikkiaan tuottavan vuonna 2012 nettomääräisesti 3 %:n vähennyksen lentoliikenteen hiilidioksidipäästöissä vuoden 2005 tasoon verrattuna, ja 5 %:n vähennyksen ajanjaksolla 2013-2020 vuoden 2005 tasoon verrattuna.

Päästökaupassa nollakertoimen saavan biopolttoaineen on täytettävä RES-direktiivin kestävyysvaatimukset. Polttoaineseoksessa vain kestävästi tuotettu biopolttoaineosuus otetaan huomioon, muuten polttoainetta kohdellaan kuten fossiilista kerosiinia. Kestävyyskriteerien täyttämisen voi osoittaa kolmella tavalla: toiminnanharjoittajan kestävyysjärjestelmän kautta, komission hyväksymän vapaaehtoisen järjestelmän avulla, tai EU:n ja kolmansien maiden välisillä sopimuksilla. Kasvihuonekaasupäästöjen tarkkailusta ja raportoinnista annettua komission asetusta koskeva ohjeistus on tarkoitettu hyväksyä ilmastonmuutoskomiteassa lokakuun aikana. Ohjeistuksessa tullaan selkeyttämään polttoaineen tarjoajan ja ilma-aluksen käyttäjän velvollisuuksia biopolttoaineen kestävyden osoittamisessa. Ilma-aluksen käyttäjä voi käyttää polttoaineen ostotietoja kestävyden osoittamiseen. Tällöin sen on kuitenkin varmistettava, että polttoaineen tarjoaja täyttää tuotannossaan vaadittavat kestävyyskriteerit. Viime kädessä vastuu päästökauppaan hyväksyttävän biokerosiinin kestävyden todistamisessa on siten ilma-aluksen käyttäjällä.

6.2.2. Päästöoikeuksien huutokauppa ja tulojen käyttö

Päästökaupalla on jonkin verran valtiontaloudellisia vaikutuksia, koska osa päästöoikeuksista myydään huutokaupan kautta ja nämä tulot tuloutetaan valtiolle. Varovaisesti voidaan olettaa, että noin puolet lentoyhtiöille tulevista lisäkustannuksista kulkisi valtion kassan kautta. Näin ollen huutokauppatuloja lentoliikenteen päästökaupasta voisi valtiolle kertyä arviolta noin 10 MEUR. Suomessa hallitusohjelmilla määritellään hallituskausittain muun muassa ilmastopoliittiset tavoitteet ja toimenpiteet, joiden toteutumista seurataan strategia-asiakirjoilla. Vuosittain kehyspäätös- ja talousarvioprosessien yhteydessä päätetään valtion talousarvion tuloperusteista sekä määrärahojen kohdentamisesta muun muassa hallituksen ja EU:n ilmastopoliittisten tavoitteiden ja sopimusten täyttämiseksi.

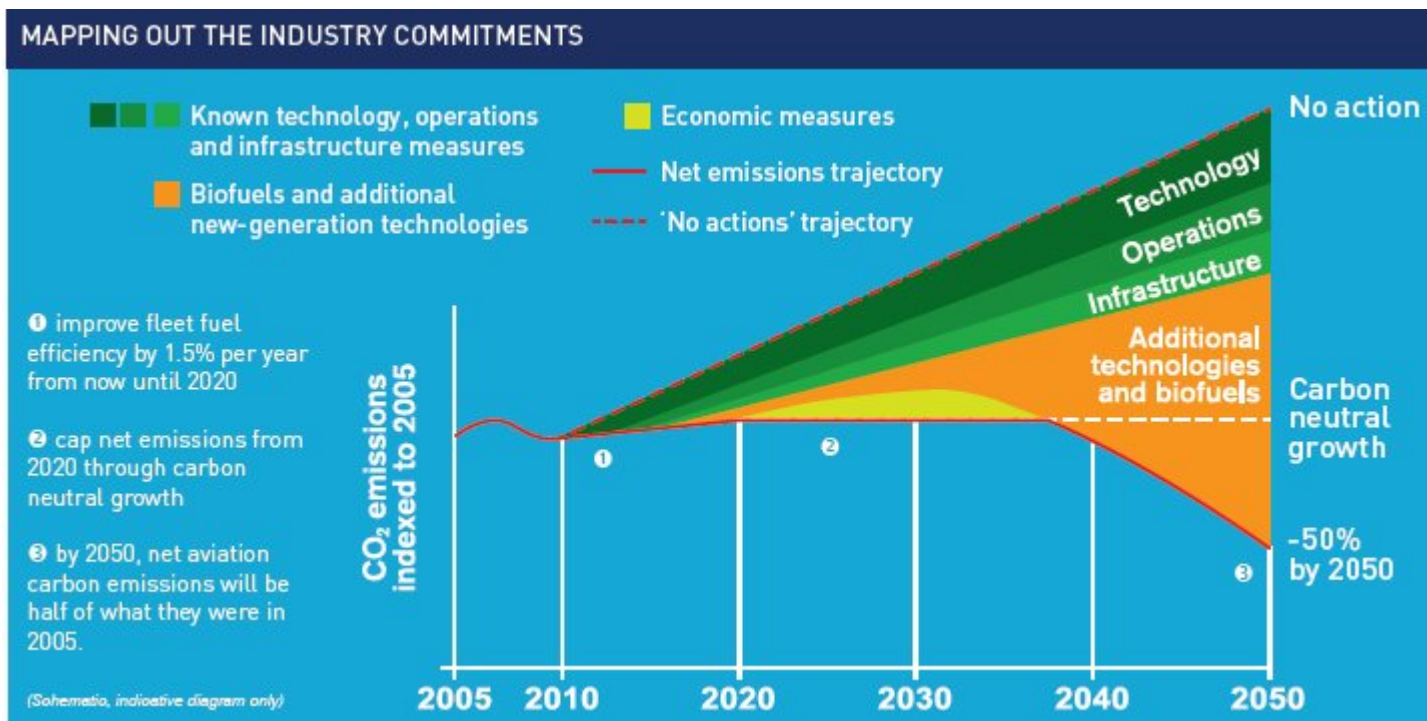
Lentoliikenteen päästökauppadirektiivin mukaan jäsenvaltiot päättävät, miten päästöoikeuksien huutokaupasta saatuja tuloja käytetään. Direktiivi sisältää suositusluonteisen säännöksen huutokauppatulojen tai muiden tulojen käyttämisestä muun muassa kasvihuonekaasupäästöjen vähentämiseen ja ilmastonmuutoksen vaikutuksiin sopeutumiseen ennen kaikkea ilmailun ja lentoliikenteen aloilla. Myös SWAFEA-raportti esittää, että osa huutokauppatuloista investoitaisiin biokerosiinin tuotantoon.

Huutokauppatulojen ohjaaminen lentoliikenteen ympäristövaikutusten vähentämisen tukemiseen olisi omiaan edesauttamaan ETS:n hyväksyttävyyden lisäämistä EU:n ulkopuolisissa maissa. Se olisi myös perinteisen ICAO:n periaatteen hengen mukainen, ettei kansainvälistä lentoliikennettä veroteta.

Biokerosiinin käytön lisäämiseksi huutokauppatulojen ohjaaminen voitaisiin tehdä joko esimerkiksi suorana tukena uusiutuvan raaka-aineen valmistukseen ja kuljetuksiin tai tutkimus- ja kehitystukena raaka-ainetuotannon ja valmistustekniikan tehostamiseen. Koska lentoasema- ja lennonvarmistuspalvelut Suomessa järjestää valtion erityistehtävayhtiönä Finavia Oyj, huutokauppatuloja ei voi ohjata Finavian palvelumaksujen kohdennettujen alennusten kautta biokomponenttia sisältävää kerosiinia käyttäville lentoyhtiöille. Käytettävissä olevien tietojen mukaan myöskään ulkomailla lentoasemat eivät käytä suoria hintakannustimia tukeakseen lentoyhtiöiden uusiutuvien polttoaineiden käyttöä. Eri ministeriöiden yhteistyönä tulisi luoda konsepti, joka takaa huutokauppatulojen käytön mahdollisimman tehokkaalla tavalla päästöjen vähentämiseen sekä biokerosiinin käytön lisääntymiseen.

7. Lentoyhtiöiden tiekartta päästöjen vähentämisessä

Kansainvälinen ilmakuljetusliitto IATA ja sen jäsenlentoyhtiöt ovat sopineet rajoittavansa nettopäästönsä vuoden 2020 tasolle. Tästä eteenpäin kasvu olisi hiilineutraalia. Lentoyhtiöt ovat myös sitoutuneet 2050 mennessä puolittamaan päästöt suhteessa 2005 päästöihin. Biopolttoaineet ovat ratkaisevassa asemassa tavoitteen saavuttamiseksi.



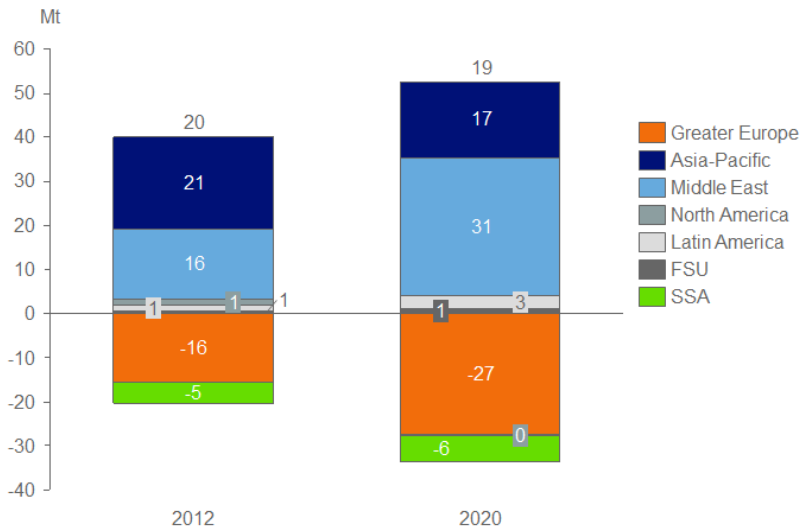
Kuva 1. Teollisuuden päästövähennystavoitteet. Lähde ATAG (Air Transport Action Group).

Finnair lensi ensimmäisen lentonsa biopolttoaineella 20 heinäkuuta 2011 Amsterdamista Helsinkiin. Kyseessä oli siihen mennessä pisin biopolttoaineella (raaka-aineena käytetty paistoöljy) lennetty kaupallinen lento. Finnair lento oli ainoa ilman taloudellisesta tukea suoritettu biokerosiinilento. Finnair suunnittelee lähitulevaisuudessa ensimmäistä pitkän matkan lentoaan Aasian ja Euroopan välillä biopolttoaineella. Myös esimerkiksi seuraavat lentoyhtiöt ovat sittemmin toteuttaneet kaupallisia lentoja biokerosiinilla: KLM, United, Lufthansa, Interjet, Air China, Aero Mexico, Iberia, Thomson Airways, Air France, Alaska Airlines, Thai Airlines ja Jetstar. Aero Mexico toteutti ensimmäisenä Atlantin ylityksen biokerosiinilla. Lufthansa lensi puolen vuoden jaksolla Neste Oilin NExBTL-biokerosiinilla yli 1200 lentoa, mikä on toistaiseksi laajamittaisin biokerosiinikokeilu. KLM:n taasen on lentänyt yli 200 kaupunkiparilentoa. Lennoilla on käytetty 20-50 %:n sekoitusta tavanomaisen lentokerosiinin ja biokomponentin välillä (camelina, jatropha, käytetty ruokaöljy tai levä).

8. Biokerosiinin käytön haasteet

8.1. Kustannus- ja kuljetuskysymykset

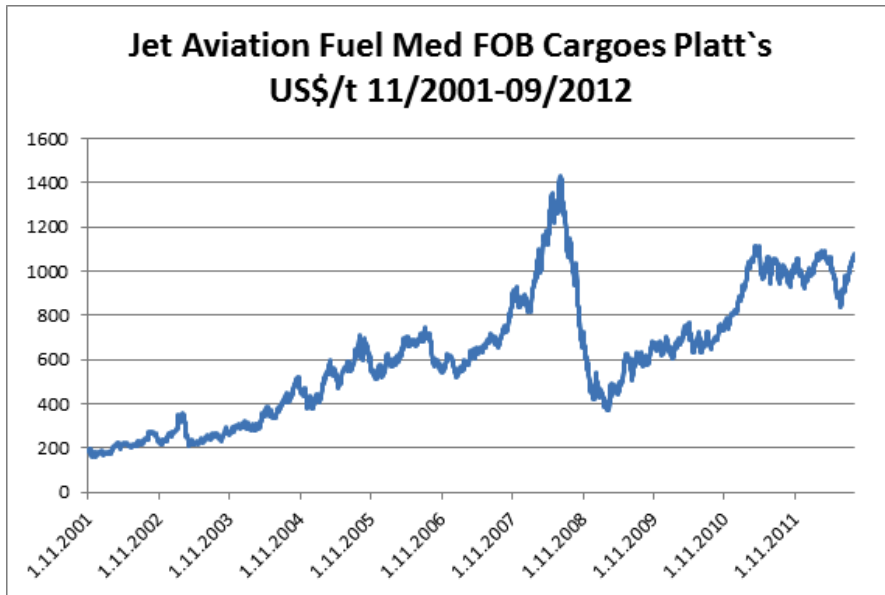
Lentoliikenteessä ei ole näkyvissä lähitulevaisuudessa vaihtoehtoa nestemäiselle polttoaineelle. Suurimpana haasteena on tasaisen, luotettavan, kustannustehokkaan ja kestävä biopolttoaineen toimittamisen takaaminen. Toisen sukupolven biopolttoaineet ovat jalostettuina lähes identtisiä teollisuuden tällä hetkellä käyttämän fossiilisen kerosiinin kanssa. Lentoliikenteen biopolttoaineet ovat vielä toistaiseksi harvinaisia ja kalliita, mutta kun tarjontaa tulee enemmän ja kysyntä kasvaa, laskevat myös kustannukset.



Kuva 2. Fossiilisen kerosiinin kysyntä-tarjontabalanssi 2012 ja 2020. Lyhenteet: FSU-Former Soviet Union, SSA-Sub-Saharan Africa. Lähde WoodMacKenzie.

Pohjois-Euroopassa lentopetrolin keskimääräinen hinta on ollut noin 1000 USD/t vuosina 2011 ja 2012. Polttoaineen osuus lentoyhtiön kustannuksista on 20-30 %. Pienelläkin polttoaineen hinnanmuutoksella on siten merkittävä vaikutus katteenmuodostukseen. Ilmailuala maksaa infrastruktuurimaksunsa muuten kuin polttoaineveroina, eikä ilmailuala hyödy tällä hetkellä biopolttoaineiden käytöstä muuten kuin päästökaupassa. Hiilidioksiditonin hinta on tällä hetkellä niin alhainen, ettei se kannusta biopolttoaineen käyttöön. Päästöoikeuden hinta on viime aikoina ollut 7-8 euron tasolla. Markkina-analyttikkojen heinäkuun lopun arviot päästökaupakauden 2013-2020 päästöoikeuden hinnasta ilman mahdollisia väliintulevia toimenpiteitä ovat tämänkin alle⁷. Sekä päästöoikeuden hinta että analyttikkojen hinta-arviot muuttuvat kuitenkin jatkuvasti muun muassa talouskehityksestä, energiatuotteiden hinnoista ja odotuksista puuttua päästöoikeuksien tämän hetkiseen ylitarjontaan.

⁷ Perusmuistio TEM2012-00464, 10.9.2012, hinta-arvio Barclays: keskimäärin 5,50 euroa, Thomson Reuters Point Carbon: keskimäärin 7 euroa, vuonna 2013 laskee 4 euroon.



Kuva 3. Fossiilisen kerosiinin hintakehitys (USD/t) aikavälillä marraskuu 2001 – syyskuu 2012. Lähde: Platt's.

Uusiutuvista raaka-aineista tuotetun biokerosiinin hinta on tällä hetkellä noin kolmin–kuusinkertainen fossiiliseen kerosiiniin nähden. Biopolttoaineen hinta riippuu käytetystä raaka-aineesta, tuotantomääristä sekä logistiikasta.

Biokerosiinin käytön tärkeä virstanpylväs saavutetaan kun sen kustannukset ovat samalla tasolla kuin nykyisen fossiilisen kerosiinin. Muutoksen aikaansaaminen vaatii kolmen asian toteutumista: 1) hallitusten ilmastopolitiikan seurauksena fossiilisen kerosiinin käyttö tulee entistä kalliimmaksi, 2) öljytalous ja -politiikka nostavat fossiilisen kerosiinin hintaa ja 3) bioraaka-aineiden hinta sekä biokerosiinin tuotannon ja jakelun kustannukset laskevat.

Näiden kolmen tekijän kehitysnopeus ja -laajuus ratkaisevat sen, kuinka pian biopolttoaineista tulee kannattavia ja kuinka pian niillä tulee olemaan tärkeä rooli lentoliikenteen CO₂-päästöjen vähentämisessä. Fossiilisen polttoaineen ja CO₂-päästöjen nousevat kustannukset eivät kuitenkaan välttämättä yksin riitä tekemään ilmailun biopolttoaineista kannattavia edes vuoteen 2020 mennessä. Lukuisia biokerosiiniteknologioita on kehitteillä, mutta vain muutamia niistä on testattu kaupallisessa mittakaavassa. Kaupallisen mittakaavan tuotanto on olennaista yksikkökustannusten alenemisen kannalta.

Biokerosiinin tuottajien ongelmana on, että ilmailualan kanssa ei ole ostosopimuksia, jotka varmistaisivat kerosiinia kalliimman polttoaineen myynnin.

Biokerosiinin käytön yleistymisen edellytyksenä on myös merikuljetusten sääntöjen mukauttaminen vaihtoehtoisten polttoaineiden kuljettamisen mahdollistamiseksi. Öljyn merikuljetuksista säädetään alusten aiheuttaman meren pilaantumisen ehkäisemisestä tehdyn kansainvälisen yleissopimuksen (ns. MARPOL-yleissopimus) I liitteessä. Tällä hetkellä vaihtoehtoisia polttoaineita voidaan öljytankkereilla kuljettaa ainoastaan 25 %:n sekoitteena fossiilisiin polttoaineeseen. Tätä suuremman vaihtoehtoisen polttoaineen (esim. biokerosiini) sekoitussuhteen sisältävät tuotteet joudutaan kuljettamaan II liitteen mukaisesti kemikaalitankkerilla. Suomi on nostanut esiin tämän epäkohdan Kansainvälisen merenkulkujärjestön (IMO) BLG- alakomiteassa keväällä 2012. Suomi suunnittelee ehdotusta uudeksi työohjelman kohdaksi IMO:n meriympäristökomiteaan (MEPC) keväällä 2013, jotta kansainvälistä sääntelyä voitaisiin muuttaa ja biopolttoaineet kuljettaa öljytankkereilla nykyistä suurempana sekoitteena.

8.2. Suomesta edelläkävijä biokerosiinin käytön edistämässä ?

8.2.1. Biokerosiinin valmistus Suomessa

Suomalaisen Neste Oilin asema yhtenä maailman johtavana biokerosiinin tuottajana antaa oivan mahdollisuuden Suomelle pyrkiä edistämään biokerosiinin kaupallistumista ja käyttöönottoa sekä suomalaisen ympäristöteknologiaosaamisen vientiä. Samalla vahvistettaisiin edelleen Neste Oilin markkina-asemaa valmistauduttaessa biokerosiinin laajamittaiseen käyttöönottoon tulevaisuudessa sekä Suomen imagoa edistyksellisenä ja ympäristöystävällisiä ratkaisuja aktiivisesti hakevana maana. Biokerosiinin käytön julkisuushyötyä lentoyhtiöille ei myöskään saa aliarvioida.

8.2.2. Polttoaineen jakelun infrastruktuurin kehittäminen

Lentoasemien infrastruktuurin on mahdollistettava biokerosiinin jakelu. Mikäli biokomponenttia ei ensimmäisessä vaiheessa sekoiteta kaikkeen fossiiliseen kerosiiniin, tarvitaan biokerosiinin jakeluun lentoasemilla väliaikaisesti erilliset varastointisäiliöt sekä erillinen jakelukalusto. Kun uusiutuvaa osaa lisätään kaikkien lentoyhtiöiden käyttöön tulevaan kaikkeen polttoaineeseen, voitaneen osasta väliaikaisia varasto- ja jakelujärjestelmiä luopua.

Helsinki-Vantaan lentoasemalla ei biokerosiinin käytön aloittamiselle ole alustavan selvityksen mukaan ole esteitä, sillä lentoaseman öljy-yhtiöille osoittamat varastointialueet ovat riittävät. Siirtymävaiheen erillisiä biokerosiinisäiliöitä varten nykyistä varastointialuetta voidaan tarvittaessa laajentaa yhden tai kahden uuden säiliön vaatiman tilan verran. Jakelukaluston määrän kasvaminen esimerkiksi muutamalla jakeluautolla ei vaikuta lentoaseman asematasojen toimintaan, koska jaettavan kerosiinin kokonaismäärä ei biokerosiinin käyttöönoton myötä lisääny.

Neste Oilin tulevaisuuden tavoitteena on biokomponentin sekoittaminen pienenä (1-5 %) pitoisuutena yhtiön koko kerosiinitarjontaan. Koko tuotevolyymien biosisältö vaatii hyväksynnän kaikilta Neste Oilin lentopolttoaineasiakkailta. Alkuvaiheessa voi olla mahdollista, että tarvitaan erillinen biokerosiinin varastointi ja jakelu lentoasemalla.

8.2.3. Helsinki-Vantaan lentoasemasta "green-hub"?

Finavia ylläpitää Suomen 25 lentoaseman verkostoa. Suomen lentoasemista ainoastaan Helsinki-Vantaan lentoasema on tällä hetkellä liiketaloudellisesti kannattava. Helsinki-Vantaan lentoaseman kaupallisen liiketoiminnan tuotoilla katetaan maakuntalentoasemien alijäämä. Helsinki-Vantaan lentoaseman tulevaisuus ja siten myös koko verkoston rahoitus nojautuu pitkälti lentoaseman houkuttelevuuteen gate way'nä Euroopan ja Aasian välillä. Lentoaseman maantieteellinen sijainti takaa lyhimmän reitin Aasian kasvukeskuksiin. Helsinki-Vantaan asema keskeisenä porttina Aasiaan ei kuitenkaan ole itsestään selvyyttä, esim. Pietarin Pulkovon lentoasemaa kehitetään voimakkaasti.

Biokerosiinin kaupallistumisen edistäminen lienee mahdollista yhdistää Helsinki-Vantaan lentoaseman kilpailuaseman parantamiseen. Mikäli biokerosiinia olisi lentoasemalla vakituisesti saatavilla (kilpailukykyiseen hintaan), voitaisiin Helsinki-Vantaan lentoasemaa markkinoida eräänlaisena "green hub"-ina. Tällä voisi olla positiivinen vaikutus aseman houkuttelevuuteen ja julkisuuskuvaan unohtamatta biokerosiinia käyttävien lentoyhtiöiden päästöjen vähennystä sekä imagohyötyä. Tällaisia pyrkimyksiä on nähtävissä muilla lentoasemilla Pohjoismaissa sekä myös maailmanlaajuisesti.

Kysynnän mukaan Neste Oil voisi jatkossa palvella kaikkia Suomen ja Itämeren alueen lentoasemia. Bio-hub:ja on jo kehitteillä Eurooppaan. SkyNRG-jakeluyhtiö yhteistyössä

Amsterdammassa sijaitsevan Schipholin lentoaseman kanssa pyrkii laajamittaiseen biokerosiinin tarjontaan ja sen tavoitteena on viedä "bio-hub"-konsepti 3-5 maailmanlaajuisesti strategisesti merkittävälle lentoasemalle. Muun muassa Finnairin lento Amsterdammista Helsinkiin toteutettiin SkyNRG:n toimittamalla biokerosiinilla.

