

MTT RAPORTTI 45

Kansainvälinen bioenergiakauppa – biopolttoainetavoitteiden vaikutukset maatalouteen ja viljelyalan käyttöön

Heidi Rintamäki ja Esa Aro-Heinilä



**Kansainvälinen bioenergiakauppa -
biopolttoainetavoitteiden vaikutukset
maatalouteen ja viljelyalan käyttöön**

SALKKU – hankkeen osahanke

Heidi Rintamäki ja Esa Aro-Heinilä

ISBN: 978-952-487-370-3

ISSN: 1798-6419 (Verkkajulkaisu)

www.mtt.fi/mttraportti/pdf/mttraportti45.pdf

Copyright: MTT

Kirjoittajat: Heidi Rintamäki ja Esa Aro-Heinilä

Julkaisija ja kustantaja: MTT, 31600 Jokioinen

Julkaisuvuosi: 2012

Kannen kuva: Katri Pahkala

Kansainvälinen bioenergiakauppa - biopolttoainetavoitteiden vaikutukset maatalouteen ja viljelyalan käyttöön

Heidi Rintamäki ja Esa Aro-Heinilä

MTT (Maa ja elintarviketalouden tutkimuskeskus), Talous- ja yhteiskuntatieteellinen tutkimus, Latokartanonkaari 9, 00790 Helsinki

Tiivistelmä

Maailmanlaajuinen biopolttoaineiden tuotanto on kasvanut jatkuvasti tällä vuosituuhannella. Biopolttoaineet on nähty keinona ehkäistä ilmastonmuutosta, vähentää liikenteen riippuvuutta fossiilista öljyvaroista ja edistää maaseudun kehitystä. Kannustavana tekijänä ovat toimineet viralliset edistämistoimenpiteet, jotka ovat luoneet edellytykset sekä kysynnän että tarjonnan kasvamiseen. Positiivisten odotusten vastakauksi on muodostunut huoli biomassojen tuotannon kestävydestä ja vaikutuksesta ruokaturvaan.

Tämän selvityksen ydinkysymyksenä oli tarkastella eri maissa asetettujen biopolttoainetavoitteiden vaikutuksia maatalouteen ja viljelyalan käyttöön. Tarkastelun kohteena ovat liikennekäyttöön tarkoitetut nestebiopolttoaineet. Selvityksessä tarkastellaan Fischer:n (2009) tutkimustulosten skenaarioihin biopolttoaineiden kehityksestä vuoteen 2020, 2030 ja 2050 mennessä. Fischer:n tulokset perustuvat AEZ- ja WFS-malleihin. Mallit käsittävät muun muassa demografiset ja sosioekonomiset tekijät, tuotannon ja kulutuksen dynamiikan sekä kansainvälisen kaupan dynamiikan.

Maailman liikennebiopolttoaineiden kysynnän oletetaan kasvavan myös seuraavien vuosikymmenten aikana, vuoden 2010 tasosta 150 prosenttia vuoteen 2030 mennessä. Kysynnän ennakoitaan kasvavan kaikkialla maailmassa, erityisesti kehitysmaissa, Yhdysvaltojen ja Euroopan pysyessä biopolttoaineiden suurimpina kuluttajina. Vaikka suurin osa biopolttoaineista tullaan jatkossakin tuottamaan ja kuluttamaan paikallisesti, myös niiden kansainvälisen kaupan ennakoitaan kasvavan merkittävästi. Biopolttoainetuotannon laajentamisen keinoina ovat valtion tuet, laajentuneet biopolttoaineiden käytön tavoitteet ja pakolliset sekoitussuhteet. Ensimmäisen sukupolven, viljaan ja öljysiemeniin perustuva biopolttoaineiden tuotannon kasvu vaikuttaa elintarvikkeiden hintoihin ja heikentää etenkin maailman köyhimpien pääsyä ruokamarkkinoille.

Biopolttoaineen lisääntynyt tuotanto aiheuttaa niin suoria kuin epäsuoria muutoksia maan käyttöön. Suorilla muutoksilla tarkoitetaan uuden maan käyttöönottoa biopolttoaineiden tuotantoon. Epäsuorat maan käytön muutokset johtuvat siitä, että biopolttoaineiden tuotantoon otetaan maata käyttöön jo maatalousmaana käytettävästä maasta, jolloin sen tuotanto syrjäyttää ruuan, rehun sekä kuidun tuottamiseen tarvittavaa maa-alaa.