9. Suositukset

Ryhmä esittää, että asetetaan EU:n tavoitteiden mukainen 40 %:n tavoite lentoliikenteessä käytettävän biokerosiinin osuudeksi käytetystä polttoaineesta vuonna 2050. Työnsä perusteella ryhmä esittää seuraavat suositukset:

1. Liikenne- ja viestintäministeriö perustaa valtionhallinnon ja elinkeinon yhdysverkon, jonka tehtävänä on seurata aktiivisesti kansallista ja kansainvälistä työtä biokerosiinin käyttöönoton edistämiseksi ja tehdä toimenpiteitä koskevia aloitteita.
2. Ministeriöiden ja viranomaisten edustajat vaikuttavat biokerosiinin tuotannon ja käyttöönoton edistämiseen EU:n tutkimusohjelmissa.
3. Ministeriöiden ja viranomaisten edustajat toimivat aktiivisesti kansainvälisellä tasolla (ICAO, EU ja ECAC) biokerosiinin käyttöönoton edistämiseksi ja maailmanlaajusten kestävyyskriteerien hyväksymiseksi.
4. Edistetään suomalaisen osaamisen ja biokerosiinin tunnettavuutta sekä sen käytön leviämistä Pohjoismaihin ja maailmalle. Tuetaan lentoyhtiöiden yhteistyötä biokerosiinin käytön edistämiseksi sekä Helsinki-Vantaan lentoaseman kehittämistä "bio-hubiksi".
5. Liikenne- ja viestintäministeriö, työ- ja elinkeinoministeriö sekä valtiovarainministeriö selvittävät yhteistyönä mahdollisuutta käyttää ja ohjata lentoliikenteen päästökaupan huutokauppatuloja lentoliikenteen päästöjen vähentämiseksi sekä kehittää konsepti, joka kilpailunäkökohdat huomioiden mahdollisimman tehokkaasti varmistaa, että huutokauppatulot tukevat kotimaassa valmistetun biokerosiinin käytön lisääntymistä, esim. tukena uusiutuvan raaka-aineen valmistukseen ja kuljetuksiin tai tutkimus- ja kehitystukena raaka-ainetuotannon ja valmistustekniikan kehittämiseen.
6. Neste Oil Oy, suomalaiset lentoyhtiöt sekä lentoasemayhtiö Finavia Oyj yhdessä viestivät lentomatikustajille lentoliikenneajan työstä päästöjen vähentämiseksi sekä siitä, missä määrin nykyiset ja suunnitellut biokerosiinin raaka-aineet täyttävät kansainvälisesti hyväksytyt polttoaineiden kestävyyskriteerit.



Liikenteen tulevaisuuden
käyttövoimat
- laivaliikenne

Sisällysluettelo

Tehtävä ja organisoituminen	2
Tiivistelmä	3
1. Johdanto	5
2. Kansainvälinen toimintaympäristö ja EU-tason toimet	5
2.1. Tiukentuvat ympäristönormit	6
2.2. Kasvihuonekaasupäästöjen vähentäminen	7
2.3. EU:n komission ”puhdasta energiaa liikenteessä”	8
3. Laivojen voimanlähteet	8
3.1. Suomen vesiliikenteen polttoainekulutus	9
3.2. Jäävahvistettujen laivojen polttoainekulutus	11
3.3. Laivojen käyttämät polttoaineet ja päästöjenkäsittelylaitteet	12
3.3.1. Dieselöljyt ja kevyet polttoöljyt	12
3.3.2. SO _x -päästöt ja rikkipesurit	16
3.3.3. NO _x -päästöt ja SCR-jälkikäsittely	17
4. Polttoainevaihtoehdot	18
4.1. Nesteytetty maakaasu LNG	18
4.2. Biopolttoaineet	19
4.2.1. Biopolttoaineiden saatavuus ja valmistus Suomessa	20
4.2.2. Polttoainevaihtoehtojen käytettävyys	23
4.3. Vety	26
4.4. Polttoainevaihtoehtojen vertailu	27
4.5. Sähkö	29
5. Laivaliikenteen tulevaisuuden polttoaineet	30
5.1. LNG:n käyttöönoton edellytyksiä	30
5.2. Biopolttoaineiden käyttöön otto	32
5.3. Laivainvestointien ja infrastruktuurin kohtaaminen	32
5.4. Investoinnit ja rahoitusjärjestelyt	32
5.5. Polttoaineen tankkausinfrastruktuuri	32
6. LNG:n käyttöä koskeva turvallisuussäätely	33
6.1. LNG:n kuljeteminen kuljetussäiliöaluksilla	33
6.2. LNG:n käyttö ja bunkraus aluksilla	33
6.3. LNG kuljettaminen pakattuna tai säiliöissä	34
6.4. Kansainvälinen ohjeistus LNG:n kuljetukseen ja varastointiin satamissa	34
6.5. LNG-varastointi	34
7. Suositukset	36
Liite 1: Ehdotus LNG-toimintaohjelmaksi	37

Tehtävä

Liikenne- ja viestintäministeriön asettaman "tulevaisuuden käyttövoimat liikenteessä" -työryhmän alaisuuteen perustettiin 8.6.2012 ad hoc ryhmä tarkastelemaan laivojen tulevaisuuden käyttövoimia ja työ tuli saada valmiiksi syyskuun 2012 alkuun mennessä.

Ryhmän tehtävänä oli muun muassa kartoittaa vaihtoehtoisiin polttoaineisiin liittyvät selvitykset EU:n tasolla, erityisesti nesteytetyn maakaasun (LNG:n) osalta, sekä siihen liittyvä tutkimus- ja kehitystyön tilanne. Tehtävänä oli myös laatia ehdotukset Suomen toiminnasta erityisesti EU:ssa ja IMO:ssa ohjeistuksen ja sääntelykehityksen osalta sekä LNG:n käytön edistämiseksi erityisesti Itämeren alueella. Ryhmän tuli lisäksi pohtia keinoja yhteistyön tiivistämiseksi kaikkien sidosryhmien kanssa toimenpiteiden vaikuttavuuden lisäämiseksi. Yhteistyön tiivistämistä tulisi tehdä erityisesti varustamojen, moottorivalmistajien, telakoiden, satamien ja polttoainetoimittajien kanssa

Osallistujat ja organisointi

Työhön osallistuivat: Maija Pietarinen ympäristöministeriöministeriöstä, Anita Mäkinen, Jorma Kämäräinen ja Sten Sundberg Liikenteen turvallisuusvirastosta, Jarkko Toivola Liikennevirastosta, Eija Kanto Suomen Varustamot ry:stä, Jussi Mälkiä Meriaurasta, Kirsti Tarnanen-Sariola Suomen Satamaliitosta, Aino Rantanen Helsingin satamasta, Markku Alahäme Turun satamasta, Päivi Aakko-Saksa VTT:ltä, Varpu Markkanen Neste Oil:sta, Veli-Heikki Niiranen Gasumista ja Tomas Aminoff Wärtsilästä.

Ryhmän puheenjohtajana toimi Lolan Eriksson, liikenne- ja viestintäministeriöstä
Ryhmän sihteerinä toimi Jenni Törmälehto, liikenne- ja viestintäministeriöstä.

Ryhmä piti 4 kokousta ja kuuli työn aikana eri alojen asiantuntijoita.

Ryhmä luovutti raporttinsa syyskuussa 2012. Tämän jälkeen raporttiin on tehty eräitä päivityksiä.

Tiivistelmä

"Tulevaisuuden käyttövoimat liikenteessä" -työryhmän asettamispäätöksessä kuvataan työn taustaa ja toimeksiantoa. Liikenteen energiatehokkuutta on parannettava, liikennemäärien kasvua on hillittävä ja pitkällä aikavälillä liikenteeseen on saatava myös riittävä määrä uusia polttoaineita ja vaihtoehtoisia käyttövoimia, jotka voivat korvata öljyn.

Laivojen tulevaisuuden polttoaineita tarkastelleen ad hoc ryhmän työssä on tarkasteltu, uusia polttoaineita koskevan tarkastelun lisäksi, myös raskaiden öljylaatujen käyttöä polttoaineena. Öljy yhdistettynä päästövähennysteknologiaan muodostaa näillä näkymin tulevaisuudessa myös varteenotettavan vaihtoehdon laivaliikenteessä.

Kansainvälissä liikenteessä olevien laivojen tulevaisuuden polttoaineet voidaan jakaa kolmeen pääasialliseen ryhmään, perustuen muun muassa moottoritekniikan kehitysnäkyymiin, eri polttoainelaatua koskevan kehitystyön näkyymiin sekä tarvittavan polttoainefrastruktuurin tarpeeseen niin Suomessa kuin erityisesti Itämeren ja Pohjanmeren alueella: 1) öljyt yhdistettynä päästövähennysteknologioihin, 2) nesteytetty maakaasu (LNG) sekä 3) muut vaihtoehtoiset polttoaineet ja käyttövoimat.

Kotimaan meri- ja sisävesiliikenteen osalta paikallisesti tuotetun biopolttoaineen mahdollisuudet nousevat myös varteenotettavaksi vaihtoehdoksi keskipitkällä aikavälillä.

Ryhmän työn aikana on selkeästi voitu todeta, että useat laivojen tulevaisuuden polttoaineisiin liittyvät kysymykset edellyttävät vielä tarkempaa jatkoselvitystä.

Ryhmä on toimeksianton mukaisesti laatinut ehdotuksen toimintaohjelmaksi LNG:n käyttöönoton edistämiseksi laivojen polttoaineena. Jotta LNG:n käyttö alusten käyttövoimana olisi mahdollista, tulee taata LNG:n saanti ja jakelu, turvata Itämeren alueella talvimerenkulkuun kykenevä LNG-laivaston saatavuus, varmistua siitä, että LNG:n turvallista käyttöä ja kuljetusta säätelevät määräykset ovat ajan tasalla ja pohtia LNG:n infrastruktuurin rahoitusta ja tukitarpeita, sekä tutkia mahdollisuutta jouduttaa ja yhtenäistää LNG:n infrastruktuurin rakentamisen lupaprosesseja.

LNG:n käyttöönotto Suomessa edellyttää toimenpiteitä sekä kansainvälisesti että kansallisesti. Kansainvälisesti tulee sopia muun muassa turvallisen LNG:n kuljetuksen ja käytön takaavasta sääntelystä IMO:ssa ja EU:ssa sekä sopia rahoituslaitosten tuesta. Kansallisesti edellytetään toimenpiteitä valtionhallinnolta, kunnilta, satamilta, satamaoperaattoreilta, elinkeinolta, pelastustoimelta ja investoijilta. Selkeiksi vastuuministeriöiksi valtionhallinnossa identifioituivat liikenne- ja viestintäministeriö, työ- ja elinkeinoministeriö, valtiovarainministeriö, sosiaali- ja terveystieteiden ministeriö, ympäristöministeriö ja sisäasiainministeriö. Ehdotus LNG-toimintaohjelmaksi, joka kattaa vastuulliset toimijat sekä aikataulutavoitteet esitetään liitteessä 1.

Harkittaessa LNG:n käyttöä merenkulun käyttövoimana, on tärkeätä myös analysoida synergiaedut muiden LNG-käyttäjien, kuten teollisuuden ja raskaan liikenteen kanssa.

Ryhmä esittää työnsä perusteella seuraavat suositukset:

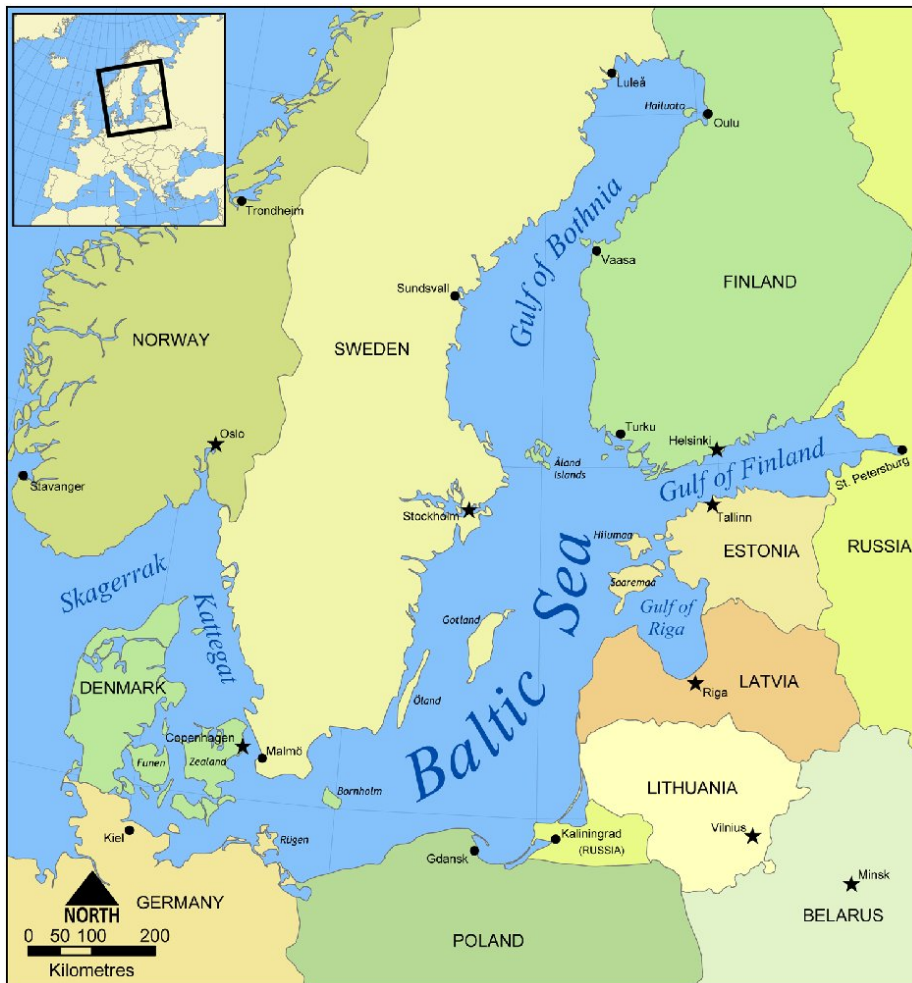
- edistetään puhtaan teknologian projekteja ja energiatehokkuutta laivanrakennuksessa ja tulevaisuuden laivamoottorien valmistelussa ja suunnittelussa, mukaan lukien päästövähennysteknologiat raskaan polttoöljyn käytön yhteydessä, ja vaikutetaan riittävään panostukseen näihin sektoreihin EU:n tutkimusohjelmissa, mukaan lukien vedyn sekä tuuli-, aurinko- ja aaltoenergian käytön kehittäminen
- luodaan valtionhallinnon, elinkeinon ja tutkimuslaitosten yhdysverkko, jonka tehtävänä on seurata aktiivisesti kansallista ja kansainvälistä työtä laivojen vaihto-

ehtoisten polttoaineiden ja uusien käyttövoimien sekä raskaiden polttoaineiden käyttöön liittyvän päästövähennysteknologian käytön edistämiseksi ja tehdä toimenpiteitä koskevia aloitteita; liikennehallinnon vetovastuulla ja käyttäen hyväksi liikenteen uutta virtuaalista tutkimuskeskusta (Fintrip)

- edistetään LNG:n käyttöönottoa laivaliikenteessä:
 - panostetaan laivojen kaasuntankkaukseen Suomessa LNG-toimintaohjelman mukaisesti, ottaen myös huomioon synergiaedut kotimaan teollisuuden ja raskaan liikenteen tarpeiden kanssa sekä tarpeen EU:n laajuiselle LNG-infrastruktuurille
 - selvitetään taloudellisten kannustimien käyttöä LNG-infrastruktuurin rakentamisessa ja LNG-käyttöisten laivojen hankinnassa, kuten investointitukien ja alushankintatakausten käyttöä, tavoitteena sisällyttää tarvittavat määrärahat vuoden 2014 valtion talousarvioon
 - toimitaan aktiivisesti kansainvälisellä tasolla (IMO, EU ja HELCOM) LNG:n käyttöönoton edistämiseksi laivapolttoaineena, mukaan lukien LNG-infrastruktuurin rakentaminen sekä LNG-säätelyn ja ohjeistuksen valmistelu erityisesti LNG-bunkrauksen osalta
- tarkastellaan vuoden 2013 loppuun mennessä mahdollisuuksia kehittää kotimaisia biopolttoaineita laivaliikenteen käyttöön, erityisesti myös kotimaan saaristo- ja sisävesiliikenteen tarpeisiin.
- edistetään maasähkön käytön lisäämistä laivojen satamassa käyntien yhteydessä, ottaen myös huomioon vaihtoehtoisten polttoaineiden vaikutus, ja vaikutetaan kansainvälisten kytkentästandardien yhdenmukaistamiseen
- panostetaan sähkönkäytön lisäämiseen veneilyssä muun muassa latauspisteiden sijainnin suunnittelussa sekä lataustekniikoiden kehittämisessä.

1. Johdanto

Suomen maantieteellinen sijainti tekee Suomen erittäin riippuvaiseksi merenkulusta. Suomen ulkomaankaupan volyymistä noin 85 prosenttia kuljetetaan meritse. Noin 30 prosenttia ulkomaankaupasta kulkee suomalaisilla laivoilla. Pitkät etäisyydet Manner-Eurooppaan ja maailmalle sekä talviolosuhteet asettavat Suomen erityisasemaan useisiin muihin EU:n maihin nähden. Kansainvälisellä ja EU:n tasolla asetetut tiukentuvat ympäristönormit sekä merenkulku vaikeissa talviolosuhteissa ovat Suomelle erityisiä haasteita.



Tulevaisuuden kuljetuskonsepteilla, laivojen energiatehokkuudella ja niiden käyttämällä polttoaineilla voidaan ratkaisevasti vaikuttaa Suomen ulkomaankuljetusten ympäristövaikutuksiin sekä kuljetusten hinnanmuodostukseen. Vaihtoehtoiset polttoaineet, kuten nesteytetty maakaasu (LNG), voivat osaltaan tarjota vaihtoehdon, jolla vaaditut raja-arvot sekä rikki- että typpipäästöjen osalta voidaan saavuttaa. Vaihtoehtoiset polttoaineet tarjoavat myös mahdollisuuden vähentää öljyriippuvuutta.

2. Kansainvälinen toimintaympäristö ja EU-tason toimet

Merenkulun toimintaedellytyksiin vaikuttavat lähivuosina merkittävästi Kansainvälisessä merenkulkujärjestössä IMO:ssa hyväksytyt ja työn alla olevat tiukentuvat ympäristövaatimukset, jotka kohdistuvat laivojen tavanomaisen käytön aiheuttamiin päästöihin ilmaan ja veteen, sekä ilmastonmuutoksen torjuntaan tähtäävät toimet laivojen kasvihuonekaasupäästöjen vähentämiseksi.

2.1. Tiukentuvat ympäristönormit

IMO:n MARPOL-yleissopimuksen ilmansuojeluliitteen vuoden 2008 muutoksilla rajoitetaan laivojen typenoksidi- rikkioksidin- ja pienhiukkaspäästöjä. Liitteen vuoden 2011 lisäyksellä säädetään siitä, miten uusien laivojen energiatehokkuuteen tulee panostaa jo suunnitteluvaiheessa. Tavoitteena on että laivat kuluttavat vähemmän polttoainetta ja tuottavat siten vähemmän kasvihuonekaasupäästöjä. IMO valmisteleekin myös taloudellisia ohjaukeinoja näiden päästöjen vähentämiseksi.

EU:n rikkidirektiiviin on hyväksytty muutoksia, joilla sisällytetään unionin lainsäädäntöön IMO:n uudet määräykset laivapolttoaineen rikkipitoisuudesta. Rajoitusten terveys- ja ympäristöhyödyt ovat kiistattomat, mutta haasteena on rajoitusten aiheuttamien kustannusten ja hyötyjen epätasainen jakautuminen valtioiden kesken. Laivaliikenteen rikkipäästöt vaikuttavat erityisesti ilmanlaatuun tiheästi asutuilla rannikkoseuduilla. Itämeren talousalueella asuu noin 85 miljoonaa ihmistä, joista noin 31 prosenttia asuu noin 50 kilometrin säteellä rannikosta.

Uudet polttoaineen rikkipitoisuutta koskevat määräykset tulevat voimaan vuoden 2015 alusta rikkipäästöjen valvonta-alueilla eli Itämerellä, Pohjanmerellä ja Englannin kanaalissa, Pohjois-Amerikan mantereen valvonta-alueella sekä Yhdysvaltain Karibianmeren alueella, joilla alueilla polttoaineen rikkipitoisuus saa olla enintään 0,1 %. Globaalilla tasolla rikkipitoisuuden enimmäisraja tulee olemaan 0,5 % vuodesta 2020 tai 2025, riippuen vuonna 2018 tehtävästä polttoaineen saatavuudesta koskevasta tarkistuksesta. EU:n muutetun rikkidirektiivin mukaan 0,5 %:n raja tulee voimaan EU:ssa vuonna 2020 muualla kuin SECA-alueilla. IMO:n ja EU:n rikkisäännökset mahdollistavat myös päästövähennysteknologian käytön. Siirtyminen esimerkiksi nesteytetyn maakaasun (LNG) käyttöön laivojen polttoaineena on myös vaihtoehto matalarikkiselle polttoaineelle. LNG on tällä hetkellä vaihtoehto lähinnä uusille aluksille, koska vanhojen alusten koneistojen muuttaminen maakaasulla toimiviksi on varsin kallista.

Rikkipesurit mahdollistavat raskaan polttoöljyn käytön laivapolttoaineena myös tulevaisuudessa. Pesurin asentaminen on mahdollista uusiin laivoihin ja myös jälkiasennuksena osaan olemassa olevista laivoista.

Laivojen typenoksidipäästöjen rajoittamiseksi IMO voi uudistetun liitteen mukaan hakeuksesta hyväksyä merialueita niin sanotuiksi typen oksidipäästöjen valvonta-alueiksi, joilla vuonna 2016 ja sen jälkeen rakennettujen laivojen tulee vähentää typenoksidipäästönsä noin 75 prosenttia nykyisestä tasosta. Pohjois-Amerikan valvonta-alueen perustaminen on jo hyväksytty IMO:ssa. HELCOMin puitteissa valmistellaan hakemusta IMO:lle Itämeren nimeämiseksi tällaiseksi alueeksi. Tällä voidaan vaikuttaa erityisesti Itämeren rehevöitymisen rajoittamiseen.

Typenoksidipäästöjä voidaan rajoittaa esimerkiksi asentamalla katalysaattori laivamootorin yhteyteen tai siirtymällä LNG:n käyttöön.

Itämeren suojelukomission (HELCOM) vuonna 2007 hyväksymässä Itämeren toimintaohjelmassa (Baltic Sea Action Plan, BSAP) on asetettu tavoitteeksi Itämeren hyvän tilan palauttaminen vuoteen 2021 mennessä. Itämeren suurin ongelma on rehevöityminen ja ohjelmassa on linjattu, että kaikkien sektoreiden tulee osallistua ravinnekuormituksen vähentämiseen. Suurimmat ravinnekuormitukset ovat peräisin maalta, erityisesti maataloudesta sekä Itämeren rannikkoalueilla sijaitsevista sika- ja siipikarjatiloilta. Vaikka laivaliikenteen suhteellinen osuus Itämeren ravinnekuormituksesta on pieni, sen vaikutus paikallisesti on kuitenkin merkittävä, erityisesti kesäkausina, koska laivat käyttävät pääasiassa samoja reittejä.

HELCOMin toimenpideohjelma sisältää lukuisia merenkulkua koskevia toimenpiteitä, mukaan lukien laivojen päästöjen vähentäminen sekä toimenpiteitä laivaonnettomuuksien

riskien pienentämiseksi erityisesti öljy- ja muiden vaarallisten aineiden ympäristövahinkojen ennaltaehkäisemiseksi.

Huviveneilyn osuus kokonaispäästöistä veteen on suhteellisen pieni, mutta paikalliset vaikutukset voivat olla merkittäviä. Veneilyn ja veneiden määrä on Suomessa kasvanut tasaisesti ja Suomi on venetiheydessä mitattuna maailman kärkimaita. Huvivenedirektiivin seuraava muutos tulee todennäköisesti voimaan vuonna 2015. Muutoksen valmistelussa on annettu erityistä painoarvoa huviveneiden moottoreiden pakokaasupäästöjen vähentämiseksi. Komission ehdotuksessa esitetyn ennusteen ja vaikutusarvioinnin mukaan hiilivetyjen ja typen oksidien päästöt tulisivat vähenemään noin 20 prosenttia ja hiukkaspäästöt yli 30 prosenttia.

2.2. Kasvihuonekaasupäästöjen vähentäminen

Ilmastoneuvottelut

YK:n ilmastopimusneuvotteluissa (UNFCCC) sovittiin joulukuussa 2010 Cancunissa Meksikossa (COP 16), että maailman lämpötilan nousun tulee jäädä alle kahteen asteeseen verrattuna esiteolliseen aikaan. Joulukuussa 2011 Etelä-Afrikassa pidetyissä ilmastoneuvotteluissa (COP 17) sovittiin vuonna 2012 umpeutuvan Kioton pöytäkirjan jatkokaudesta sekä tiekartasta kaikkia maita sitovan ilmastopimuksen valmistamisesta vuoteen 2015 mennessä, jonka on tarkoitus tulla voimaan vuonna 2020.

Kansainvälisen lento- ja meriliikenteen päästöt eivät vielä kuulu YK:n ilmastopimuksen piiriin. EU pyrkii sisällyttämään nämä sektorit uuteen ilmastopimukseen. Tavoitteena on päättää päästövähennyksistä ilmastopimuksen puitteissa. Varsinaiset mekanismit päästöjen vähentämiseksi on tarkoitus valmistaa kansainvälisen lentoliikenteen osalta Kansainvälisessä siviili-ilmailujärjestössä ICAO:ssa ja kansainvälisen meriliikenteen osalta Kansainvälisessä merenkulkujärjestössä IMO:ssa. EU on asettanut ilmastoneuvotteluissa käytäviä neuvotteluja silmällä pitäen alustavat päästövähennystavoitteet näille kansainvälisille sektoreille, joiden mukaan vähennyksen tulisi olla lentoliikenteen osalta 10 prosenttia ja meriliikenteen osalta 20 prosenttia vuoteen 2020 mennessä vuoden 2005 tasoon verrattuna.

Kansainvälinen merenkulkujärjestö IMO

IMO on arvioinut, että kansainvälisen meriliikenteen kasvihuonekaasupäästöjen osuus maailman kasvihuonekaasupäästöistä voi ilman uusia toimenpiteitä kasvaa vuoteen 2050 mennessä jopa 18 prosenttiin maailman kokonaispäästöistä vuoden 2007 tasosta, joka oli noin 2,7 prosenttia kokonaispäästöistä.

Ilmastonmuutos edellyttää kasvihuonekaasujen päästövähennyksiin tähtäviä toimenpiteitä kaikilta toimijoilta, myös merenkulussa. Merenkulun osalta kyseeseen tulevat tekniset ja operatiiviset toimenpiteet sekä taloudelliset ohjaukset.

IMO hyväksyi heinäkuussa 2011 kaikkia uusia laivoja koskevat sitovat energiatehokkuusmääräykset, joilla lisätään uusien laivojen energiatehokkuutta. Toimenpiteet johtavat polttoainekulutuksen laskuun ja siten hiilidioksidipäästöjen vähenemiseen. Säännösten perusajatus on, että kullekin uudelle laivalle lasketaan laivan suunnitteluvaiheessa energiatehokkuutta mittaavan indeksin arvo (Energy Efficiency Design Index, EEDI). EEDI -arvo muodostuu laivan koneiston tuottaman hiilidioksidin määrän suhteesta sen kuljettaman lastin määrään, kun laiva liikkuu nopeudella, joka vastaa 75 prosenttia laivan konetehosta. Muutokset tulevat kansainvälisesti voimaan vuoden 2013 alusta lukien. Päätökseen sisällytettiin myös määräykset yhteistyön tiivistämisestä teknologian alalla, erityisesti kehitysmaiden teknologiaosaamisen tason nostamiseksi. Uudet säännökset noudattavat IMO:n peruseriaatteita ja käytäntöjä, joiden mukaan kaikkia laivoja kohdellaan samalla tavoin, lipusta riippumatta.

IMO hyväksyi myös vuonna 2011, että laivoja koskevan energiatehokkuussuunnitelman SEEMP (Ship Energy Efficiency Management Plan) laatiminen on vuoden 2013 alusta pakollista kaikille laivoille, joiden bruttovetoisuus on 400 tai enemmän. Energiatehokkuussuunnitelma on laadittava IMO laatimien ohjeiden mukaisesti. Suunnitelman yhtenä tavoitteena on tehostaa polttoainekulutuksen seurantaa.

Euroopan Unioni

EU:n liikenteen valkoisessa kirjassa asetetaan selkeä tavoite kilpailukykyisestä ja kestävästä liikennejärjestelmästä. Hyvällä liikennejärjestelmällä luodaan edellytykset kestäväle kasvulle, kilpailukyvyille ja elinvoimalle. Tavoitteeseen tulee pyrkiä, käyttämällä vähemmän ja puhtaampaa energiaa sekä hyödyntämällä tehokkaasti multimodaalia, integroitua ja älykästä liikenneverkostoa.

Lähtökohtana komissio esittää, että 60 prosentin päästövähennystavoite vuoden 1990 tasosta tulisi saavuttaa vuonna 2050. EU:n kansainvälisen meriliikenteestä johtuvia päästöjä olisi vuoteen 2050 mennessä leikattava 40 prosenttia (mahdollisuuksien mukaan 50 prosenttia) vuoden 2005 tasosta.

Kilpailukykyisen ja resurssitehokkaan vision saavuttamiseksi komissio esittää kymmenen tavoitetta, jotka liittyvät uusien ja kestävien polttoaineiden ja käyttövoimajärjestelmien kehittämiseen ja käyttöönottoon, multimodaalisten logistiikkaketjujen suorituskyvyn optimointiin, liikenteen ja infrastruktuurin käytön tehokkuuden lisäämiseen tietojärjestelmien ja markkinaehtoisten kannustimien avulla.

EU:n komissio valmistaa parhaillaan ehdotuksen laivaliikenteen polttoainekulutuksen seuranta- ja raportointisääntelyksi, jonka tarkoituksena on pohjustaa mahdollista EU:n alueellista järjestelmää merenkulun kasvihuonekaasupäästöjen vähentämiseksi. Ehdotus on tarkoitus esitellä vuonna 2013.

2.3. EU:n komissio – ”puhdasta energiaa liikenteessä”

Euroopan komissio antoi 24 päivänä tammikuuta 2013 tiedonannon eurooppalaisesta vaihtoehtoisten polttoaineiden strategiasta (KOM(2013) 17 lopullinen) sekä ehdotuksen Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiiviksi vaihtoehtoisten polttoaineiden infrastruktuurin käyttöönotosta (KOM(2013) 18 lopullinen) sekä komission työasiakirjan LNG:n käytön edistämisestä merenkulussa. Tiedonanto kattaa kaikki eri liikennemuodot ja niille soveltuvat vaihtoehtoiset polttoaineet ja käyttövoimat, joita ovat sähkö, vety, kaasu (LNG, CNG, LPG) sekä nestemäiset biopolttoaineet.

Direktiiviehdotus sisältää meriliikenteen osalta säännökset LNG-jakelun minimi-infrastruktuurista. LNG:n saantia laivoille veloitetaan järjestämään 139 TEN-T ydinverkon merisatamissa vuoden 2020 loppuun mennessä ja sisäsatamissa 2025 mennessä. Ydinverkon satamia Suomessa ovat Kotka/Hamina, Helsinki ja Turku/Naantali.

Direktiiviehdotuksen tavoitteena on myös yhtenäistää standardit laivaliikenteen LNG:n jakelun sekä maasähkön käytön osalta.

Jäsenvaltioiden on direktiiviehdotuksen mukaan laadittava toimintaohjelma, jossa tulee esittää vaihtoehtoisten käyttövoimien tilannekatsaus, tavoitteet sekä yleistymiseen tarvittava infrastruktuuri ja muut toimenpiteet.

3. Laivojen voimanlähteet

Laivojen voimanlähteenä käytetään nykyään lähes poikkeuksetta dieselmoottoreita. Dieselmoottori voi toimia monilla polttoaineilla, raskaan polttoöljyn ja dieselöljyn lisäksi mm. biodieselillä, jota valmistetaan esim. öljykasveista, tai tietyillä kasviöljyillä jopa sellaisenaan. Nestemäisten polttoaineiden lisäksi voidaan polttoaineena käyttää myös maaka-

sua. Kaksoispolttoainemoottoreissa (dual fuel engine) voidaan käyttää sekä öljyä että LNG:tä.

Vaihtoehdot, jotka sopivat korvaamaan raskasta polttoöljyä tai moottoritekniikka on olemassa

- Fossiiliset polttoaineet
 - Perinteinen raskas polttoöljy (HFO) ja kevyet polttoöljyt (MDO, MGO)
 - Nesteytetty metaani (LNG)
 - Synteettinen dieselpolttoaine esim. maakaasusta (GTL) tai hiilestä (CTL)
 - Nestekaasu (LPG)
- Biopolttoaineet, toisen tai korkeamman sukupolven (ei ruokaketjussa)
 - Biometaani, esim. nesteytetty LBG
 - Eläinrasvat esteröityinä tai vetykäsittelyinä
 - Mäntyöljy ja vastaavat jatkojalostettuna, esim. vetykäsittelyinä
 - Biomassasta nestemäiset polttoaineet kaasutus/nesteytys-prosessilla (BTL)
- Biopolttoaineet, ensimmäisen sukupolven
 - Kasviöljyt tai niiden jatkojalosteet (esim. esterit, vetykäsittelyt)

Vaihtoehdot, joille moottoritekniikkaa ei ole kaupallistettu vesiliikenteeseen

- Fossiilinen metanoli ja DME (dimetyylieetteri) maakaasusta
- Toisen sukupolven biopolttoaineita: biometanoli (tai muut alkoholit), bio-DME ja pyrolyysiöljyn johdannaiset

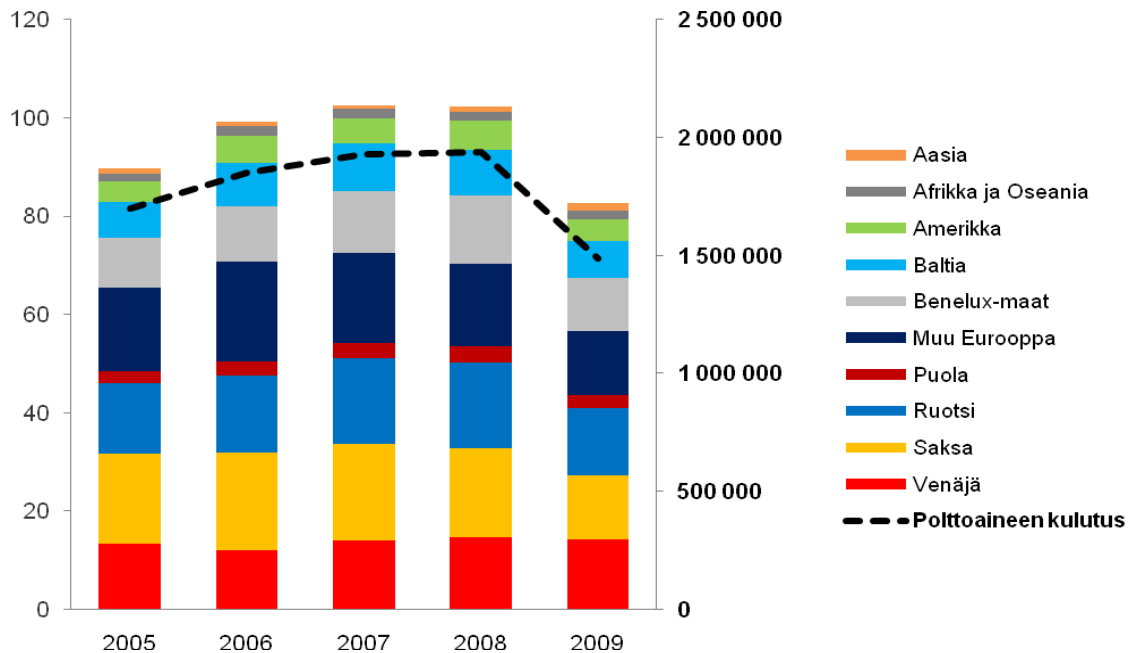
3.1. Suomen vesiliikenteen polttoaineen kulutus

Suomeen suuntautuvan meriliikenteen polttoainekulutusta on arvioitu eri menetelmillä ja keskimääräinen vuosittainen polttoainekulutus on noin 2 miljoonaa tonnia. Liikenne- ja viestintäministeriön teettämän selvityksen¹ mukaan vuonna 2011 Suomessa käyneiden alusten arvioitu polttoainekulutus oli noin 2,2 miljoonaa tonnia ja suomalaisten laivojen 0,38 miljoonaa tonnia. Selvityksessä käytettiin tunnistedataa laivojen liikkumisesta Itämerellä (AIS, automaattinen tunnistejärjestelmä) ja allokoitiin Suomessa käyneille laivoille Suomeen kohdistuvan liikenteen osuus polttoaineenkulutuksesta.

Suomeen suuntautuvan meriliikenteen polttoaineen kokonaiskulutus arvioituna Sito Oy:n laatimalla MERIMA-mallilla² oli vuoden 2009 osalta noin 1.5 miljoonaa tonnia. Malli laskee suomalaisista satamista ulkomaisiin satamiin (vientii ja tuontii) suuntautuvan laivaliikenteen polttoaineen kulutuksen. Kuvassa 1 esitetään vuosien 2005 – 2009 polttoaineen kulutus MERIMA-mallin mukaan. Vasemmalla pystyakselilla on kuljetettu lasti (milj. t./vuosi) ja oikealla pystyakselilla on polttoaineen kulutus/t/vuosi).

¹ Turun yliopisto/Merenkulkualan koulutus- ja tutkimuskeskus, Laivapolttoaineen rikkipitoisuus vuonna 2015. Selvitys IMO:n uusien määräysten vaikutuksesta kuljetuskustannuksiin, LVM:n julkaisuja 20/2009

² Ilkka Salanne, Kari Mäkelä, Pekka Saarto ja Marko Tikkanen. MERIMA – Suomen kansainvälisen meriliikenteen päästöt –tietokonemalli. Tulosraportti 2005-2009. Trafir julkaisuja 14/2011, Liikenteen turvallisuusvirasto, Helsinki 2011.



Kuva 1: Polttoaineen kulutus vuosina 2005-2009

Vuosina 2008 - 2010 laivat tankkasivat Suomessa noin 150 000 – 350 000 tonnia raskasta polttoöljyä ja 40 000 – 80 000 tonnia kevyitä polttoöljyjä. Kokonaisvolyymi on ollut siis suuruusluokkaa 200 000 – 450 000 tonnia ja vähärikkisten kevyiden polttoöljyjen osuus noin 25 prosenttia. Luvut perustuvat meriliikenteen polttoaineiden valmistajien, myyjien ja maahantuojien ilmoituksiin.

Suomen vesiliikenteen polttoaineen kulutusta voidaan arvioida VTT:n laatiman MEERI – mallin avulla (ks. www.lipasto.fi³). MEERI 2011 -laskentajärjestelmä kattaa suomalaisiin satamiin suuntautuvan laivaliikenteen Suomen talousalueella mukaan lukien rannikon ja sisävesialueen satamat. Ulkomaanliikenteessä matkoiksi on oletettu etäisyys satamasta Suomen talousalueen uloimpaan pisteeseen, Ahvenanmaan eteläpuolella sijaitsevaan ns. "kolmikantapisteeseen". Poikkeuksena tietyille ulkomaan matkustajaliikennereiteille käytetään todellisia etäisyyksiä. MEERI-raportin mukainen vesiliikenteen polttoaineenkulutus Suomen talousalueella on esitetty taulukossa 1.

Taulukko 1. Vesiliikenteen polttoaineenkulutus Suomen talousalueella 2011.

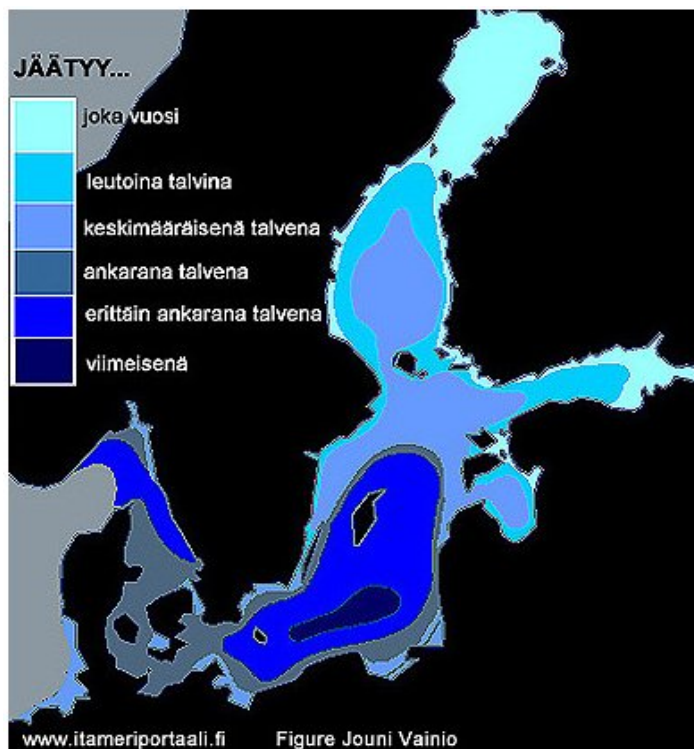
	Polttoaineen kulutus [t/a]
Satamat	106 503
Väylät	598 480
Risteilyalukset	2 890
Huviveneet	51 320
Kalastus- ja työveneet	64 885
Lautat ja lossit	6 021
Jäänmurtajat	26 463
Yhteensä	856 562

³ Mäkelä, K. et al. Suomen vesiliikenteen päästöjen laskentajärjestelmä. MEERI 2011. Tutkimusraportti VTT-R-03248. LIPASTO-malli, Kari Mäkelä, VTT. (<http://lipasto.vtt.fi/index.htm>).

3.2. Jäävahvistettujen laivojen polttoainekulutus

IMO:n uusiin EEDI-määräyksiin sisältyy myös Suomen ehdotus siitä, että jäävahvistettujen laivojen erityisominaisuudet tulee ottaa huomioon määräysten soveltamisessa, jotta nämä laivat eivät joutuisi epäedulliseen asemaan yksinomaan avovedessä purjehtiviin laivoihin nähden. Jäävahvistettujen laivojen konetehto on avovesilaivojen konetehoa suurempi, samoin kuin niiden rungon lujuus ja tämä lisää näiden laivojen polttoainekulutusta verrattuna ainoastaan avovedessä kulkeviin laivoihin.

Liikenteen turvallisuusvirasto Trafi teki vuonna 2012 alustavan selvityksen jäävahvistuksen vaikutuksesta polttoainekulutukseen. Selvityksen kohteena olivat Suomen lipun alla purjehtivat 1A Super jääluokkaan kuuluvat laivat. Selvitys ei vielä sisällä Pohjanlahden ja Perämeren liikenteen kulutusta, koska tästä ei vielä ollut riittävästi tietoa saatavilla.



Alustavat johtopäätökset Etelä-Suomen ulkomaanliikenteen osalta:

1) jäävahvistuksen vaikutus

Jäävahvistetulla laivalla on suurempi konetehton tarve avovesilaivoihin verrattuna ja näin ollen suurempi polttoaineen kulutus seuraavista syistä:

- potkurin huonompi hyötysuhde lisää tehon tarvetta 2 %.
- rungon muodon vaikutus riippuu keulan muodosta seuraavasti:

laivalla on bulbi	0 %
laivalla on jääbulbi	3 %
laivalla on 'kevyt' jääkeula (rankakulma n. 40°)	7 %
laivalla on jääkeula	13 %
- kantavuuden pieneneminen lisää tehon tarvetta 4.5 %

1A Super-jääluokan aluksen polttoaineenkulutus olisi siis ympäri vuoden runkomuodosta riippuen noin 6,5 – 19,5 % suurempi kuin vastaavan kokoisien avovesilaivojen polttoaineen kulutus.

2) jäissäkulun vaikutus polttoaineen kulutukseen

Yksittäisellä matkalla jääolosuhteista riippuen voi polttoaineen kulutus kasvaa jäissä liikuttaessa jopa 20 – 45 % avovesiajoon verrattuna.

Keskimäärin polttoaineen kulutus kasvaa talvikuukausina (tammi-maaliskuu) noin 8 % syyskuukausiin (loka-joulukuu) verrattuna.

3.3. Laivojen käyttämät polttoaineet ja päästöjenkäsittelylaitteet

Ennen toista maailmansotaa laivojen dieselmootoreissa käytettiin yksinomaan kevyitä polttoöljyjä, mutta nykyään laivoissa käytetään polttoaineena pääsääntöisesti raskasta polttoöljyä (Heavy Fuel Oil, HFO/Intermediate Fuel Oil, IFO), jonka käyttö lisääntyi voimakkaasti 1970 ja 1980-luvuilla öljykriisien jälkeen öljyn hinnan noustua jyrkästi. Raskas polttoöljy on pääsääntöisesti erittäin rikkipitoista, ks. kuva 2.

Tällä hetkellä rikkipitoisuusraja on 1.0 % IMO:n hyväksymillä rikin oksidipäästöjen valvonta-alueilla (SOx Emission Control Area, SECA), joita ovat mm. Itämeri, Pohjanmeri ja Englannin kanaali sekä Pohjois-Amerikan mantereen alue. Muilla merialueilla laivoilla käytettävien polttoaineiden suurin sallittu rikkipitoisuus on 3.5 %. SECA-alueilla käytettävien polttoaineiden suurin sallittu rikkipitoisuus alenee 0.1 %:iin 1.1.2015 ja muilla merialueilla käytettävien polttoaineiden suurin sallittu rikkipitoisuus alenee 0.5 %:iin 1.1.2020 tai viimeistään 1.1.2025 riippuen vähärikkisen polttoaineen saatavuudesta. IMO:n säännökset mahdollistavat päästöjen vähentämisen myös teknologisilla ratkaisuilla, kuten rikkipesureilla.

Pienissä aluksissa ja suurten alusten apukoneissa käytetään nykyään kevyitä polttoöljyjä kuten meridieseliä (Marine Diesel Oil, MDO) tai meriliikenteen kaasuöljyä (Marine Gas Oil, MGO, rikkipitoisuus maksimissaan 0,1 %), joiden rikkipitoisuus on merkittävästi pienempi kuin raskaan polttoöljyn rikkipitoisuus. MDO:sta ja MGO:sta käytetään myös yhteisnimeä kevyt polttoöljy. Näiden tislattujen polttoaineiden hinta on korkeampi kuin raskaan polttoöljyn, johtuen muun muassa valmistusprosessin kustannusrakenteesta. Jalostamon myyntikate syntyy tislattujen polttoaineiden myynnistä. Raskaan polttoöljyn hinta on pidempään ollut raaka-aineen eli raakaöljyn hintaa alhaisempi, mikä johtuu muun muassa öljy-yhtiöiden tavoitteesta päästä eroon niin sanotusta pohjaöljystä, jota ne eivät enää pysty jatkojalostamaan.

3.3.1. Dieselöljyt ja kevyet polttoöljyt

Raakaöljyn jakotislauksen yksi tuote on dieselöljy- ja kevyt polttoöljyjäe, jota kutsutaan myös kaasuöljyksi, ks. liite 2. Kaasuöljyjä saadaan myös tyhjötislauksen ja krakkausprosessien tuotteina. Diesel- ja kevyet polttoöljyt ovat hiilivetyseoksia, joiden kiehumisalue on +150...370°C. Yleisimmät hiilivedyt ovat 14-19 hiiliatomin yhdisteitä. Dieselöljyt ovat läpikuultavia, väriltään kirkkaita, kellertäviä tai ruskehtavia nesteitä. Diesel- ja kevyistä polttoöljyistä poistetaan lähes kaikki rikki.