Viljelyskelpoisen maa-alan kasvu eri biopolttoaineskenaarioissa oletetaan olevan 1–4 prosentin luokkaa globaalilla tasolla verrattuna tilanteeseen ilman biopolttoaineiden tuotantoa. Vaikutus viljelyalan tarpeeseen ei ole suuri, mutta kokonaisuutena ensimmäisen sukupolven biopolttoaineiden tuotanto nostaa merkittävästi elintarvikkeiden hintoja. Tämä heikentää etenkin maailman köyhimpien ruokaturvaa, joilla valtaosa tuloista kuluu peruselintarvikkeidensa hankintaan. Yhtäältä tilanteeseen vaikuttaa maailman väestönkasvu, joka jo itsessään luo paineen viljelymaan lisäraivaamiselle ja pellon käytön tehostamiselle. Jotta asetetut biopolttoaineiden edistämistavoitteet voidaan täyttää kestäväällä tavalla, keskeistä on panostaa toisen sukupolven biopolttoaineiden kehitykseen, joiden raaka-ainepohja perustuu sivutuotteiden ja jätejakeiden tai elintarviketuotannon kannalta marginaalisten alueiden hyödyntämiseen.

Avainsanat:

Biodiesel, Bioetanoli, peltoala, politiikkaohjelmat

International bioenergymarkets- the effects of biofuel policies on agriculture and arable area

Heidi Rintamäki ja Esa Aro-Heinilä

MTT (Agrifood Research Finland), Economics and Social Sciences, Latokartanonkaari 9, FI-00790 Helsinki

Abstract

The worldwide production of biofuels has increased continuously in this millennium. The biofuels have been seen as a means to prevent the climate change, to reduce the dependence of the fossil oil resources and to promote the development of the rural areas. The encouraging factor has been official promotion measures which have operated and have provided the necessary conditions for the growth of both the demand and the supply. The rapid growth of biofuels production has raised many concerns among experts worldwide, in particular regard to sustainability issues and the threat posed to food security.

The main purpose of this report was to examine and quantify as to what extent the biofuels production may alter the long-term outlook for agriculture and of the cultivation land. The subject of the examination was liquid biofuels that have been meant for traffic use. In the report several scenarios were examined after Fischer (2009) research results for the years 2020, 2030 and 2050. The scenario based quantitative results to be obtained from the study of Fischer are based on the AEZ and WFS models. The models comprise among others demographic and socio-economic factors, the dynamics of production and consumption and the dynamics of the international trade.

It is supposed that the demand for liquid biofuels for transportation use is increasing 150 per cent by the year 2030 from the level of 2010. It is anticipated that the demand is increasing everywhere in the world, especially in the developing countries, when the United States and Europe remain the biggest consumers of biofuels. Even though the majority of the biofuels will be produced and spent locally in the future, it is anticipated that their international trade is increasing significantly.

The methods of the expansion of the biofuel production are state subsidies, the enlarged objectives of the use of biofuels and the compulsory mixing ratios. The growth of the production of the first generation biofuels which is based on corn and the oil seed affects the prices of foods and weakens access of especially the world's poorest to the food market.

Biofuels production has increased so direct as indirect changes into the use of the land. Direct changes refer to the introduction of the new land to the biofuels production. The indirect changes in the use of the land can be the result from biofuels production displacing services or commodities (food, feed, fiber products) on land currently in production.

It is supposed the growth of the arable land in the different biofuel scenarios being 1 –4 per cent at a global level compared with a situation without the production of biofuels. Growth pressure of arable land remain moderate, however effects to food prices with first generation biofuels are high, which dilutes food security. This comes crucial when taken into account pressure that comes from population growth, as well as the fact that effects allocates the most towards the most poor which use prominent share of their income for staple foodstuff purchase. Development of second generation biofuels, which production is based on byproduct and wastes or biomass that is cultivated in marginal lands, is essential to meet political biofuel targets in sustainable manner

Keywords:

Biodiesel, Bioethanol, Arable area, governmental policies

Sisällys

1	Johdanto.....	6
1.1	Tutkimuksen tausta.....	6
1.2	Tutkimuksen tavoitteet ja rakenne	6