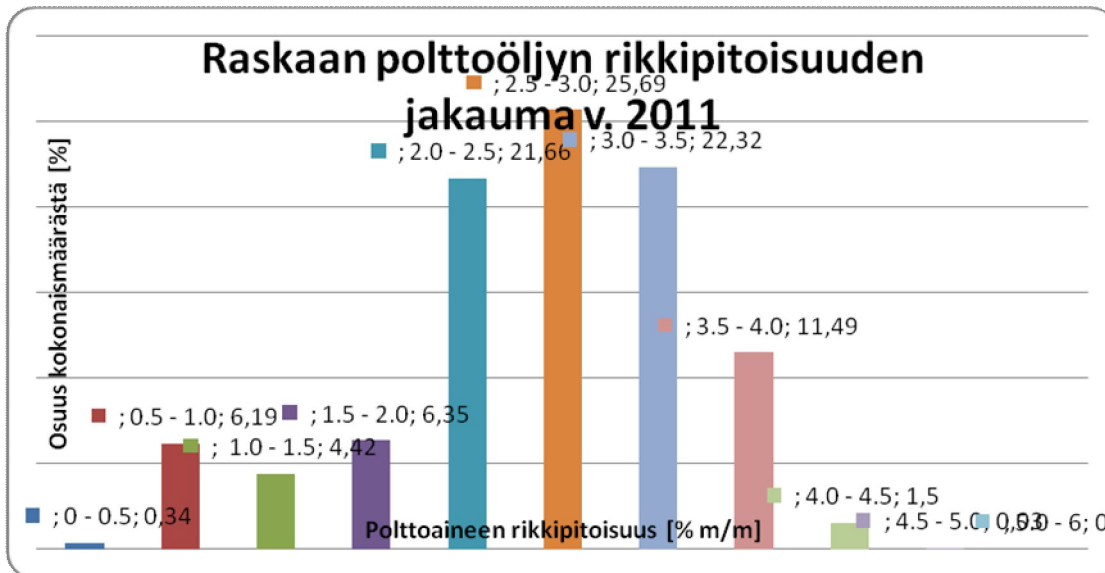
Raskaat polttoöljyt

Raskaat polttoöljyt valmistetaan raakaöljyn tislautumattomasta jakeesta eli jakotislauksen pohjaöljystä. Pohjaöljy voidaan käyttää sellaisenaan tai sitä voidaan jatkojalostaa tyhjötislauksessa.

Raskas polttoöljy on kevyttä polttoöljyä raskaampaa sekä rikkipitoisempaa. Se sisältää enimmäkseen C₁₉-C₃₅-hiilivetyjä ja sitä käytetään lämmityspolttoaineena ja teollisuuden voimanlähteenä. Laivoille myytävää laivapolttoainetta sanotaan bunkkeriöljyksi, ja se on muunnettua raskasta polttoöljyä, jonka setaaniluku on korkea.

Raskas polttoöljy on ruskeaa tai lähes mustaa, laadusta riippuen melko juoksevaa tai hyvinkin jäykkäliikkeistä nestettä. Se sisältää suurimolekyylisiä hiilivetyjä, jotka kiehuvat yli 350 °C:een lämpötilassa. Raskasta polttoöljyä ja bunkkeriöljyä valmistetaan useita laatuja, jotka eroavat toisistaan lähinnä viskositeetin ja rikkipitoisuuden suhteen. Hyvät poltto-ominaisuudet varmistetaan rajoittamalla hiiltojäännöspitoisuutta (kuvaa vaikeasti palavien hiilivetyjen osuutta) ja lisäämällä palamista edistävää apuainetta.

Suurin osa raakaöljyn rikistä on sitoutunut suurimolekyylisiin yhdisteisiin. Niistä taas jopa 80...90 % rikastuu pohjaöljyihin, joiden rikkipitoisuus vaihtelee raakaöljyn laadun mukaan. Raskaan polttoöljyn rikinpoisto on niin kallista ja hankalaa, että käytännössä ainoa mahdollisuus vaikuttaa sen rikkipitoisuuteen on käyttää vähärikkisiä raakaöljyjä. Markkinoilla on raskaita polttoöljyjä, joiden rikkipitoisuus on alle 0.5 %, mutta ko. laatuja saavutus on hyvin rajoitettua, ks. kuva 2. Rikkipitoisuutta voidaan alentaa myös sekoittamalla raskaaseen polttoöljyyn kevyempiä öljylaatuja. Käytännössä raskaan polttoöljyn alhaisin rikkipitoisuus, joka näillä keinoin voidaan saavuttaa, on noin 1.0 %. Jos tarvitaan suuria määriä polttoöljyä, jonka rikkipitoisuus on alle 0.5 %, joudutaan siirtymänä kevyiden polttoöljyalaatujaan käyttöön tai asentamaan alukselle rikkipesuri.

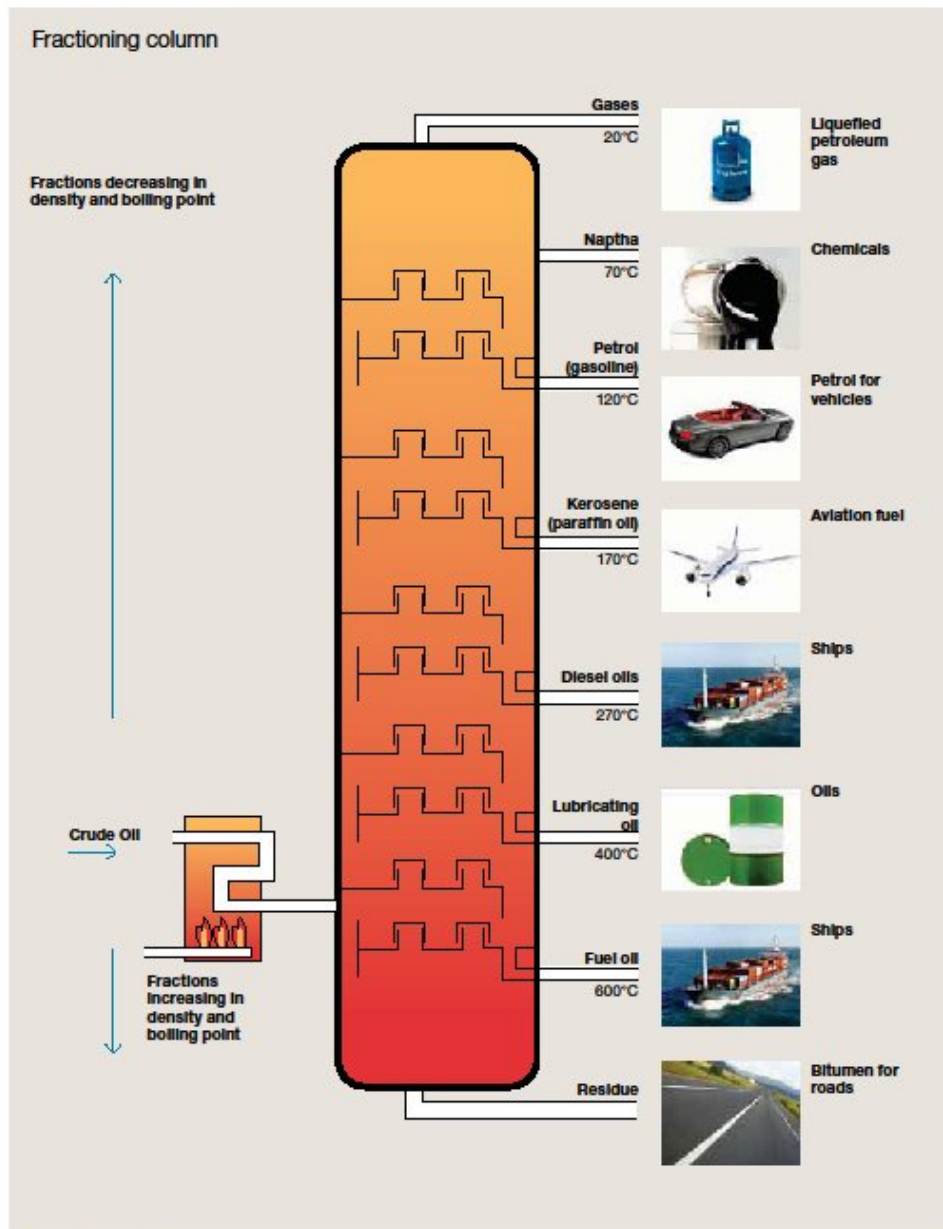


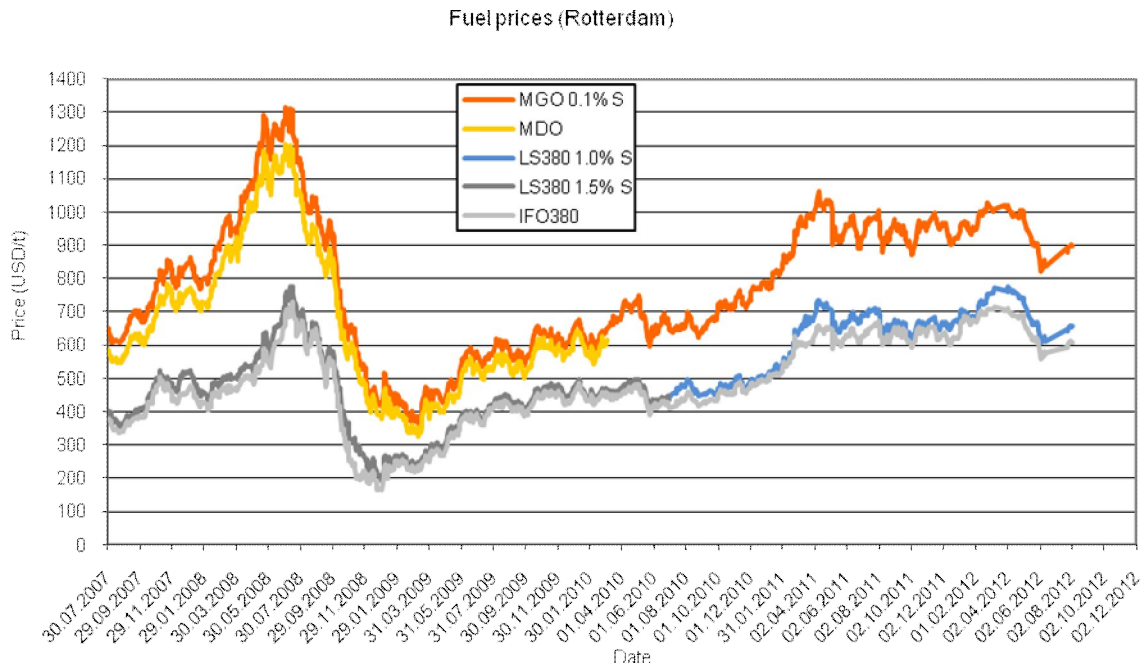
Kuva 2. Meriliikenteen käyttämän raskaan polttoöljyn rikkipitoisuusjakauma v. 2011 (IMO)

Merenkulun eri polttoainelaatuja hintakehitys on esitetty kuvassa 3. Kuvan kaksi ylintä käyrää kuvaavat kevyiden polttoöljyalaatuja hintakehitystä ja kaksi alinta käyrää raskaiden polttoöljyalaatuja hintakehitystä. Kuvasta voidaan havaita, että polttoaineiden hinnat ovat vaihdelleet viime vuosina melkoisesti, mutta kevyiden ja raskaiden laatuja välinen hintaero on ollut viime vuosina melko vakio, noin 200 – 300 USD/t eli nykyisellä kurssilla 150 – 230 €/t.

Raakaöljystä valmistettavat polttoainejakeet:

FUEL OIL AND INSURANCE CLAIMS





Kuva 3. Laivapolttoaineiden hintakehitys vv. 2007 – 2012. Kuvan kaksi ylintä käyrää kuvaavat kevyiden polttoöljyalaatujen hintakehitystä ja kaksi alinta käyrää raskaiden polttoöljyalaatujen hintakehitystä.

3.3.2. SO_x-päästöt ja rikkipesurit

Rikkipesurin avulla voidaan pakokaasujen rikin oksidipitoisuutta alentaa jopa samalle tasolle, kuin jos polttoaineena olisi alle 0,1 % rikkiä sisältävä kaasuöljy, vaikka polttoaineena käytettäisiin runsasrikkistä raskasta polttoöljyä. Markkinoilla on tällä hetkellä kolmen tyyppisiä pesureita, ns. merivesipesuri, makean veden pesuri tai suljetun kierron pesuri (lipeäpesuri) ja kuivapesuri. Rikkipesurien käyttö mahdollistaa siis korkearikkisten raskaiden polttoöljyalaatujen käytön laivoissa myös tulevaisuudessa. Itämeren alkaliteetti on merivesipesurille liian alhainen.

Jos polttoaineena käytetään raskasta polttoöljyä ja rikin oksidit poistetaan pakokaasuisista, aiheutuvat lisäkustannukset rikkipesurin hankinnasta ja sen asentamisesta laivaan.

Taulukossa 2 on esitetty eräiden SECA-alueilla nykyään purjehtivien laivojen arvioidut polttoainekustannukset, kun polttoaineena käytetään raskasta polttoöljyä, jonka rikkipitoisuus on alle 1,0 % (ks. neljäs sarake). Taulukon kuudennessa sarakkeessa on esitetty polttoainekustannukset ja rikkipesurin hankinnasta aiheutuvat kokonaiskustannukset ja viimeisessä sarakkeessa polttoainekustannukset, jos polttoaineena käytettäisiin kevyttä vähärikkistä polttoainetta.

Taulukosta 2 nähdään, että raskaan ja kevyen polttoöljyn nykyisen hintaeron ollessa 300 USD/t (noin 230 €/t), lisää alle 0,1 % rikkiä sisältävän polttoaineen käyttö ko. laivojen polttoainekuluja noin 50 %. Jos sen sijaan käytetään raskasta polttoöljyä ja rikkipesureita, on kustannustason nousu huomattavasti maltillisempaa, noin 8,4 %. Tässä esitetty tarkastelu on hyvin karkea ja esim. rikkipesureiden vaatimia huolto ym. kustannuksia ei ole arvioitu, mutta laskelma osoittaa sen, että raskas polttoöljy on kilpailukykyinen polttoainevaihtoehto myös tulevaisuudessa.

Taulukko 2. Eräiden SECA-alueella purjehtivien alusten polttoainekulut.

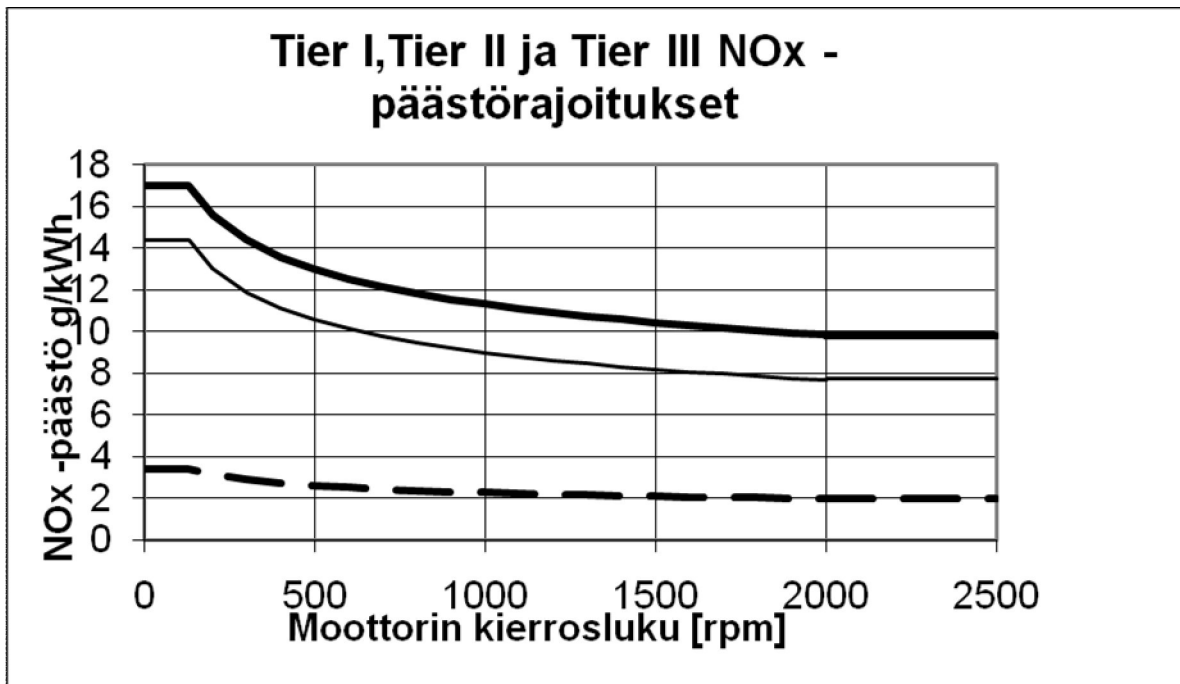
Alusten polttoaineen kulutukseksi on arvioitu 190 g/kWh. Neljännessä sarakkeessa on alusten nykyiset vuotuiset polttoainekulut, kun polttoaineen hinnaksi on arvioitu 600 USD/t (n 460€/t). Viidennessä sarakkeessa on rikkipesurin asentamisen aiheuttamat vuotuiset kustannukset. Kustannukset on laskettu olettamalla rikkipesurin hinnaksi 300 USD/kW (n 230€/t), käyttöajaksi 10 vuotaa ja korkotasoksi 10 %. Kuudennessa sarakkeessa on esitetty yhteenlasketut polttoaine- ja rikkipesurikustannukset. Viimeisessä sarakkeessa on esitetty ko. alusten arvioidut polttoainekustannukset olettaen, että kaikki alukset käyttäisivät vähärikkistä kevyttä polttoöljyä, jonka hinnaksi on arvioitu kuvan y perusteella 900 USD/t (n 690€/t).

Alustyyppi	Kone-teho [kW]	Purjehdusaika [h/a]	Polttoainekulut (1,0 % S) [USD]	Rikkipesurin vuotuiset pääomakustannukset [USD]	Polttoaine- ja rikkipesurikustannukset (1,0 % S) (USD)	Polttoainekulut (0,1% S) (USD)
Matkustaja-alus (34 400 GT)	26 400	6 000	18 057 600	1 171 767	19 229 367	27 086 400
Matkustaja-alus (20 000 GT)	17 500	6 000	11 970 000	776 739	12 746 739	17 955 000
Roro -alus (6 400 GT)	2 200	4 000	1 003 200	97 647	1 100 847	1 504 800
Roro -alus (23 000 GT)	18 000	4 000	8 208 000	798 932	9 006 932	12 312 000
Rannikkotankkeri (11 500 GT)	6 200	4 000	2 827 200	275 188	3 102 388	4 240 800
Kuivalastialus (3 200 GT)	3 300	4 000	1 504 800	146 471	1 651 271	2 257 200
Konttialus (93 500 GT)	63 000	4 000	28 728 000	2 796 262	31 524 262	43 092 000
Feeder (3000 GT)	3 000	4 000	1 368 000	133 155	1 501 155	2 052 000
Kuivalastialus (5200 GT)	3 800	4 000	1 732 800	168 663	1 901 463	2 599 200
Yhteensä			75 399 600		81 764 424	113 099 400

Raskaan polttoöljyn ja rikkipesurin käyttö tuottaa myös jonkin verran öljyistä jätettä, joka aiheutuu rikkipesurin jätevesien puhdistuksesta. Teollisuuden arvion mukaan rikkipesurin käyttö lisää kerätyn lietteen seurauksena laivalla syntyvän öljyjätteen määrää noin 10 %. Rikkipesureiden pesuveden voi päästää mereen, jos se täyttää IMO:n asettamat kriteerit.

3.3.3. NO_x-päästöt ja SCR-jälkikäsittely

Typenoksideja (NO_x) syntyy aina palamisen yhteydessä vaikka polttoaine ei sisältäisikään typpeä. Tämä johtuu siitä, että ilman tilavuudesta on noin 78 % typpeä, joka hapettuu korkeissa lämpötiloissa oksideiksi. Typenoksideilla tarkoitetaan typpimonoksidia (NO) ja typpidioksidia (NO₂). Suurin osa ulkoilman typenoksidien pitoisuuksista aiheutuu liikenteen päästöistä. Typenoksidit aiheuttavat terveys- ja ympäristöhaittoja. Eniten terveyshaittoja aiheuttava typenoksidi on typpidioksidi, joka tunkeutuu syvälle hengitysteihin. Se lisää hengityselinoireita erityisesti lapsilla ja astmaatikoilla sekä korkeina pitoisuuksina supistaa keuhkoputkia. Typpidioksidi voi lisätä hengitysteiden herkkyyttä muille ärsykkeille, kuten kylmälle ilmalle ja siitepölyille. Osa ilman tpestä laskeutuu vesistöihin aiheuttaen rehevöitymistä ja happamoitumista. Merenkulun osuudeksi Itämeren typpi-kuormituksesta vuonna 2007 on arvioitu noin 12 400 tonnia, joka vastaa noin 1,25 % Itämeren kokonaistyyppi-kuormituksesta.



Kuva 4. IMO:n typenoksidimääräykset dieselmoottoreille.

IMO:n vuonna 2008 hyväksymien määräysten mukaan dieselmoottoreiden typenoksidipäästöjä rajoitetaan kolmessa vaiheessa: Tier I, Tier II ja Tier III, ks. kuva 4. Tier II –määräykset tulivat voimaan 1.1.2011 ja ne voidaan täyttää moottorien tekniikkaa parantamalla. Tier III –määräykset tulevat voimaan 1.1.2016 ja ne koskevat typenoksidipäästöjen valvonta-alueita. Vuonna 2016 ja sen jälkeen rakennettujen laivojen tulee vähentää NOx-päästöt noin 75 prosenttia nykytasosta kun ne purjehtivat tällaisella valvonta-alueella (NECA-alue).

Tällä hetkellä Pohjois-Amerikan mantereen alue (USA ja Kanada) sekä Yhdysvaltain Kariibianmeren alue ovat ainoita tällaisia NECA-alueita. Itämeren maat neuvottelevat parhailaan HELCOMin puitteissa hakemuksen lähettämistä IMO:lle Itämeren alueen nimeämiseksi typenoksidipäästöjen valvonta-alueeksi ja Pohjanmeren maat ovat myös käynnistäneet prosessin Pohjanmeren alueen mahdolliseksi nimeämiseksi NECA-alueeksi.

Kun dieselmoottorin polttoaineena käytetään polttoöljyä, voidaan Tier III–määräykset nelitahtimoottoreiden osalta täyttää katalysaattorin (Selective Catalytic Reduction, SCR) avulla ja kaksitahtimoottoreiden osalta on myös mahdollista käyttää pakokaasujen takaisinkierrätystä. Dual-fuel dieselmoottorit täyttävät Tier III–määräykset, jos polttoaineena käytetään maakaasua.

Teollisuuden mukaan katalysaattoria voidaan käyttää myös siinä tapauksessa, että alus käyttää raskasta polttoöljyä ja rikkipesuria. Tämä kuitenkin nostaa katalysaattorin hintaa arviolta noin 40 %. SCR katalysaattorien käytöstä meriliikenteessä yhdistettynä rikkipesuriin ei ole vielä saatavilla paljonkaan tietoa.

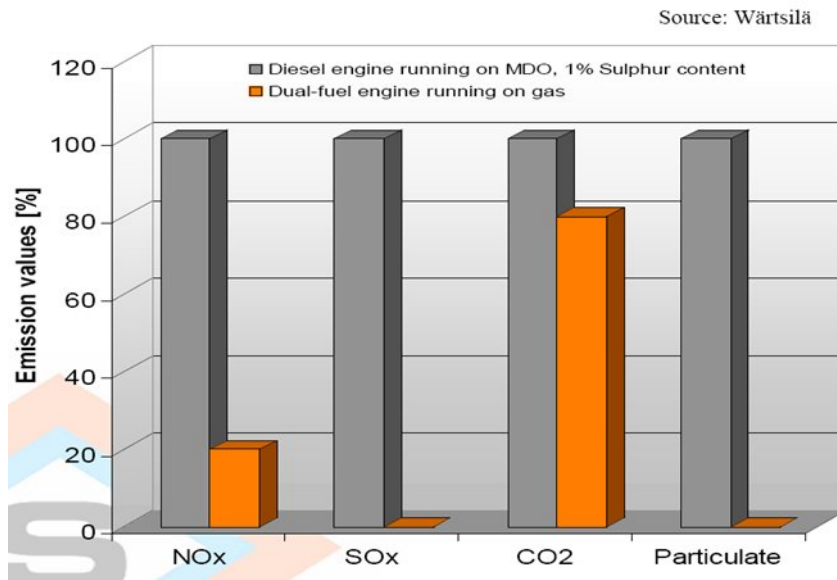
4. Polttoainevaihtoehdot

4.1. Nesteytetty maakaasu LNG

Raskaan polttoöljyn ja kevyiden polttoöljyjen käytön vaihtoehdoksi on nousemassa nesteytetyn maakaasun (LNG) käyttö laivapolttoaineena.

LNG:n käyttö pienentää laivojen haitallisia päästöjä huomattavasti. Rikkioksidipäästöt vähenevät lähes täysin, typenoksidipäästöt vähenevät merkittävästi ja täyttävät

MARPOL-yleissopimuksen ilmansuojeluliitteen uudet vaatimukset (Tier III). LNG:n käyttö polttoaineena pienentää lisäksi meriliikenteen hiukkaspäästöjä huomattavasti ja vaikuttaa vähentävästi laivojen CO₂-päästöihin. Päästövähennykset parantavat suurimpien satamakaupunkien sekä rannikkoseutujen ilmanlaatua sekä Itämeren tilaa (kuva 5).



Kuva 5. Vertailu LNG:n ja MDO:n (1%) käytön vaikutuksesta laivapäästöihin

LNG:n käyttöönotto laivojen polttoaineena sekä LNG-infrastruktuurin rakentaminen luovat hyvät edellytykset myös nesteytetyn biometaanin (LBG) käyttöönotolle laivaliikenteessä pidemmällä aikavälillä.

STX Finland Oy ja Wärtsilä Oy solmivat vuonna 2011 sopimuksen maailman suurimman LNG -käyttöisen matkustaja-autolautan rakentamiseksi. Viking Grace –alus aloitti liikennöinnin Turun ja Tukholman välisellä reitillä tammikuussa 2013. Aluksessa on neljä ns. dual-fuel eli kaksoispolttoainedieselmoottoria ja LNG:n varastointi- ja syöttöjärjestelmä (LNGPac). Dual-fuel moottoreissa voidaan käyttää polttoaineena LNG:tä, raskasta polttoöljyä tai dieselöljyä. Tämä mahdollistaa aluksen operoinnin vaikka LNG -toimituksissa olisi häiriöitä. LNGPac –järjestelmän kylmän talteenottojärjestelmää voidaan käyttää apuna laivan ilmastointijärjestelmää käytettäessä, joka vähentää laivan jäähdytyskompressorien energian tarvetta. Käyttämällä LNG:tä polttoaineena, alus täyttää kaikki nykyiset ja lähivuosina voimaan tulevat SECA –ja NECA –määräykset.

4.2. Biopolttoaineet

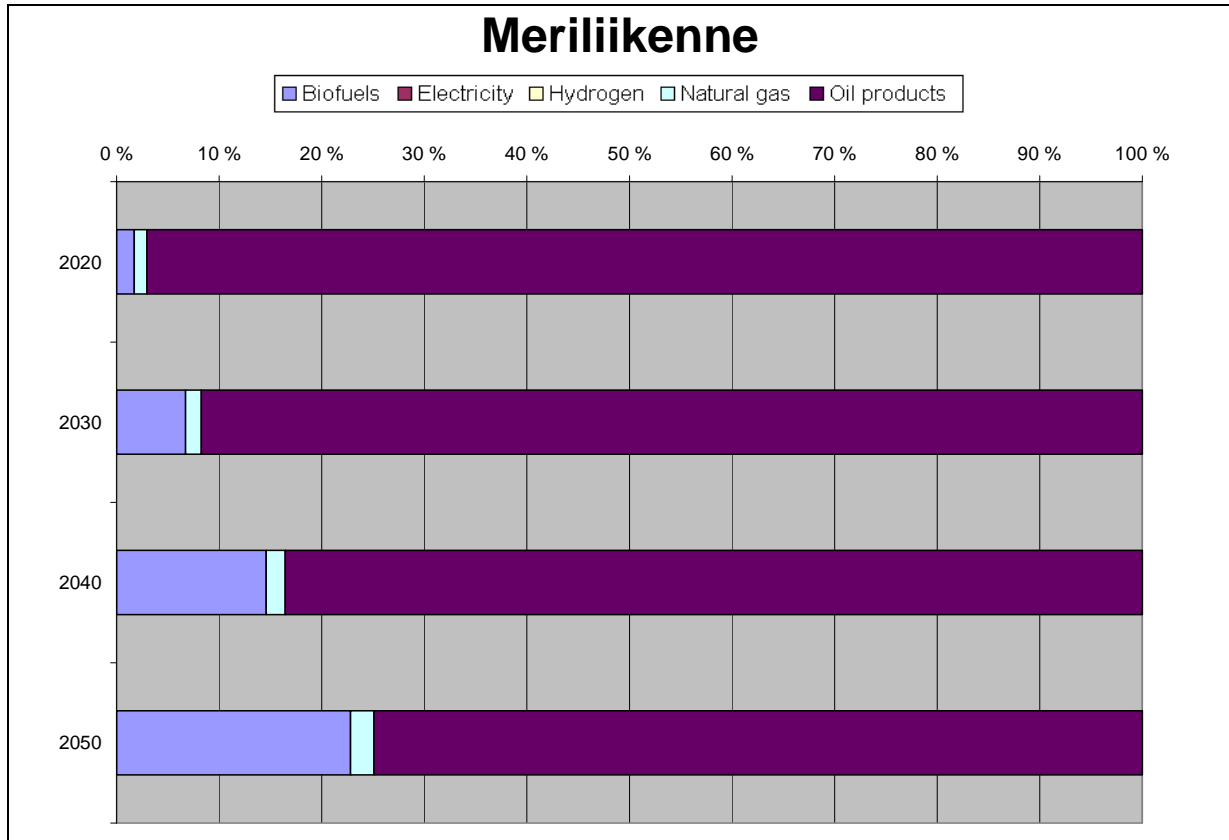
Tässä luvussa käsitellään meriliikenteen muita polttoainevaihtoehtoja kuin LNG:tä. Vaihtoehtoisia polttoaineita perinteisten polttoaineiden ja LNG:n lisäksi ovat mm. LPG, meta-noli (tai muut alkoholit), DME, erilaiset öljyt ja rasvat, mukaan lukien pyrolyysiöljy, sekä niiden johdannaiset. Erilaisia polttoainevaihtoehtoja voidaan valmistaa sekä fossiilisista että bioraaka-aineista, kuten raakaöljystä, maakaasusta, lignoselluloosa-pohjaisesta biomassasta, biojätteistä, kasviöljyistä ja eläinrasvoista.

4.2.1. Biopolttoaineiden saatavuus ja valmistus Suomessa

Erialaisten biopolttoaineiden saatavuus, hinta ja käyttömahdollisuudet ovat monen tekijän summa, mutta kestävän kehityksen mukaisten biopolttoaineiden saatavuus on ylipäättään vielä verrattain heikko. Erityisen ongelmallisia ovat ruoan tuotannon kanssa kilpailevat

biopolttoaineet ja vaatimukset polttoaineiden kestävä kehityksen mukaisuudesta on nostettu enenevässä määrin esille.

IEA (2011)⁴ arvioi, että globaalisti vesiliikenteen polttoaineista 3,5 EJ (84 Mtoe) voisi olla biopolttoaineita vuonna 2050, kun nykyisin meriliikenteen polttoaineiden kulutus kokonaisuudessaan on noin 350 Mtoe. Tämä on hyvin linjassa EU-27 alueella vuonna 2050 odotettavan biopolttoaineiden osuuden kanssa (kuva 6).



Kuva 6. Meriliikenteen odotettu käyttövoimajakauma EU-27 alueella 2020-2050.

TEM (2010) on arvioinut Suomen kotimaisiin raaka-aineisiin perustuvia bioenergian tavoitteita vuonna 2020 (taulukko 3). Suomen biomassaresurssit ovat pääasiassa metsä- ja maataloussektoreiden tuotteita. Kotimaisten bioraaka-aineiden saatavuus on vain osa Suomen koko energiatarpeesta, mutta noin kaksinkertainen liikennesektorin energiatarpeeseen verrattuna. Biopolttoaineiden saatavuutta on vaikea arvioida, sillä polttoainemarkkinat ovat globaalit eli kotimaisten raaka-aineiden saatavuus ei ratkaise biopolttoaineiden saatavuutta Suomessa ja toisaalta Suomessa valmistetut biopolttoaineet eivät välttämättä jää kotimarkkinoille. Lisäksi tulevaisuuden mahdolliset uudet biomassat voivat muuttaa biopolttoaineiden saatavuustilannetta.

⁴ IEA (2011) IEA Biofuels for Transport. © OECD/IEA. 2011.

Taulukko 3. Arvio (tavoite) uusiutuvan energian käytöstä ja saatavuudesta vuonna 2020 (TEM 2010⁵).

Bio/uusiutuva-tavoite Suomessa 2020*	Saatavuus Suomesta 2020*
Liikenne, bioenergia 6,9 TWh*	Metsä 92,6 TWh (8 Mtoe) ⁶
Lämpö&jäähdytys	Maatalous 5,7 TWh (~0,5 Mtoe)
• bioenergia 76 TWh	• energiakasvit ja olki 286 ktoe
• muu uusiutuva 7,6 TWh	• rypsi biodiesel 15 ktoe
Sähköntuotanto	• ohraetanoli 83 ktoe
• bioenergia 13 TWh	• lanta biokaasu 108 ktoe
• muu uusiutuva 20,4 TWh	Jätteet 2.2 TWh (190 ktoe, eläinrasvat ~15 ktoe)
Bioenergiatavoite yht. 95,8 TWh ** (~8,3 Mtoe)	Bioenergian saatavuus yht. 100,5 TWh
Energian loppukäyttö 2020: 322 TWh ~28 Mtoe (liikenne 59 TWh ~5,1 Mtoe 2010)	Maatalouden uudempi arvio 17 TWh ~1,5 Mtoe; Koljonen 2012 ⁷ .

*) Laskentakertoimet vaikuttavat tieliikenteen varsinaiseen tavoiteltavaan käyttömäärään.

***) Uusiutuvan energian tavoite yht. 123,8 TWh (2010 uusiutuva 108 TWh ja bioenergia 92,3 TWh)

Taulukossa 4 on esitetty tällä hetkellä tuotannossa ja suunnitteilla olevia biopolttoaineiden valmistusnäkyviä Suomessa. Kotimainen biopolttoainetuotanto koostuu toistaiseksi Nesteen NExBTL-biodieselistä ja St1:n bioetanolituoannosta sekä marginaalisista rypsiöljydieselin ja biokaasun tuotannosta. Nesteen NExBTL tuotantokapasiteetti Suomessa on noin vajaat 400 000 t vuodessa, mikä on kotimaisesta tuotannosta suurin osa. UPM on tehnyt investointipäätöksen mäntyöljypohjaisen parafiinisen dieselpolttoaineen tuotannosta. Tällä hetkellä haetaan myös NER-rahoitusta BTL- biojalostamolle Suomessa.

Hyvälaatuiset biopolttoaineet mitä todennäköisimmin ohjautuvat muille sektoreille, kuten tie- ja lentoliikenteeseen, kuin meriliikenteeseen. Lisäksi muille sektoreille asetetut biotavoitteet lisäävät niiden kilpailukykyä kalliimmista polttoaineista. Meriliikenteeseen "liian hyvälaatuisia" biopolttoaineita ovat parafiiniset uusiutuvat keskitisleet (vetykäsitellyt öljyt ja rasvat sekä BTL-keskitisleet) sekä etanoli.

Liikenteen biopolttoaineiden rinnalla esille on noussut myös pyrolyysiöljyn tuotanto. Fortum on tekemässä tuotantolaitosta Joensuuhun ja uusi yhtiö Green Fuel Nordic (GFN) on suunnittelemassa useammankin laitoksen rakentamista Suomeen.

Pyrolyysiöljy on liian huonolaatuista dieselmoottoreille, ja se vastanneekin lämmityssektorin tarpeisiin. Pyrolyysiöljy ei sellaisenaan ilman jatkojalostusta sovellu laivaliikenteen raskaan polttoöljyn korvaajaksi. Osa pyrolyysiöljystä saatetaan tulevaisuudessa jalostaa liikennekäyttöön sopivaksi. Mikäli jalostettu pyrolyysiöljy on "huonolaatuista" ja hinnaan kohtuullista, sillä voisi olla potentiaalia myös meriliikenteen polttoaineena, mutta tästä ei ole vielä tietoa. Meriliikenteen kannalta voisivat olla mielenkiintoisia myös eläinrasvat sellaisenaan tai esteröityinä, biometanoli ja bio-DME.

⁵ TEM (2010) Suomen kansallinen toimintasuunnitelma uusiutuvista lähteistä peräisin olevan energian edistämisestä direktiivin 2009/28/EY mukaisesti.

⁶ Puuston vuotuinen kasvu ylittänyt 100 miljoonaa kuutiometriä. Metla (2011) Metlan Valtakunnan metsien inventointi (VMI). Tiedote 17.6.2011.

⁷ Koljonen, T. et al. (2012) Suomalainen tulevaisuuden energialiiketoiminta – skenaariot ja strategiat, SALKKU-hankkeen yhteenvetoraportti, VTT Technology 25. Peltobiomassa kalvot Kaija Hakala, MTT.

Taulukko 4. Biopolttoaineiden valmistus ja mahdollisia näkymiä Suomessa (Nylund&Laurikko 2012⁸, Lampinen 2011⁹, Green Fuel Nordic 2011¹⁰, NER300 tiedotteet).

	Tuotannossa 2012	Suunnitteilla, mahdollisesti toteutuvat	Kommentti
Neste Oil uusiutuva NExBTL diesel, Porvoo ^a	380 ktoe ^a		Hyvälaatuisia uusiutuvia polttoaineita tarvitaan tieliikenteeseen esim. 550-800 ktoe 2020. Lentoliikenteessä on myös paineita. Suomen ilmaliiikenteen energiankulutus oli 366 kt vuonna 2008 ^d .
UPM vetykäsittely mäntyöljy		100 ktoe 2014 (investointipäätös)	
Vapo BTL-tuotanto, NER-rahoituslistalla ^b		115 ktoe	
St1 etanoli	7 ktoe (45 ktoe dehydraus)	150 ktoe 2020	
Neste Oil, bioetterit	~100 ktoe, josta bio ~34 ktoe		
Biometaani	<2 ktoe	150 ktoe 2016	
Pyrolyysiöljy - ei sovi nykymootoreille ilman jatkojalostusta		320 ktoe ^c	Vapaaehtoinen biotavoite lämmitysöljymarkkinoilla: 10 % 2016 (~ 200 ktoe).
Yhteensä	~ 420 ktoe	~ 515ktoe + 320 pyrol. ^c	

^a Neste Oil:n NExBTL laitokset myös Singaporessa ja Rotterdamissa á 800 kton/a Suomen tuotannon lisäksi.

^b Myös UPM Starcel, Ranska, NER-rahoituslistalla.

^c Fortum 50 ktoe 2013; Green Fuel Nordic suunnitelma 270 ktoe.

^d Mäkelä, K. ILMi-tietokanta. (<http://lipasto.vtt.fi/ilmi/paasto08.htm>)

4.2.2. Polttoainevaihtoehtojen käytettävyys

Merenkulussa nykyisiin moottoreihin sopivat keskistisleitä muistuttavat biopolttoaineet. Tämän lisäksi on kehitetty moottori nesteytetyn metaanin (LNG, LBG) käyttöön. Perinteiset laivojen polttoaineet ja LNG on käsitelty tämän raportin muissa luvuissa. Tieliikenteen biopolttoaineet on käsitelty pääraportissa. Kaiken kaikkiaan, tässä luvussa on arvioitu polttoainevaihtoehtoina kasviöljyjä ja eläinrasvoja, biodieseliä, parafiinisia uusiutuvia keskistisleitä, nesteytettyä biometaania (LBG), etanolia, metanolia, pyrolyysiöljyä, neste-kaasua (LPG) ja dimetyylieetteriä (DME). Näistä uuden moottoritekniikan kehittämistä laivoihin vaatisivat ainakin metanoli ja DME.

Kasviöljyt ja eläinrasvat

Kasviöljyt käyvät sellaisenaan hidaskäyntisille ja keskinopeille laivamoottoreille ilman kemiallista jatkokäsittelyä, kuten esteröintiä tai vetykäsittelyä. Pääosin eläinrasvat, ainakin nauta ja sika, vaativat vähintään esteröinnin tuoteominaisuuksien parantamiseksi

⁸ Nylund, N.-O. & Laurikko, J. (2012) Tieliikenteen uusiutuva energia ja kasviuonepäästöjen vähentäminen vuoteen 2020 mentäessä. Tutkimusraportti VTT-, Luonnos.

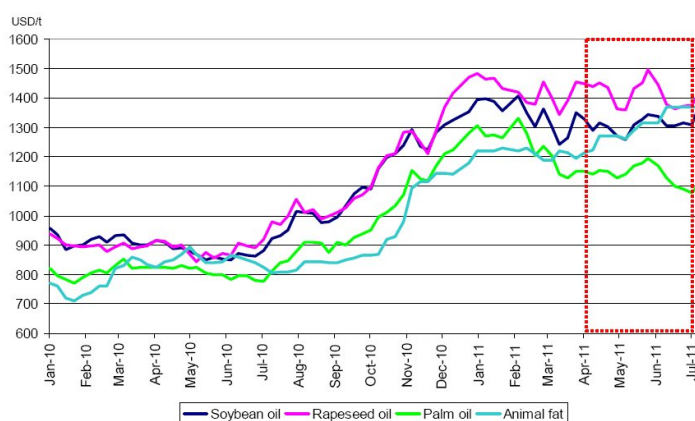
⁹ Lampinen, A. (2012) Roadmap to renewable methane economy. Programme 2/2012.

¹⁰ Green Fuel Nordic (2011). Green Fuel Nordic Oy investoi 150 M EUR biojalostamoihin Suomessa. Tiedote 13.10.2011.

korroosiovaaran vuoksi. Jotkin kala/kana-rasvat saattavat sopia laivapolttoaineeksi jopa ilman esteröintiä. Näiden polttoaineiden käyttö vaatii mahdollisesti pieniä infrastruktuurimuutoksia esim. huonon säilyvyyden vuoksi.

Kasviöljyt ja eläinrasvat ovat olleet aiemmin hinnaltaan kilpailukykyisiä muiden rikkittömien polttoainevaihtoehtojen kanssa, mutta maailmanmarkkinahinta on noussut merkittävästi ollen vuonna 2011 tasolla 850 – 900 €/t (kuva 7). Suomessa eläinrasvoja kertyy noin 15 ktoe vuositasolla. Eläinrasvojen ja kestävä kehityksen mukaisten kasviöljyjen käyttö saattaa olla hyvin perusteltua tietyissä kohteissa, kuten saaristolinjoilla, vaikka volyymit olisivatkin pieniä. Suomeen on valmistunut yksi alus, joka käyttää polttoaineena kalanperkeitä. Kyseinen polttoaine valmistetaan omassa tuotantolaitoksessa.

Prices of renewable feedstocks (updated 28 July 2011)



NESTE OIL

65⁸

Kuva 7. Kasviöljyjen ja eläinrasvojen hintoja (Lähde: Neste Oil).

Biodiesel

Biodiesel-estereitä valmistetaan kasviöljyistä ja eläinrasvoista metanolin avulla. Yleisesti näitä biopolttoaineita kutsutaan nimellä FAME (fatty acid methyl esters). Biodiesel-esterit ovat perinteisiä tieliikenteen polttoaineita. Biodiesel-esterit käyvät laivamoottoreiden polttoaineiksi. Esteröimällä voidaan polttoaineena käyttää niitäkin eläinrasvoja, jotka eivät sellaisenaan sovi dieselmoottorille.

EU:ssa biodieselin valmistuskapasiteetti oli 18,6 miljoonaa tonnia vuonna 2009, joka on noin 10 % merenkulun käyttämästä polttoainemäärästä. Suomessa ei ole laajamittaisia suunnitelmia valmistaa biodiesel-estereitä, mutta pienessä mittakaavassa esteröintiä tehdään (ks. edellinen kappale).

Parafiiniset uusiutuvat keskitisleet

Parafiiniset uusiutuvat keskitisleet on kuvattu tieliikenneosioissa. Parafiiniset uusiutuvat keskitisleet sopivat teknisesti laivamoottoreille, mutta hyvien tuoteominaisuuksiensa vuoksi todennäköinen käyttösektori on tie- ja/tai lentoliikenne.

Biometaani

Nesteytetyille metaanille (LNG) on kehitetty moottori, jolla saavutetaan hyvä hyötysuhde ja alhaiset pakokaasupäästöt. Metaani voi olla myös biokaasusta nesteytettyä LBG:tä, joka sopii teknisesti LNG-moottoreille myös puhtausasteen osalta (taulukko 5). Siten

LBG:tä koskevat samat arviot ja suositukset, jotka on kuvattu LNG:lle. Molempien polttoaineiden osalta infrastruktuurivaatimusten lisäksi voimakkaan kasvihuonekaasun, metaanin, päästöt eri elinkaaren vaiheissa täytyy minimoida. Suomessa biometaanin valmistus on kasvamassa ja meriliikenteeseen on arvioitu olevan saatavana jopa 43 ktoe biometaanina vuonna 2020 (Lampinen 2011).

Taulukko 5. Nesteytetty maakaasu ja biometaanin (NGVA Europe's LNG Position Paper. A. Nicotra - 2012.).

Composition		Typical Composition: Biogas/Natural Gas/LNG/LBM				
		LBM	High-Gas	LNG- std	Low-Gas	Rich-LNG
Methane C ₁	%mol	98 ± 1	93 ± 4	93 ± 5	82 ± 3	83 ± 2
Ethane C ₂	%mol	-	5 ± 3	5.5 ± 3	5 ± 1	13 ± 1
C ₃₊	%mol Max	-	-	2 ± 1	-	3 ± 1
N ₂	%mol	2 ± 1	2 ± 1	0.5 ± 0.5	13 ± 2	0.5 ± 0.5
S	mg/kg Max	3	10	3	10	3
W.I.	Nr (LHV)	46 ± 1	46.2 ± 0.6	47.5 ± 1	43.3 ± 0.5	49.5 ± 0.5
MN	No.	90 - 95	75 - 90	75 - 90	60 - 70	63 - 70
MON	No.	135-137	124-134	124-134	113-120	115-120

Etanoli

Etanolia valmistetaan viljasta ja sokerikasveista sekä biojätteestä. Toisen sukupolven etanolia voidaan valmistaa myös lignoselluloosapohjaisesta biomassasta. Näitä polttoaineita on käsitelty tämän raportin tieliikenneosiossa, joka on etanolin todennäköinen käytösektori.

Metanoli, muut alkoholit

Biometanolia voidaan valmistaa biomassasta mm. kaasutuksen ja nesteytyksen avulla. Fossiilinen maakaasusta valmistettu metanoli on tällä hetkellä kohtuullisen hintaista. Laivamoottori vaatii muutoksia metanolikäyttöön, vaikka kysymyksessä onkin nestemäinen polttoaine. Moottori tulee myös optimoida hyötysuhteen ja pakokaasupäästöjen osalta. Nopeakäyntisten moottoreiden tulosten perusteella pakokaasupäästöjen voi odottaa olevan melko alhaisia käytettäessä metanolia polttoaineena. Metanoli on hiilivetyjä aggressiivisempi neste. Metanoli ei sovi kaikille Suomen liikennepolttoaineiden jakeluvierosten materiaaleille. Satamissa sekä laivoissa on oletettavasti myös materiaalien muuttotarpeita. Metanoli palaa värittömällä liekillä ja on toksinen.

Biometanoli saattaa tulla mielenkiintoiseksi, mikäli sille sopivia moottoreita ja terminaaleja otetaan käyttöön meriliikenteessä.

Pyrolyysiöljy

Pyrolyysiöljy ei sellaisenaan sovi moottoripolttoaineeksi. Pyrolyysiöljy on aggressiivinen ja lämpöarvoltaan huono polttoaine, vaikkakin hinnaltaan edullinen. Perusoletuksena pyrolyysiöljy on jatkojalostettava ennen käyttöä moottoripolttoaineena, mikä nostaa hintatasoa. Suomeen suunnitellaan pyrolyysiöljykapasiteettia, joka suurimmaksi osaksi ohjautuu lämmityskäyttöön. Mikäli pyrolyysiöljyä jatkojalostetaan, tuotteiden potentiaalia eri sektoreille voi harkita tuoteominaisuuksien ja hinnan mukaan.

Nestekaasu, LPG

Fossiilisista polttoaineista maakaasun saatavuus on parantunut ei-konventionaalisen maakaasun hyödyntämisen myötä. Maakaasun hinta on laskenut erityisesti Amerikassa, mutta alueelliset hintaerot ovat maailmanlaajuisesti suuret. Maakaasun ohessa otetaan talteen LPG:tä, jonka tarjonta kasvaa ja tämä vaikuttaa myös hintaan. Suomessa osa nestekaasusta on jalostamotuotetta, osa tuodaan ulkoa laivakuljetuksina ja osa tulee Venäjältä junakuljetuksena.

Nestekaasua käytetään perinteisesti autoissa kipinäsytytteisissä moottoreissa. Laivamoottoreille MAN on kehittänyt erilaisen tekniikan, joka on demonstraatiovaiheessa. MAN:in mukaan nestekaasukäyttöinen kaksitahtinen moottori (ME-LGI) on suorituskyvyllään ME-C ja ME-B moottoreita vastaava. (MAN 2011¹¹). Moottorin hiukkaspäästöjen oletetaan olevan alhaiset, mutta Tier III NO_x-rajan täyttämiseen tarvittaneen SCR- tai EGR-tekniikkaa. Nestekaasun etuna LNG:hen verrattuna on se, ettei kryogeenitekniikkaa tarvita.

Nestekaasuille on Suomessa olemassa määrätynlainen infrastruktuuri, joka on mitoitettu ja rakennettu teollisuuskäyttöjen näkökulmasta. Rannikolla on muutama terminaali, johon nestekaasua tuodaan joko Suomen öljynjalostamoilta tai sitten kansainvälisiltä markkinoilta. Olemassa oleva LPG-infra ei nykyisellään palvele merenkulkua vaan vaatii investointeja satamiin. Toki nykyinen LPG:n jakeluinfra on olemassa ja sitä voi määrättyiltä osin hyödyntää myös merenkulun tarpeisiin.

LPG-infra on nykyisellään seuraavaa:

1. LPG-terminaaleja ja välivarastoja (jalostamot Porvoo ja Naantali, Tornio sekä joitakin muita kohteita)
2. LPG-kuljetuskalustoa:
 - a. LPG-laivat (tankkerit/tuonti ja jakelu rannikolla)
 - b. LPG-rautatievaunut
 - c. LPG-rekat

Infra on mitoitettu hyvin pitkälle nykyisen teollisuuskäytön mukaisesti ja vaatisi selkeästi lisäinvestointeja merenkulun tarpeita varten, kun volyymit kasvavat ja toimituskohteet maantieteellisesti ovat hieman eripaikoissa.

Turvallisuusmielessä nestekaasu asettaa omat haasteensa niin laivassa kuin satama-alueella, kun kyseessä on ilmaa painavammasta kaasusta, joka vuototapauksissa hakeutuu alimpiin paikkoihin, kuten putki ja viemärikaivoihin sekä laivoissa pilssivesiin, josta sen poistaminen on vaikeaa. Nestekaasun syttymislämpötila on jonkin verran matalampi kuin maakaasun. Nestekaasun energiasisältö massaa kohden [MWh/tn] on pienempi kuin LNG:llä, mutta suurempi tilavuusyksikköä kohden [MWh/m³], koska nestekaasun ominaispaino [kg/m³] on suurempi kuin LNG:n.

LPG saattaa tulla ajankohtaiseksi, mikäli moottoreita ja terminaaleja otetaan käyttöön Itämeren alueella, ja jos turvallisuuteen liittyvät vaatimukset selviävät.

Dimetyylieetteri (DME)

Dimetyylieetteri, DME, on nestekaasumainen polttoaine, joka tarvitsee mm. erityisen polttoainejärjestelmän. DME:lle sopivan moottorin kehittäminen ei ole helppoa mm. polttoainejärjestelmän kestävyysongelmien vuoksi. Ajoneuvopuolella mm. Volvo on panostanut DME-moottorin kehittämiseen.

¹¹ MAN (2011) New Liquid ME-GI Engine Signals Expansion of MAN B&W Gas Portfolio. Press release, 28.1.2011.

Laivapuolella MAN on ilmoittanut ME-LGI –moottorinsa sopivan myös DME:lle (MAN 2011¹²), mutta tästä ei ole näyttöä. DME on hyvin erilainen kuin LPG esimerkiksi syttövyysominaisuuksiltaan, joten sen toimivuus LPG:lle optimoidussa moottorissa on kyseenalainen. Sinänsä DME on houkutteleva polttoaine dieselprosessiin sopivan korkean seatanilukunsa ansiosta. Dieselprosessissa DME ei nykytiedon mukaan alenna riittävästi NO_x-päästöjä Tier III –vaatimuksen täyttämiseksi. DME:n seospolttoainemahdollisuutta on nykytietämyksellä vaikea arvioida.

DME:n ominaisuudet ovat lähellä nestekaasuja, joten sitä koskevat samat infrastruktuurivaatimukset kuin LPG:tä. DME saattaa vaatia oman infrastruktuurin ainakin varastojen osalta. Lisäksi on epäselvää, missä määrin DME:lle voidaan hyödyntää samoja kuljetuskalustoja kuin nestekaasulle, jos nestekaasun logistiikasta jää kapasiteettia vapaaksi. DME:n osalta turvallisuuskysymykset ovat vielä vaikeampia kuin LPG:llä. DME on ilmaa painavampi kaasu, mikä on vuototapauksissa ongelma.

DME saattaa tulla ajankohtaiseksi, jos moottoreita ja -terminaaleja otetaan käyttöön Itämeren alueella, ja jos turvallisuuteen liittyvät vaatimukset selviävät.

4.3. Vety

Vety on runsautensa ja fysikaalisten ominaisuuksien puolesta houkutteleva vaihtoehto öljypolttoaineille. Palaessaan vety muodostaa vettä ja luovuttaa massaansa nähden suuren määrän energiaa. Se on myrkytön ja jos tapahtuu vuotoja, se nousee nopeasti yläilmoihin ja laimenee, ja lopulta yhtyy hapen kanssa vedeksi.

Vetyä voidaan valmistaa esimerkiksi erottamalla vesimolekyylien happi ja vety toisistaan elektrolyysillä, prosessissa, jossa tarvitaan sähköenergiaa. Hapen ja vedyn yhdistäminen polttamalla tai polttoainekennossa tuottaa sähköä ja/tai lämpöenergiaa.

Vedyn haittapuolia ovat räjähdysalttiisuus, vaikea varastoitavuus ja ennen kaikkea se, että se esiintyy maapallolla miltei yksinomaan yhdisteinä, joten sen valmistaminen itsessään on usein työläs ja energiaa vievä prosessi. Energianlähteeksi vedystä ei ole, mutta se on mainio ja mielenkiintoinen energiankantaja.

Vedystä tekee mielenkiintoisen energiankantajan – sen yleisyyden lisäksi – vetykaasun korkea lämpöarvo, n. 119 MJ/kg. Tätä voi verrata esimerkiksi bensiiniin (43,0 MJ/kg), dieseliin (42,6 MJ/kg), maakaasuun (38–50 MJ/kg) ja etanoliin (26,8 MJ/kg). Nestevedyn tiheys on 70,8 kg/m³ 20 K lämpötilassa, minkä vuoksi sen energiatiheys tilavuuteen nähden on huono. Bensiinilitra sisältää neljä kertaa enemmän energiaa kuin nestemäinen vety. Vety sopii hyvin käytettäväksi polttokennojen polttoaineena, jolloin voitaisiin saavuttaa korkeampia hyötysuhteita nykyisiin moottoreihin verrattuna.

Myös laivoihin on ideoitu konsepteja, joissa vety on energian lähde. Aaltoenergiaa voidaan käyttää vedyn erotteluun vedestä polttokennojen avulla (kuva 8).

Vedyn tulevaisuuden polttoaineena suuremmassa määrin ratkaisee, löytyykö taloudellista tapaa tuottaa, varastoida ja jakaa sitä energiakäyttöön.

¹² MAN (2011) New Liquid ME-GI Engine Signals Expansion of MAN B&W Gas Portfolio. Press release, 28.1.2011.



Kuva 8. *Orcellen* laivakonsepti.

Lähde: <http://www.2wglobal.com/www/environment/orcelleGreenFlagship/index.jsp>

4.4. Polttoainevaihtoehtojen vertailu

Taulukossa 6 on karkealla tasolla yhteenveto valikoiduista polttoainevaihtoehtoista alustukseksi seuraaville luvuille, joissa käsitellään biopolttoaineiden saatavuutta ja käytettävyyttä vesiliikenteessä. Taulukossa polttoaineet on jaoteltu käyttöönoton vaatimustason mukaan, ja lisäksi on biopolttoaineet on luokiteltu ensimmäisen (1G) ja toisen sukupolven (2G) biopolttoaineisiin. Useimmat biopolttoaineet ovat sopivia vesiliikenteen lisäksi myös muille käyttösektorille, mikä tarkoittaa kilpailutilannetta sektoreiden kesken. Taulukossa on viitattu polttoaineiden hintoihin/kustannusarvioihin. Nämä eivät ole välttämättä vertailukelpoisia keskenään, ja lisäksi polttoaineiden hinnat ovat vaihdelleet suuresti viime vuosina. Hintojen/kustannusten yksikkönä on käytetty €/GJ, joka huomioi polttoaineiden erilaiset energiasisällöt. Kokonaisuuden kannalta pitäisi huomioida myös moottoreiden erilaiset hyötysuhteet. Infrastruktuurikustannus on myös merkittävä tekijä. LNG:lle on arvioitu infrastuktuurikustannukseksi 170 €/tonni (DMA 2012). LPG, DME ja alkoholit vaativat myös infrastruktuurimuutoksia, mutta huomattavasti vähemmän kuin LNG. Jälkikäsittelylaitteiden osalta oletetaan vaadittavan Tier III NO_x-rajan täyttyminen. Useat vaihtoehtoiset polttoaineet voisivat olla kustannuksiltaan kilpailukykyisiä MDO/MGO:n kanssa, mutta HFO:n hintaluokassa on lähinnä vain LNG-vaihtoehto.

Taulukko 6. Polttoainevaihtoehdot eri raaka-aineista. Hinta/kustannus-esimerkit eivät ole välttämättä vertailukelpoisia keskenään. Haittoja on merkitty harmaalla pohjavärillä.

Polttoaine	Bio/fossiilinen	Moottoritekniikka ja infra	Vaadittava jälkikäsitely	Hinta/ Kustannusarvio [€/GJ]	Kommentti
HFO raskas polttoöljy	Fossiilinen	Perinteinen	Rikkipesuri NO _x -vähennys- tekniikka	~ 12,1 (520 €/t ^{a,b})	
MDO, MGO diesel	Fossiilinen	Perinteinen	NO _x -vähennys- tekniikka	MGO ~ 17; 20 (725; 825 €/t ^{a,b})	Tie/lento- liikenne
GTL diesel maakaasusta (tai CTL hiilestä)	Fossiilinen	Perinteinen	NO _x -vähennys- tekniikka	GTL esim. 15-19 ⁱ	Tie/lento- liikenne
BTL diesel biomassasta (kaasutus/nest.)	Bio 2 sp	Perinteinen	NO _x -vähennys- tekniikka	20-22 ^e 19-32 ^b	Tie/lento- liikenne
Eläinrasvat esteröityinä tai vetykäsittelyinä	Bio 2 sp	Perinteinen	NO _x -vähennys- tekniikka	Eläinrasva 17-29 ^h + esteröinti/vety- käsittely	Pieni volyyymi
Mäntyöljy vetykäsittelyinä	Bio 2 sp	Perinteinen	NO _x -vähennys- tekniikka		Tie/lento- liikenne
Kasviöljyt tai niiden jalosteet	Bio 1 sp	Perinteinen	NO _x -vähennys- tekniikka	Palmuöljy 17-27 ^h Rypsi/soija 19-29 ^h (esterit 26-37 ^{b,c})	Ruokaketju
LNG, nesteytetty metaani maakaasusta	Fossiilinen	Tekniikka on uusiin laivoihin; infra rakenteilla	**	9,2 (+3.5 infrast.=12,7) (440+170 €/t) ^a	
LBG, nesteytetty biometaani jätteistä ym.	Bio 2 sp	Tekniikka on uusiin laivoihin; infra rakenteilla	**	10-50 €/GJ ^c 16-25 €/GJ ^f	
LPG, nestekaasu	Fossiilinen	Uusi tekniikka ja infra vaaditaan.	NO _x -vähennys- tekniikka *	14,8 +infrast. ^g	Turvallisuus- riski (ilmaa raskaampi)
Biometanoli biomassasta, bio-metaanista (tai fossiilinen)	Bio 2 sp	Ei olemassa laivoihin, vaatii muutoksia.	NO _x -vähennys- tekniikka *	18-20 ^e ; 23 ^d + mahd. infra (fossiilinen 15 €/GJ eli 650 €/toe ^d)	
Bio-DME biomassasta tai biometaanista	Bio 2 sp	Ei olemassa laivoihin, vaatii muutoksia.	NO _x -vähennys- tekniikka *	18-20 ^e 13-35 ^c + infrast.	Turvallisuus- riski (ilmaa raskaampi)
Pyrolyysiöljyn johdannaiset	Bio 2 sp	Ei olemassa.	NO _x -vähennys- tekniikka *	Pyrol.öljy 10-18 ^b + jalostus	Lämmityssek- tori

Etanoli, butanoli ym. ei käsitellä tässä. Vertailuna vety maakaasusta 18-28 €/GJ (2200-3300 €/ton) + infrast.^b

* Typenoksidien (NO_x) vähentämiseen todennäköisesti tarvitaan jälkikäsitely, kuten SCR, korkeapainemoottorilla, mutta ei matalapainemoottorilla.

** Metaanipäästöjen kontrolli tarvitaan.

^a DMA, TEN-T report, May 2012. (central scenario)

^b Verbeek, R., Bolech, M. and den Uil, H. Alternative fuels for sea shipping. TNO-060-DTM-2011-04219.

^c Florentinus et al. (2012) Potential of biofuels for shipping. Final report. © Ecofys 2011.

^d Ramne (2012) Biodrivmedelskonferens, 7-8.6.2012.

^e Hannula, Ilkka, VTT raportti 2013, viimeistelyssä. Nth plant, 300 MW. Tässä pyöristetyt luvut.

^f Åhman, M. Energy Policy 38(2010)208–217.

^g Saudi Aramco Contract Price 2012.

^h Neste Oil, hinnat 2010-2011 USD/t.

ⁱ Extrapoloitu metaanin kustannuksella 9 €/GJ Clarke, M. (2011) esittämien GTL- vs metaanikustannusten mukaan. Clarke M. Gas-to-Liquids (GTL) & Coal-to-Liquids (CTL) – new energy resources with major liquid fuel security ramifications, Presentation 20.9.2011.

4.5. Sähkö

Sähkönkäyttö satamissa

Maasähkön avulla voidaan ylläpitää laivan tehontarvetta satamassa ja laivan omien pää- tai apukoneiden ei tarvitse olla silloin käytössä. Maasähkö on satamassa päästövapaa ja meluton vaihtoehto. Ison matkustaja-aluksen sähkötehontarve on suuri hotellikuorman takia ja tämä aiheuttaa teknisiä ongelmia maasähkön tarjonnan osalta. Maasähkön liitäntäkaapeleiden ja jännitteen suhteen on vielä avoimia kysymyksiä ja tarvitaan standardoituja ratkaisuja. ISO:n ja IEC:n standardi "ISO/IEC/IEEE 80005-1 Cold ironing – Part 1: High Voltage Shore Connection (HVSC) Systems – General requirements" on tällä hetkellä viimeistelyvaiheessa. Maasähkö on melko kallis vaihtoehtoinen voimanlähde alukselle satamassa olon aikana. Ruotsissa ja Saksassa maasähkölle on annettu verohelpotus.

Maasähkön käyttöön voimanlähteenä satamissa vaikuttaa myös tulevaisuuden vaihtoehtoiset polttoaineet, jotka jo sinällään vähentää laivojen päästöjen määriä.

Maasähkön käyttöön voimanlähteenä satamissa vaikuttaa tulevaisuudessa myös EU:n parlamentin ja neuvoston direktiiviehdotus vaihtoehtoisten polttoaineiden infrastruktuurin käyttöönotosta. Keväällä 2013 julkaistu ehdotus esittää, että viimeistään vuoteen 2015 loppuun mennessä tulee olla merenkulun ja sisävesiliikenteen tarpeita palvelevamaasähkön palveluverkko, joka on rakennettu uuden EN-standardin mukaisesti huomioiden standardin IEC/ISO/IEEE 80005-1 tekniset määräykset.

Luettelo niistä satamista, joissa maasähkö on tarjolla löytyy sivulta

<http://wpci.iaphworldports.org/onshore-power-supply/ops-installed/ports-using-ops.html>

Sähkökäyttö veneilyssä

Fossiilisten polttoaineiden kulutusta veneilyssä halutaan vähentää, varsinkin kun öljyn hinta on jatkuvasti kallistumassa. Veneissä olevien sähkökäyttöisten laitteiden määrä (liedet, kahvinkeitin, jääkaapit, mikroaaltouunit, audiovisuaaliset laitteet ja tietokoneet) on lisääntynyt ja siten myös energiankulutus on kasvussa.

VTT on selvittänyt veneiden uusia energijärjestelmiä ja Tekesin rahoituksella on toiminut Vene-ohjelma vuosina 2007 – 2011, joka on tukenut mm. sähkön käyttöä veneilyssä.

<http://www.tekes.fi/ohjelmat/Vene>.

Hybridi- ja sähköratkaisut ovat tulevaisuuden veneilyä. Sähkömoottoreiden käyttö polttomoottoreiden sijaan tai isommissa veneissä hybridijärjestelmänä nähdään ympäristöystävällisenä tulevaisuuden ratkaisuna, etenkin jos sähkö tuotetaan uusiutuvista energialähteistä.

Veneen painosta, koosta, nopeudesta, ja akkukapasiteetista riippuen voidaan sähkön voimalla kulkea kymmenien, jopa satojen merimailien pituisia matkoja.

Kooltaan 16-metrisessä hybridiveneessä akkuvirran lisäksi dieseliä tarvitaan vain muutamia litroja tunnissa. Tavallinen, vastaavan kokoinen dieselillä kulkeva vene kuluttaisi tunnissa jopa 40–100 litraa polttoainetta. Sähköinen voimansiirtojärjestelmä kuljettaa alusta energiatehokkaasti ja lähes äänettömästi.

Suomessa on kehitetty uusiin purjeveneisiin ja vanhojen purjeveneiden moottoripäivityksiin luotettavia litiumakkuja hyödyntäviä sähkömoottoreita sähköntuottojärjestelmineen. Uusia sähköpropulsiojärjestelmiä voidaan käyttää veneen voimanlähteenä, ja niillä voidaan myös ladata purjehdittaessa veneen akkuja. Tämä on hyödyllinen ominaisuus varsinkin pitkällä purjehduksilla, jolloin veneen sähkölaitteet on pidettävä pitkiä aikoja yllä ajoakuilla.

Pitkäikäiset ja energiatehokkaat litium-akut antavat mahdollisuuden niiden käyttöön myös veneilyajan ulkopuolella. Veneiden sähköjärjestelmissä laitteiden yhteensopivuus tiedonsiirtoväylä-ratkaisujen muodossa mahdollistaa asiakkaita palvelevan automaation ja informaatiojärjestelmän kehittymisen.

Lähde: Raili Alanen (2010) Veneiden uudet energijärjestelmät 1-87 s.- VTT Technical Research Centre of Finland.

ISBN 978-951-38-7496-4 (URL: <http://www.vtt.fi/publications/index.jsp>)

ISSN 1459-7683 (URL: <http://www.vtt.fi/publications/index.jsp>)

5. Laivaliikenteen tulevaisuuden polttoaineet

Kansainvälissä liikenteessä olevien laivojen tulevaisuuden polttoaineet voidaan jakaa kolmeen pääasialliseen ryhmään, perustuen muun muassa moottoriteknologian kehitysnäkyymiin, eri polttoainelaatuja koskevan kehitystyön näkyymiin ja tarvittavan polttoainefrastruktuurin tarpeeseen sekä Suomessa että erityisesti Itämeren ja Pohjanmeren alueella: 1) öljyt yhdistettynä päästövähennysteknologioihin, 2) nesteytetty maakaasu (LNG) sekä 3) muut vaihtoehdot polttoaineet ja käyttövoimat.

Useat tekijät tulevat vaikuttamaan siihen, missä määrin laivat siirtyvät Itämeren liikenteessä kaasun tai matalarikkisten polttoaineiden käyttöön vai käyttävätkö laivat myös tulevaisuudessa raskasta polttoöljyä yhdistettynä päästövähennysteknologiaan. Näitä tekijöitä ovat muun muassa öljyn ja kaasun saatavuus ja kysyntä sekä hinta sekä niiden hintasuhde, säättääkö IMO uusia päästömääräyksiä koskien esim. musta hiili –päästöjä, rikkipesureiden pesuvesien mahdollisesta tulevaisuuden sääntelystä, ja öljy-yhtiöiden valmiudesta parantaa jalostamojen prosesseja niin, että raskasta polttoöljyä ei enää synny jalostusprosessissa jne.

5.1. LNG käyttöönoton edellytyksiä

LNG:n käyttö laivojen polttoaineena on näillä näkymin erittäin varteenotettava vaihtoehto keskipitkällä aikavälillä. Esitettyjen arvioiden mukaan LNG olisi lähinnä uusia laivoja koskeva vaihtoehto johtuen siitä, että jälkiasennukset olemassa oleviin laivoihin edellyttäisi melko suuriakin muutoksia moottoreiden ja polttoainesäiliöiden osalta LNG:n erityisominaisuuksien vuoksi. Laivan tyyppi, lastikapasiteetti ja ikä vaikuttavat olennaisesti arviointeihin jälkiasennusten kustannustehokkuudesta.

Laivoihin on myös mahdollista asentaa kaksoispolttoainemoottoreita (dual fuel engine), jolloin moottorissa voidaan polttaa sekä öljyä että LNG:tä.

LNG-polttoainejakelun osalta on jo parin vuoden ajan selvitetty millä vaihtoehdoilla LNG-tarve Suomessa voitaisiin hoitaa ja lupaprosessit kahden jakelukeskuksen osalta ovat vireillä. Investoinnit LNG-infrastruktuuriin ovat suuret, joten tällä saralla valtion vastantulo olisi tärkeää.

LNG:n käyttö vaatii bunkrausinfrastruktuurin rakentamista satamiin. Joidenkin arvioiden mukaan Suomeen tarvittaisiin 3–4 pienen kokoluokan (20 000–30 000 m³) LNG-terminaalia (Suomenlahti, Saaristomeri ja Pohjanlahti/Perämeri), joiden investointikustannukset olisivat 50–70 miljoonaa euroa/yksikkö. Nämä terminaalit voisivat palvella meriliikenteen lisäksi myös nykyisen maakaasuputkiverkon ulkopuolella olevaa teollisuutta. Terminaalien lisäksi tarvittaisiin myös joitakin välisäiliöitä (500–1 000 m³), joihin LNG kuljettaisiin rekoilla terminaalista. LNG:n rekkakuljetukset vaativat investointeja LNG:n kuljetuksiin sopivia säiliöperävaunuja rekkoihin. Kaikissa satamissa alusten tankkausta ei voisi hoitaa rekkujen avulla, vaan tällöin olisi otettava käyttöön bunkrauslauttoja, jotka maksavat 10–20 miljoonaa euroa kappale.

Toisissa arvioissa puhutaan suuremmista terminaaleista, joiden kapasiteetti olisi 200 000 m³. Tällöin Suomi ei olisi riippuvainen ainoastaan Länsi-Euroopasta tulevien LNG-

tankkerien kuljetuksista, vaan voisi ottaa vastaan myös suurempien tankkereiden kuljetuksia. Tämä vaatisi mm. Suomen satamien syväyksien suurentamista.

Osittain EU:n rahoituksella toteutetussa Pohjois-Euroopan LNG-infrastruktuuria koskevassa selvityksessä tarkasteltiin myös eri bunkrausvaihtoehtojen investointikustannuksia (kuva 9).

4 Cost Components (Items) Included in Analysis

An overview of the cost of the different items/components included in the analysis can be seen in the table below. The costs are only estimates, and a few of the costs are further explained/motivated below the table.

Table 2 Estimated investment costs for required items: components of the system

Investment costs for terminal items	Cost [€]	Economic life time
Land-based tanks		
o 700 m3 (thermos tank)	7,000,000	40
o 20,000 m3	40,000,000	40
o 50,000 m3	80,000,000	40
Tank trucks (50 m3) incl. filling station	800,000	10
Pipeline and manifold connected to tank	500,000	40
LNG Infrastructure on jetty	15,000,000	40
Bunkering vessels		
o 1,000 m3	20,296,296	20
o 3,000 m3	28,222,222	20
o 4,000 m3	31,619,781	20
o 10,000 m3	40,888,889	20
o 20,000 m3	56,740,741	20
Port facilities:		
o Jetty / quay (per berth)	20,000,000	40

Kuva 9. North European LNG Infrastructure Project – report 2012

Energiahankkeille on maksettu tyypillisesti 20–30 %:n investointitukia. Tällä tuki-intensiteetillä myös LNG-infrastruktuurin rakentamista voitaisiin saada edistettyä.

Rahoitusta LNG-infrastruktuurihankkeisiin voidaan hakea EU:n rahoituskehyskaudella 2014–2020 EU:n Verkkojen Eurooppa -välineestä (CEF), jolla rahoitetaan liikenteen osalta niitä eurooppalaisia liikenneverkkoja, jotka on määritelty ns. TEN-T-suuntaviiva-asetuksessa. Yksi painopiste on kestävä liikenteen tukeminen ja vaihtoehtoisten polttoaineiden käytön edistäminen, minkä lisäksi merenkulun osalta yhdeksi tuettavaksi prioriteetiksi on myös Suomen aloitteesta nostettu merten moottoriteiden ja lähimerenkulun edistäminen, erityisesti toimet, joilla parannetaan merenkulun ympäristösuoritetta EU- ja kansainväliseltä tasolta seuraavien vaatimusten mukaisesti.

Hallituksen EU-ministerivaliokunta hyväksyi 13.6.2012 strategisen linjauksen kaasuverkon ja kaasunkäytön kehittämisestä Suomessa. Linjauksen mukaan Suomen on yhdessä Viron kanssa pyrittävä saamaan Suomenlahden rannikoille sijoittuva LNG-terminaali-hanke sekä Suomen ja Viron yhdistävä Balticconnector -kaasuyhteys EU:n infrapaketin mukaiselle Project of Common Interest (PCI) -listalle. Kaasunkäytön edellytysten turvaaminen ja LNG-hankkeiden toteutuminen voivat edesauttaa myös kaasun käyttöä alusliikenteessä.

LNG:n käyttöönotto laivojen polttoaineena sekä LNG-infran rakentaminen luovat hyvät edellytykset myös biokaasujen käyttöönotolle laivaliikenteessä pidemmällä aikavälillä.

5.2. Biopolttoaineiden käyttöön otto

Biopolttoaineiden kehittäminen ja markkinoille saattaminen edellyttää myös suuria investointeja. Lähivuosina energiatukeen on jo varattu määrärahoja keskimäärin 50 miljoonaa euroa sisältäen kaikki uusiutuvan energian investointituet ja energiansäästöinvestoinnit. Alustavien tietojen perusteella kustannukset liikkuvat isojen biojalostamoiden noin 100 miljoonan euron tukitarpeesta pienempien bioetanolilaitosten muutamaan miljoonaan euroon.

Haasteena biopolttoaineiden käytölle merenkulussa on muiden liikennemuotojen tarpeet.

Koska laivamoottoreissa voidaan käyttää "huonompilaatuista" biopolttoainetta olisi erityisesti selvitettävä, miten paikallisesti tuotetut biopolttoaineet, esimerkiksi ruokajätteistä ja kalanperkeistä, voidaan kustannustehokkaasti saada laivaliikenteen käyttöön, erityisesti kotimaan saaristoliikenteessä ja sisävesiliikenteessä. Hyvälaatuisten biopolttoaineiden tarve muilla liikennesektoreilla huonontaa saatavuutta vesiliikenteeseen.

5.3. Laivainvestointien ja infrastruktuurin kohtaaminen

Vaihtoehtoisten polttoaineiden käytön osalta suurin haaste on luoda edellytykset sille, että laivainvestoinnit ja infrastruktuuriin tehtävät investoinnit kohtaavat ajallisesti. Tarvittavien investointien laajuutta ja aikataulua ohjaa merenkulun toimijoiden siirtymisnopeus LNG:n käyttöön. Erilaiset tukimuodot kansallisella ja EU:n tasolla nousevat tässä yhteydessä keskeisesti esille.

5.4. Investoinnit ja rahoitusjärjestelyt

Vaihtoehtoisten polttoaineiden tai päästövähennysteknologioiden käyttöönotto edellyttää joko uusia laivoja tai olemassa oleviin laivoihin mittavia muutostöitä. Tästä aiheutuu mittava investointitarve varsinkin, kun Suomen nykyinen tonnisto on melko iäkäs (keski-ikä noin 17 vuotta). Rahoitus muodostunee varustamoille nykyisessä taloustilanteessa suureksi haasteeksi. Valtion erityisrahoitusyhtiöiden osallistuminen investointien rahoittamiseen olisi sen vuoksi selvitettävä.

Nykyisestä laivojen ylikapasiteettitilanteesta johtuen esim. Kiinasta tilattavien laivojen hinnat ovat tällä hetkellä hyvinkin edullisia. Vaikka alukset rakennettaisiin muualla kuin Suomessa, niissä käytettäisiin suomalaista/EU-maan teknologiaa. Suomen lipun alla purjehtivat jäävahvistetut uudet laivat hyödyttäisivät Suomen ulkomaankaupan kuljetuksia ja työllistäisivät merkittävän määrän suomalaisia merimiehiä. Tiedossa olevat pitkäaikaiset rahtaussopimukset edistäisivät investointipäätösten tekemistä.

Voimassa oleva alustakauslaki mahdollistaa myös ulkomailta tilattavien alusten takaamisen Finnveran toimesta, Suomen kansainvälisten sopimusvelvoitteiden mukaisesti (erityisesti EU:n takaustiedonanto). Sen mukaan takauksen enimmäismäärä suhteessa taattavaan luottoon voi olla enintään 80 % ja takauksen hinnoittelun tulee vastata kaupallisten markkinoiden hinnoittelua. Taattavan luoton takaisinmaksuaika voisi olla käytännössä enintään 12 vuotta (vastaisi vienninrahoituksessa sovellettavaa OECD-sääntelyä).

Alustakauslakia voidaan myös soveltaa aluksen Suomessa tai ulkomailla tehtävien merkittävien muutos-, korjaus- tai parannustöitä varten otettujen luottojen vakuudeksi. Suomessa tai ulkomailla tehtävien alusten muutos-, korjaus- tai parannustöihin kuuluvat myös ympäristöinvestoinnit, joiden rahoittamiseksi otettujen luottojen vakuudeksi alustakauksia voidaan hankekohtaisen harkinnan mukaan myöntää. Valtion alustakaus ulkomailta hankittavalle alukselle tai aluksen muutostöihin edellyttää riittävää suomalaista intressiä.

5.5. Polttoaineen tankkausinfrastruktuuri

Kansainvälisessä liikenteessä olevien laivojen edellyttämän polttoainetankkausinfrastruktuurin tulee lisäksi olla riittävän laaja ja kattaa maantieteellisesti ainakin Itämeren ja Pohjanmeren. Suurin osa Suomen säännöllisestä ulkomaanliikenteestä kulkee Pohjois-Euroopan ja Suomen satamien välillä.

Pitkäaikaisen ja kestäväen LNG-infrastruktuurin rakentaminen edellyttää myös maapuolen teollisuuden kysyntää, valtiolta toimenpiteitä kaikilla tasoilla sekä tukea investointivaiheessa, jotta kustannukset eivät jäisi kokonaan varustamoiden, elinkeinon ja satamien maksettaviksi.

Vaihtoehtoisia polttoaineita sekä päästövähennysteknologioita koskevan kansainvälisen, EU:n tason sekä kansallisen sääntelyn ja ohjeistuksen tulee olla selkeitä ja ennakoitavissa.

Infrastruktuurin rakentamista koskevien kansallisten kaavoitus- ja lupaprosessien tulee olla selkeitä ja niiden tulisi mahdollistaa myös ajallisesti nopeita ratkaisuja. LNG-terminaalia koskevan investointiprojektin keskimääräinen läpimenoaika, ilman valitus- ja muita lupaprosesseihin vaikuttavia hidasteita, vie noin kolme vuotta. Pienemmän LNG-varaston toteuttaa noin kahdessa vuodessa, mutta LNG:n hankinta kustannustehokkaasti tällaiseen varastoon sisältää suuria haasteita.

6. LNG:n käyttöä koskeva turvallisuussäätely

Nesteytetyn maakaasun laivakuljetusta, varastointia ja käyttöä on tarkasti säännelty sekä kansainvälisellä että kansallisella tasolla ja parhaillaan valmistellaan muun muassa IMO:ssa LNG-käyttöisten laivojen turvallisuussäätelyä. EU:n komissio ja EMSA ovat aktiivisia erityisesti LNG-bunkrausta koskevan sääntelyn ja ohjeistuksen osalta. Myös luokituslaitokset laativat omia säännöksiään.

6.1. LNG:n kuljettaminen kuljetussäiliöaluksilla

IGC-säännöstö (International Code for the Construction and Equipment of Ships Carrying Liquefied Gases in Bulk, IGC Code) on kansainvälisissä merikuljetuksissa ja satama-alueilla aluksissa sovellettava kaasujen ja nesteytettyjen kaasujen säiliöaluskuljetusten määräyskokoelma. Vanhoihin aluksiin sovelletaan vastaavia GC- tai eGC-koodia. IGC-säännöstö on saatettu kansainvälisesti voimaan SOLAS-yleissopimuksen VII-luvun osan C perusteella

Kaasun turvallisessa kuljetuksessa merikuljetuksessa huomioidaan palavuus, myrkyllisyys, syövyttävyyt, reaktiivisuus, matala lämpötila ja paine.

Laissa aluksen teknisestä turvallisuudesta ja turvallisesta käytöstä (1686/2009) säädetään aluksen teknisistä turvallisuusvaatimuksista, lastiviivasta, katsastuksesta, aluksenmittauksesta sekä aluksen turvallisesta käytöstä.

Liikenteen turvallisuusvirasto valmistelee parhaillaan määräystä kaasusäiliöaluksista (säädösperusta: laki aluksen teknisestä turvallisuudesta ja turvallisesta käytöstä 23§ 1 mom.), jonka on tarkoitus tulla voimaan 1.1.2013. Määräystä tulnaisiin soveltamaan suomalaisiin nesteytettyjä kaasuja kotimaan liikenteessä kuljettaviin kaasusäiliöaluksiin. Lisäksi tätä määräystä tulnaisiin soveltamaan ulkomaisiin tällaisiin aluksiin, milloin niitä käytetään merenkulkuun Suomen aluevesillä. Määräystä ei tulnaisiin soveltamaan aluksiin, joissa kuljetetaan nesteytettyä kaasua pakkauksissa, kuljetussäiliöissä, konteissa tai muulla vastaavalla tavalla. Määräyksellä kumottaisiin Merenkulkulaitoksen 14. kesäkuuta 2002 antama määräys kemikaali- ja kaasusäiliöaluksista.

6.2. LNG:n käyttö ja bunkraus aluksilla

IMO:ssa työn alla on IGF-säännöstö (Interim Guidelines on Safety for Natural Gas-fuelled Engine Installations in Ships), joka tulee kattamaan LNG:n lisäksi muita kaasuja ja matolan leimahduspisteen laivapolttoaineita. IGF-säännöstö tulee SOLAS-yleissopimuksen kautta kansainvälisesti pakollinen ja sen on tarkoitus tulla voimaan vuoden 2014 aikana. Aluksille on annettu IMO:n väliaikaiset ohjeet päätöslauselmalla MSC.285(86), jotka hyväksyttiin 1.6.2009.

6.3. LNG:n kuljetus pakattuna tai säiliöissä

IMDG-säännöstö (International Maritime Dangerous Goods Code, IMDG-koodi) on kansainvälisissä merikuljetuksissa ja satama-alueilla sovellettava pakattujen vaarallisten aineiden kuljetusten määräyskokoelma. Maantiekuljetuksissa sovelletaan kansainvälistä ADR-sopimusta (L'accord européen relatif au transport international des marchandises dangereuses par route).

LNG:n kuljetukseen pakattuna vaarallisena aineena (kappaletavarana) sovelletaan lakia vaarallisten aineiden kuljetuksesta (VAK 719/1994) ja sen nojalla annettuja kuljetusmuotokohtaisia (maantie, rautatie, ilmailu ja meri) säädöksiä.

Meriliikenteessä sovelletaan asetusta vaarallisten aineiden kuljetuksesta kappaletavarana aluksissa (666/1998) sekä kuljetukseen ja tilapäiseen säilytykseen satamassa valtioneuvoston asetusta vaarallisten aineiden kuljetuksesta ja tilapäisestä säilytyksestä satama-alueella (251/2005).

Kun LNG:tä kuljettavan säiliöaluksen siirtoputki/-letku on yhdistetty rannassa olevaan varastosäiliöön tai alukseen ja LNG:n pumppaus alkaa säiliöaluksesta, tällöin sovelletaan painelaitelakia ja kemikaaliturvallisuuslakia (TEM/Tukes).

Jos LNG:tä tuodaan säiliöautolla tai säiliövaunulla, vastaavasti VAK-lakia sovelletaan aina siihen saakka, kunnes kaasun siirtoletkut ja VAK-lain edellyttämät toimet on tehty. Näitä koskevat säännökset tulevat VAK-lain ja sen nojalla annetuista säännöksistä. Säiliöiden valvojana on tällöin TUKES. Pumpkauksen alkaessa säiliöautosta/-vaunusta varastosäiliöön tai alukseen ja käytön aikana sovelletaan yllä mainittuja kemikaaliturvallisuus- ja painelaitelakeja. Näissä valvonta kuuluu TUKES:lle.

6.4. Kansainvälinen ohjeistus LNG:n kuljetukseen ja varastointiin satamissa

IMO:n 2007 päivitetty "Revised Recommendations on the Safe Transport of Dangerous Cargoes and Related Activities in Port Areas" antaa yleiset ohjeet vaarallisten ja haitallisten aineiden turvalliseen käsittelyyn kaikissa olomuodoissa (pakatut sekä irtolastit kiinteä, neste ja kaasu).

Luku 9 pitää sisällään myös nesteytettyjen kaasujen osuuden. Luvussa 9 viitataan LNG:n osalta seuraaviin muiden kuin IMO:n ohjeistuksiin:

- ICS/OCIMF/SIGTTO: Guide to Contingency Planning for Gas Carrier Alongside and Within Port Limits – Second edition, 1999
- SIGTTO: Guide to Contingency Planning for Marine Terminals Handling Liquefied Gases in Bulk – First edition, 2001
- OCIMF/SIGTTO: Inspection Guidelines for Ships Carrying Liquefied Gases in Bulk – Second edition 1998
- OCIMF: Vessel Inspection Questionnaire for Oil Tankers, Combination Carriers, Shuttle Tankers, Chemical Carriers and Gas Carriers, Barges, Towing Vessels Utilized for Handling Barges and Vessels Carrying Packaged Cargoes (VIQ) – Third edition, 2005
- SIGTTO: Liquefied Gas Handling Principles on Ships and in Terminals – Third edition, 2000

6.5. LNG-varastointi (maakaasun varastointi)

LNG:n varastoinnista säädetään vaarallisten kemikaalien ja käsittelyn turvallisuudesta annetussa laissa (390/2005), sekä valtioneuvoston asetuksessa maakaasun käsittelyn turvallisuudesta (551/2009), asetuksessa vaarallisten kemikaalien teollisesta käsittelystä ja varastoinnista (59/1999). Maakaasuun sovelletaan myös suuronnettomuusvaaran torjuntaa koskevia velvoitteita (SEVESO) (Tukes-ohjeet K1-10, K10-10, K4-12).

Maakaasun varastointiin vaaditaan maakaasusetuksen perusteella varastointilupa kun varastoitavan maakaasun määrä on vähintään 50 tonnia. Turvallisuus- ja kemikaalivirasto (Tukes) on ohjeessaan Tukes-ohje K1-10 kohdassa 13 ohjeistanut maakaasun varastointia koskevaa lupamenettelyä.

Turvallisuusvaatimusten perusteena käytetään EN-standardeja SFS-EN 13645 (varastointikapasiteetti enintään 200 tonnia) sekä EN-standardi SFS-EN 1473 (suuret varastot).

Suuronnettomuusvaaran torjunnan osalta maakaasuvarasto on SEVESO-säännösten pohjalta toimintaperiaatelaitos, kun varastointimäärä on vähintään 50 tonnia, ja turvallisuus selvityslaitos, kun varastointimäärä on vähintään 200 tonnia.

Toimintaperiaatelaitosta koskee Tukes-ohje K4-12 ja turvallisuus selvityslaitosta Tukes-ohje K10-10.

7. Suositukset

Ryhmä esittää työnsä perusteella seuraavat suositukset:

- edistetään puhtaan teknologian projekteja ja energiatehokkuutta laivanrakennuksessa ja tulevaisuuden laivamoottorien valmistelussa ja suunnittelussa, mukaan lukien päästövähennysteknologiat raskaan polttoöljyn käytön yhteydessä, ja vaikutetaan riittävään panostukseen näihin sektoreihin EU:n tutkimusohjelmissa, mukaan lukien vedyn sekä tuuli- aurinko- ja aaltoenergian käytön kehittäminen
- luodaan valtionhallinnon, elinkeinon ja tutkimuslaitosten yhdysverkko, jonka tehtävänä on seurata aktiivisesti kansallista ja kansainvälistä työtä laivojen vaihtoehtoisten polttoaineiden ja uusien käyttövoimien sekä raskaiden polttoaineiden käyttöön liittyvän päästövähennysteknologian käytön edistämiseksi ja tehdä toimenpiteitä koskevia aloitteita; liikennehallinnon vetovastuulla ja käyttäen hyväksi liikenteen uutta virtuaalista tutkimuskeskusta (Fintrip)
- edistetään LNG:n käyttöönottoa laivaliikenteessä:
 - panostetaan laivojen kaasuntankkaukseen Suomessa LNG-toimintaohjelman mukaisesti, ottaen myös huomioon synergiaedut kotimaan teollisuuden ja raskaan liikenteen tarpeiden kanssa sekä tarpeen EU:n laajuiselle LNG-infrastruktuurille
 - selvitetään taloudellisten kannustinten käyttöä LNG-infrastruktuurin rakentamisessa ja LNG-käyttöisten laivojen hankinnassa, kuten investointitukien ja alushankintatakausten käyttöä, tavoitteena sisällyttää tarvittavat määrärahat vuoden 2014 valtion talousarvioon
 - toimitaan aktiivisesti kansainvälisellä tasolla (IMO, EU ja HELCOM) LNG:n käyttöönoton edistämiseksi laivapolttoaineena, mukaan lukien LNG-infrastruktuurin rakentaminen sekä LNG-säätelyn ja ohjeistuksen valmistelu erityisesti LNG-bunkrauksen osalta
- tarkastellaan vuoden 2013 loppuun mennessä mahdollisuuksia kehittää kotimaisia biopolttoaineita laivaliikenteen käyttöön, erityisesti myös kotimaan saaristo- ja sisävesiliikenteen tarpeisiin.
- edistetään maasähkön käytön lisäämistä laivojen satamassa käyntien yhteydessä, ottaen myös huomioon vaihtoehtoisten polttoaineiden vaikutus, ja vaikutetaan kansainvälisten kytkentästandardien yhdenmukaistamiseen
- panostetaan sähkönkäytön lisäämiseen veneilyssä muun muassa latauspisteiden sijainnin suunnittelussa sekä lataustekniikoiden kehittämisessä.

EHDOTUS:

LNG-toimintaohjelma

- nesteytetyn maakaasun käyttöönotto laivaliikenteessä

LNG-toimintaohjelma 2013 – 2017

Liikenne- ja viestintäministeriön johdolla on valmisteltu luonnos LNG -toimintaohjelmaksi, jolla edistettäisiin nesteytetyn maakaasun LNG:n käyttöönottoa laivaliikenteessä seuraavien linjausten pohjalta:

- panostetaan laivojen kaasuntankkaukseen Suomessa, ottaen myös huomioon synergiaedut kotimaan teollisuuden ja raskaan liikenteen tarpeiden kanssa sekä tarpeen EU:n laajuiselle LNG-infrastruktuurille;
- selvitetään taloudellisten kannustimien käyttöä LNG-infrastruktuurin rakentamisessa ja LNG-käyttöisten laivojen hankinnassa, kuten investointitukien ja alushankintatakausten käyttöä; ja
- toimitaan aktiivisesti kansainvälisellä tasolla (IMO, EU ja HELCOM) LNG:n käyttöönoton edistämiseksi laivapolttoaineena, mukaan lukien LNG-infrastruktuurin rakentaminen sekä LNG-säätelyn ja ohjeistuksen valmistelu erityisesti LNG-bunkrauksen osalta.

Taustaa

Luonnos LNG -toimintaohjelmaksi on laadittu liikenne- ja viestintäministeriön 24.1.2012 asettaman "Tulevaisuuden käyttövoimat liikenteessä" -työryhmän puitteissa. Tehtävänä oli muun muassa kartoittaa laivojen vaihtoehtoihin polttoaineisiin liittyvät selvitykset EU:n tasolla, erityisesti LNG:n osalta, sekä siihen liittyvä tutkimus- ja kehitystyön tilanne. Tehtävänä oli myös laatia ehdotukset Suomen toiminnasta LNG:n käytön edistämiseksi laivojen polttoaineena erityisesti Itämeren alueella sekä erityisesti EU:ssa ja IMO:ssa tarvittavan ohjeistuksen ja sääntelykehityksen valmistamisen osalta. Työssä oli edustajia liikenne- ja viestintäministeriöstä, ympäristöministeriöstä, Liikenteen turvallisuusvirastosta, Suomen Varustamot ry:stä, Suomen Satamaliitosta, Helsingin satamasta, Turun satamasta, VTT:ltä, Neste Oil:sta, Gasumista ja Wärtsilästä. Työn aikana kuultiin eri alojen asiantuntijoita.

Nesteytetyn maakaasun (Liquified Natural Gas, LNG) käyttö laivojen polttoaineena edellyttää, että LNG:n saanti ja jakelu on taattu sekä Suomessa että muulla Euroopassa. Suomen liikenteeseen tarvitaan lisäksi talviolosuhteisiin sopivia LNG-käyttöisiä laivoja ja LNG-tankkereita. Laivaliikenteen kansainvälisestä luonteesta johtuen, tulee kansainvälisellä tasolla sopia LNG:n turvallisen kuljetuksen ja käytön sääntelystä Kansainvälisessä merenkulkujärjestössä IMO:ssa ja EU:ssa. LNG-infrastruktuurin rakentaminen edellyttää yhteistyötä EU:n tasolla erityisesti rahoitukseen liittyvien kysymysten osalta. Kansallisella tasolla tulee muun muassa tarkastella rakentamisen lupaprosesseja, varautumista onnettomuuksiin sekä koulutusta.

LNG on hajuton, mauton ja myrkytön kaasu, joka ei aiheuta korroosiota eikä se ole syövyttävä. Se ei sisällä rikkiä, pienhiukkasia tai raskasmetalleja.

Harkittaessa LNG:n käyttöä laivojen polttoaineena, on tärkeitä analysoida synergiaedut myös muiden LNG-käyttäjien, kuten teollisuuden ja raskaan liikenteen kanssa.

Vaihtoehtoisten polttoaineiden käytön osalta suurin haaste on luoda edellytykset sille, että laivainvestoinnit ja infrastruktuuriin tehtävät investoinnit kohtaavat ajallisesti. Tarvittavien investointien laajuutta ja aikataulua ohjaa merenkulun toimijoiden siirtymisnopeus LNG:n käyttöön. Erilaiset tukimuodot kansallisella ja EU:n tasolla nousevat tässä yhteydessä keskeisesti esille.

LNG:n käytön edistäminen edellyttää toimenpiteitä valtionhallinnolta, kunnilta, satamilta, satamaoperaattoreilta, varustamoilta, elinkeinolta, pelastustoimelta ja investoijilta. Selkeitä vastuuministeriöitä valtionhallinnossa ovat liikenne- ja viestintäministeriö, työ- ja elinkeinoministeriö, valtiovarainministeriö, sosiaali- ja terveysministeriö, ympäristöministeriö ja sisäasiainministeriö.

LNG -toimintaohjelman valmistelussa on tarkasteltu kesäkuussa 2012 loppuraporttinsa luovuttaneen Pohjois-Euroopan LNG-infrastruktuurihankkeen suosituksia. Suomi osallistui tähän Tanskan johdolla sekä osittain EU:n rahoituksella tehtyyn hankkeeseen.

Luonnosta LNG -toimintaohjelmaksi tullaan tarkentamaan EU:n komission vaihtoehtoisia polttoaineita koskevan tiedonannon ja lainsäädäntöehdotuksen pohjalta.

Seuraavassa käydään läpi LNG -toimintaohjelman eri osa-alueet vastuullisten toimijoiden sekä aikataulutavoitteiden osalta:

I Polttoainetankkaus (bunkraus)	
1. Bunkrauksen suoritustapaa tulee miettiä varhaisessa vaiheessa	
<p>Bunkraus voidaan suorittaa joko kiinteästä LNG-säiliöstä, aluksesta toiseen tai tankkiautosta. Bunkraustapaa valittaessa merkittäviä tekijöitä ovat bunkrattavan polttoaineen määrä, bunkrauspaikka ja ympäristö, jossa bunkraus suoritetaan. Kiinteästä LNG-säiliöstä putken kautta tapahtuva bunkraus voidaan suorittaa kaikkensuuruisiin tarpeisiin. Aluksesta toiseen tapahtuva bunkraus on suositeltavaa aluksiin, joiden bunkraustarve on $\geq 100 \text{ m}^3$. Tankkiautosta tehtävää bunkrausta suositellaan, mikäli bunkraustarve on muutamasta kuutiosta 200 m^3 asti. Tankkausautosta tapahtuva bunkraus edellyttää myös maapuolen kuljetusjärjestelyjen tarkastelua.</p>	
Aikataulu	2013 - 2015
Avaintoimijat	<p>a) Suomessa: kaasun toimittajat, varustamot, satamanpitäjät, satamaoperaattorit, pelastustoimi, investoijat, kunnat (mm. kaavoitus), laivojen suunnittelutoimistot ja telakat, säiliöautoyritykset</p> <p>b) kansainvälisesti: investoijat</p>
Vastuuministeriöt	LVM, TEM, SM, YM
II LNG-infrastruktuuria koskevat taloudelliset näkökohdat	
2. LNG-infrastruktuurin rakentamiseen liittyvien taloudellisten kannustimien selvittäminen	
<p>Maalle rakennettavan LNG-infrastruktuurin rakentamiseksi suositellaan taloudellisia kannustimia. Taloudellisten kannustimien tulisi olla riittävät, jotta LNG:n vähittäishinnat saadaan vastaamaan noin 8 vuoden takaisinmaksuaikaa. Taloudellisia kannustimia pohdittaessa tulee arvioida investoinnit sekä LNG-infrastruktuuriin että LNG-kuljetus- ja bunkrausaluksiin. Lisäksi tulee analysoida synergiaedut muiden LNG-käyttäjien, kuten teollisuuden ja raskaan liikenteen kanssa.</p>	
Aikataulu	kiireellinen
Avaintoimijat	<p>a) Suomessa: valtionhallinto, rahoituslaitokset</p> <p>b) kansainvälisesti/EU: EIB, NIB, EU:n komissio</p>
Vastuuministeriöt	VM, LVM, TEM
3. LNG-bunkraukseen liittyvien liiketoimintojen suunnittelu ja projektirahoitus	
<p>Suosittelaaan kehitettäväksi tutkimushankkeita, kuten tarveanalyysyjä, LNG-jakelun logistisia kysymyksiä kartoittavia hankkeita, terminaalien kapasiteetin, designin ja sijoituspaikan suunnitteluhankkeita ja niitä koskevia karkeita rahoitus- ja talouslaskelmia, joihin voi hakea projektirahoitusta EU:n instrumenteista. EU:lla on ollut rahoitushakuja ja lisää on luvassa.</p> <p>Esimerkiksi Gasum on tehnyt osana oma liiketoimintojen kehitystyötä tarveselvityksen LNG- tuontiterminaalista, joka palvelisi merenkulun ja maakaasun nykyisen putkiverkoston ulkopuolella olevan teollisuuden tarpeita. Selvitys sisältää terminaalin sijoitusvaihtoehdot ja arvion bunkrausvaihtoehdoista eri satamissa. Selvityksen mukaan joissakin kohteissa teollisuuden tarve on jopa infrastruktuurin rakentamista ohjaava tekijä. Gasum on käynnistänyt yhdessä Turun Sataman kanssa asemakaavamuutoksen Pansion sata-</p>	

<p>man alueella, jotta LNG-tuontiterminaalin sijoitus satama-alueelle olisi mahdollista. Gasumilla on meneillä myös YVA- prosessi Porvoon ja Inkoon suuren mittakaavan LNG-tuontiterminaalin osalta.</p> <p>Suuren mittakaavan tuontiterminaali palvelisi merenkulun ja teollisuuden lisäksi nykyistä maakaasun siirtoverkkoa, toimittamalla siihen LNG:stä höyrystettyä maakaasua. Suuren mittakaavan LNG-terminaali hajauttaisi myös maakaasun hankintaa, mikä parantaisi ja myös varmistaisi maakaasun toimitusvarmuutta.</p>	
Aikataulu	2013 - 2020; painotus ajanjaksolla 2013 – 2016
Avaintoimijat	a) Suomessa: kaasun toimittajat, satamanpitäjät, varustamot, tutkimuslaitokset, potentiaaliset rahoittajat b) kansainvälisesti/EU: EU:n komissio
Vastuuministeriöt	LVM, TEM, VM, YM
<p>4. Paikallisten ja alueellisten satamaklustereiden yhteistoimintamallien luominen</p> <p>Alueellisen ja paikallisen LNG:n infrastruktuurin kehittämiseksi ja liiketoimintasuunnitelmien käynnistämiseksi suositellaan paikallisten ja alueellisten satamaklustereiden perustamista. Tämä on ajankohtaista seuraavan 10 vuoden aikana, kuitenkin niin, että painotus on ensimmäisten vuosien aikana (2013-2016).</p> <p>LNG:n käyttö laivojen polttoaineena on vapautettu valmisteverosta, mikä on otettava huomioon suunniteltaessa LNG:n luovuttamista varastoista laivojen käyttöön.</p> <p>Turun yliopiston Merenkulkualan koulutus- ja tutkimuskeskus (MKK) ja Turun kauppakorkeakoulun Porin yksikkö tekivät syksyllä 2012 esiselvityksen maakaasun liiketoiminnallisista mahdollisuuksista Satakunnassa. Hanketyö selvitti LNG mahdollisuuksia LNG:n potentiaalisen kysynnän ja jakelun toteuttamisen mahdollisuuksia merenkulussa, teollisuus- ja liikennekäytössä sekä kartoitti niihin liittyviä liiketoimintamahdollisuuksia.</p>	
Aikataulu	2013 - 2020; painotus ajanjaksolle 2013-2016
Avaintoimijat	a) Suomessa: satamanpitäjä, satamaoperaattorit, kunnat kaasuntoimittajat, Tulli, teollisuus, varustamot b) kansainvälisesti/EU: rajat ylittävä yhteistyö satamien ja satamaoperaattoreiden, kuntien, kaasuntoimittajien ja teollisuuden välillä
Vastuuministeriöt	LVM, TEM, VM, YM
<p>5. Varhaisen minimi-infrastruktuurin luominen ja vakaiden markkinoiden varmistaminen</p> <p>LNG:n käyttöönoton nopeuttamiseksi ja helpottamiseksi sekä markkinoiden takaamiseksi suositellaan laaja-alaista yhteistyötä myös merenkulun ulkopuolella olevien kaasun loppukäyttäjien kesken, esimerkiksi teollisuuden ja raskaan maantieliikenteen kanssa. Näin taataan LNG:n minimi-infrastruktuuri ja vakautetaan markkinoita.</p> <p>Gasumin selvitysten mukaan merenkulun ja teollisuuden tarpeista muodostuu tarvittava LNG- käyttöpotentiaali Suomessa. Merenkulun tarpeet hajautuvat kuitenkin eri satamiin ja koska rannikkoa kattavaa LNG-infrastruktuuria ei vielä ole, kuljetukset on hoidettava säiliöautokuljetuksina kauempana olevasta terminaalista.</p>	
Aikataulu	työ käynnistynyt – 2015

Avaintoimijat	a) Suomessa: kaasuntoimittajat, teollisuus, kuljetusyritykset, liikenneviranomaiset, energiaviranomaiset, moottorivalmistajat (laiva- raskas maantieliikenne, raideliikenne) b) kansainvälisesti/EU: EU:n komissio
Vastuuministeriöt	LVM, TEM, YM
6. Kelluvan LNG-infrastruktuurin (laivat, proomut) tarpeen ja saatavuuden kartoitus	
Bunkrausalusten ja –proomujen tarvekartoitus tulee tehdä mahdollisimman pikaisesti, sillä uusien alusten rakentaminen ja toimitus kestää noin kaksi vuotta. Kartoituksessa tulee huomioida myös Suomen talviolosuhteiden asettamat vaatimukset.	
Aikataulu	kiireellinen, 2013 – 2014
Avaintoimijat	a) Suomessa: varustamot, kaasuntoimittajat, jakeluyritykset, laivasuunnitteluyritykset, telakat b) kansainvälisesti/EU:
Vastuuministeriöt	LVM, TEM
III LNG-laivaston hankkiminen Suomen lipun alle	
7. Selvitetään eri rahoitusvälineiden käyttöä laivojen hankintaan	
Selvitetään taloudellisten kannustimien käyttöä LNG:tä polttoaineena käyttävien laivojen hankinnassa, kuten investointitukien ja alushankintatakausten käyttöä.	
Suomen lipun alla purjehtivan tonniston keski-ikä on nykyään noin 17 vuotta, mikä on kansainvälisesti verrattuna korkea. LNG:n käyttö on varteenotettava vaihtoehto uudisrakennuksissa. Sen sijaan nykyisten laivojen muuntamista LNG-käyttöisiksi ei pidetä kustannustehokkaana.	
Aikataulu	kiireellinen
Avaintoimijat	a) Suomessa: varustamot, Finnvera, Tekes, rahoituslaitokset, huoltovarmuuskeskus b) kansainvälisesti/EU: EU:n komissio, EIB, NIB
Vastuuministeriöt	TEM, VM, LVM
IV Turvallisuus	
8. Pienimittakaavaisen LNG-toiminnan määrittely	
Pienimittakaavaisen LNG- toiminnan määritelmäksi suositellaan LNG-tankkikapasiteettia, joka on $\leq 10.000 \text{ m}^3$ ja bunkrausputken läpimittaa, joka < 7 tuumaa.	
Suuri osa LNG:n käyttöön liittyvästä sääntelystä on nykyään tehty koskemaan suurimittakaavaista LNG:n tuontia ja LNG-teollisuutta. Kokospesifit ja määrälliset vaatimukset ovat tärkeitä lainsäätäjille pohdittaessa pienimittakaavaisen LNG:n bunkrauksen muiden LNG:n käyttöön liittyvien toimintojen sääntelyä.	
Aikataulu	kiireellinen 2013 - 2014

Avaintoimijat	a) Suomessa: Turvallisuus- ja kemikaalivirasto (Tukes), Liikenteen turvallisuusvirasto Trafi, Liikennevirasto, pelastustoimi b) kansainvälisesti/EU: EU:n komissio, EMSA
Vastuuministeriöt	LVM, TEM, SM, STM, YM
9. Ohjesäännöt LNG-bunkraukseen liittyvien turvallisuusanalyysien tekemiseen	
<p>Tulee kehittää ohjesäännöt riskimallinnuksen tarpeisiin sekä turvallisuusanalyysien, että riskianalyysien tekemiseksi. On arvioitu, että ohjesääntöjen kehitystyö on saatu päätökseen ja niitä on alettu toimeenpanna noin 2013 tai 2014. Aiheeseen liittyen on tekeillä myös ISO TC67/WG10 –standardi.</p> <p>Tankkausautosta tapahtuva bunkraus edellyttää myös vaarallisten aineiden kuljetusta koskevan lainsäädännön tarkastelua.</p>	
Aikataulu	kiireellinen 2013 - 2014
Avaintoimijat	a) Suomessa: Tukes, Trafi, pelastuslaitokset, tutkimuslaitokset (mm. VTT) ja korkeakoulut b) kansainvälisesti/EU: IMO, EU, EMSA
Vastuuministeriöt	LVM, TEM, SM, STM
10. Onnettomuus- ja vahinkotilanteiden raportointi ja analysointi	
<p>Kehitetään yhtenäinen järjestelmä, jonka perusteella raportoidaan LNG:n bunkraukseen liittyvistä vahingoista ja onnettomuuksista maalla ja aluksissa. Määritellään vastuutaho, joka analysoi raportit ja tekee ehdotukset korjaaviksi toimenpiteiksi.</p> <p>Järjestelmän tulisi olla valmis LNG- bunkrausaseman toiminnan alkaessa, joten yhtenäiset raportointikäytännöt tulisi luoda kiireellisesti.</p>	
Aikataulu	kiireellinen
Avaintoimijat	a) Suomessa: YM, tutkimuslaitokset ja korkeakoulut, pelastuslaitokset, Tulli, Onnettomuustutkintakeskus (OTKES), Tukes, Trafi b) kansainvälisesti/EU: IMO, EU, EMSA
Vastuuministeriöt	OM, LVM, TEM, SM, STM
11. LNG-bunkrausta koskevan lainsäädännön ja standardien harmonisointi	
<p>LNG-bunkrausta maalla ja merellä koskevan lainsäädännön, määräysten ja standardien harmonisointi on tarpeen, jotta voidaan taata yhtäläiset turvallisuustasot kaikille bunkraustavoille. Harmonisointi on tarpeen tehdä kiireellisesti, jotta lainsäädäntö ei ohjaisi valintaa erilaisten bunkraustapojen välillä.</p> <p>Euroopan meriturvallisuusviraston EMSAn käynnisti selvityksen aiheesta. Selvityksen tekijänä toimi Germanischer Lloyd ja raportti valmistui alkuvuonna 2013. Elinkeinon toimijat ml. satamat ovat olleet mukana prosessissa.</p> <p>Peruslähtökohtana LNG- sääntelylle olisi, ettei tarvita uutta erillistä lainsäädäntöä LNG:n bunkrauksesta ja käytöstä, mutta tilanne on arvioitava uudelleen kun kokemusta LNG:n käytöstä on kertynyt enemmän.</p> <p>LNG:n käytössä tulee myös kiinnittää huomiota EU:n meristrategiadirektiivin (2008/56/EU) merenhoidon tavoitteeseen meren hyvästä tilasta vuoteen 2020 mennessä.</p>	

sä.	
Aikataulu	kiireellinen
Avaintoimijat	a) Suomessa: Tukes, Trafi, pelastustoimi b) kansainvälisesti/EU: EU:n komisso, EMSA, IMO
Vastuuministeriöt	LVM, TEM, SM, STM, YM
12. LNG-kuljetuslaivojen luotsaustarve Suomen vesialueella ja Itämerellä	
<p>Asiasta tulee keskustella sekä kansainvälisessä yhteistyössä Itämeren maiden kanssa että kansallisesti.</p> <p>Suosittelaaan että LNG:tä kuljettavia laivoja kohdellaan IMO:ssa ja kansallisesti samalla tavoin kuin muita haitallisia aineita kuljettavia laivoja.</p> <p>LNG-laivat, jotka kuljettavat nesteytettyä kaasua irtolastina, ovat luotsauslain mukaisesti luotsinkäyttövelvollisia aluksen koosta riippumatta. Liikenne- ja viestintäministeriö, Trafi ja Suomen ympäristökeskus tekivät selvityksen koskien pienten säiliöalusten luotsinkäyttövelvollisuutta. Selvityksen tulokset puoltavat mahdollista luotsinkäyttövapautuksen myöntämistä näille aluksille.</p>	
Aikataulu	kiireellinen
Avaintoimijat	a) Suomessa: Trafi, Liikennevirasto b) kansainvälisesti/EU: Itämeren maiden merenkulkuhallinnot, HELCOM, EU:n komissio, EMSA
Vastuuministeriöt	LVM, YM
V Tekniset ja operatiiviset näkökohdat	
13. Talvimerenkulun haasteet	
<p>Purjehtiminen jääolosuhteissa ja säännökset laivoilta vaadittavasta jääluokasta tulee ottaa huomioon suunniteltaessa LNG:n kuljettamista irtolastina Suomeen ja Suomen rannikoilla. LNG-tankkereille asetetut jääluokkavaatimukset Suomessa ja Itämerellä tulee huomioida jo laivojen suunnitteluvaiheessa.</p>	
Aikataulu	kiireellinen
Avaintoimijat	a) Suomessa: kaasuntoimittajat, varustamot, Trafi, Liikennevirasto, laivojen suunnittelutoimistot ja telakat b) kansainvälisesti/EU: IMO, EU, EMSA
Vastuuministeriöt	LVM
14. LNG-bunkrauksen ohjesäännöt lastauksen ja purkamisen aikana	
<p>LNG-bunkrauksen uusia globaaleja ohjesääntöjä (IMO:n IGF-koodi) ja ISO-standardeja kehitettäessä tulee huomioida, että bunkraus tulee voida suorittaa lastin ja matkustajien purkamisen ja lastauksen aikana.</p> <p>IMO:ssa neuvotellaan IGF-koodista, jonka pitäisi valmistua vuonna 2014. IMO:n väliaikaiset ohjeet on annettu päätöslauselmalla MSC.285(86), joka hyväksyttiin 1.6.2009. ISO-standardin tulisi myös valmistua vuonna 2014 (ISO TC/67/WG 10 uudet ohjesäännöt).</p>	
Aikataulu	2013 – 2014

Avaintoimijat	a) Suomessa: Trafi, Tukes, pelastustoimi, satamanpitäjät, kaasuntoimittajat, satamaoperaattorit, varustamot b) kansainvälisesti/EU: IMO, EU, EMSA
Vastuuministeriöt	LVM, TEM, STM, SM
15. Toiminta LNG-bunkrauksen vahinkotilanteissa	
<p>LNG-bunkraukseen liittyvien vahinkotilanteisiin liittyen suositellaan käytettäväksi hätäkatkaisujärjestelmää (ESD) ja viestintäjärjestelmää kaasuvuotojen ehkäisemiseksi sekä bunkrauspuolella että bunkrattavassa aluksessa.</p> <p>Asiaa käsitellään parhaillaan IMO:ssa kehitteillä olevan IGF-koodin yhteydessä, samoin ISO TC 67/WG 10 uusien ohjesääntöjen kehitystyön yhteydessä.</p> <p>Tulisi kartoittaa tarve kehittää laajoja aluskemikaalivahinkoja koskevaa torjuntaa niin kaluston kuin osaamisen osalta.</p>	
Aikataulu	2013 – 2014
Avaintoimijat	a) Suomessa: Tulli, kaasuntoimittajat, varustamot, satamanpitäjät, satamaoperaattorit, laivasuunnittelutoimistot, telakat b) kansainvälisesti/EU: IMO, EU, EMSA
Vastuuministeriöt	SM, LVM, TEM, STM, YM
16. Toiminta LNG-bunkrauksen häiriötilanteissa	
<p>LNG-bunkraukseen liittyvien häiriötilanteisiin varautumiseksi suositellaan automaattisen LNG:n bunkrausputken irrottamisjärjestelmän (ERS) käyttöönottoa.</p> <p>Järjestelmä irrottaa automaattisesti häiriötilanteessa bunkrausputken aluksesta (esim. aluksen äkillinen siirtymä). Myös tämä varautumismenetelmä on mukana keskusteltaessa IMO:n IGF- koodin sisällöstä ja ISO TC 67/WG 10 uudet ohjesäännöt- kehitystyön yhteydessä.</p>	
Aikataulu	2013 - 2014
Avaintoimijat	a) Suomessa: kaasuntoimittajat, varustamot, satamanpitäjät, satamaoperaattorit, pelastustoimi, laivasuunnittelutoimistot, telakat b) kansainvälisesti/EU: IMO, EU EMSA
Vastuuministeriöt	SM, LVM, TEM, STM
17. LNG:n käyttöön liittyvän koulutustarpeen arviointi	
<p>On tarkasteltava koko LNG:n käyttö- ja kuljetusketjun koulutustarpeita ja tarvittaessa tehtävä koulutusvaatimusten tarkennukset, jotta tarpeelliset vaatimukset täyttyisivät mahdollisimman pikaisesti. Pienten ja keskikokoisten LNG-tankkereiden miehistön riittävä koulutus tulee varmistaa (myös bunkrausaluksen miehistölle). LNG:tä polttoaineena käytävien alusten ja pienten ja keskikokoisten LNG-terminaalien henkilökunnan koulutus tulee myös järjestää samoin kuin ympäristövahinkojen torjunnasta vastaaville tahoille.</p>	
Aikataulu	tarvekartoitus kiireellinen
Avaintoimijat	a) Suomessa: Opetushallitus (OPH), Trafi, alan oppilaitokset, varustamot, satamanpitäjät, kaasuntoimittajat b) kansainvälisesti/EU: IMO, EU, EMSA
Vastuuministeriöt	OKM, LVM, STM, YM

18. Metaanikaasuvuotojen vähentäminen	
<p>LNG on pääosin metaania ja vahva kasvihuonekaasu. Metaanikaasuvuotoihin on kiinnitettävä erityistä huomiota LNG-infrastruktuurin perustamisen yhteydessä. Tulee arvioida ne keinot, joilla metaanikaasuvuodot saadaan minimoiduiksi koko LNG:n käyttöön liittyvissä toimintaketjuissa ja –operaatioissa. Jatkuva prosessi, jossa avainasemassa ovat moottorivalmistajat.</p> <p>Jäähdyttämällä maakaasua –162 asteessa saadaan LNG:tä. Polttoaineena LNG:llä on samat ominaisuudet kuin maakaasulla, se on pääosin metaania (CH₄).</p>	
Aikataulu	jatkuva
Avaintoimijat	a) Suomessa: moottorinvalmistajat, kaasuntoimittajat, satamanpitäjät, varustamot b) kansainvälisesti/EU: IMO, EU, EMSA
Vastuuministeriöt	TEM, LVM, YM
VI Lupaprosessit	
19. Varhainen tiedottaminen LNG-hankkeista	
<p>Varhainen tiedottaminen LNG-hankkeesta sekä suurelle yleisölle että viranomaisille on oleellinen osa lupahakemusprosessia.</p>	
Aikataulu	jatkuva
Avaintoimijat	a) Suomessa: kaasuyhtiöt, satamanpitäjät, varustamot b) kansainvälisesti/EU:
Vastuuministeriöt	TEM, YM, LVM
20. Ohjesääntöjen kehittäminen LNG-terminaalien sijoittamisesta	
<p>Ohjesääntöjen tulisi valmistua noin 2013-2014.</p>	
Aikataulu	2013 – 2014
Avaintoimijat	a) Suomessa: Tukes, aluehallintovirastot (AVI), pelastustoimi, kunnat, kaasuntoimittajat b) kansainvälisesti/EU: EU:n komissio
Vastuuministeriöt	TEM, YM
21. Integroidun kansallisen lupaprosessin luominen	
<p>Suosittelallaan kansallisten lupakäytäntöjen nopeuttua, integroitua käsittelyjärjestystä, niin sanottua ”yhden pysäkin” -mallia, jolloin kansalliset viranomaiset toimisivat kiinteässä yhteistyössä lupaprosessin aikana.</p> <p>Tulisi myös pohtia sitä, voisiko LNG-fasiliteettien lupaprosesseja vauhdittaa, jotta LNG-infrastruktuuria ehdittäisiin rakentaa vuoteen 2015 mennessä.</p>	
Aikataulu	kiireellinen
Avaintoimijat	a) Suomessa: AVIt, Trafi, Liikennevirasto, Tukes, kunnat b) kansainvälisesti/EU:

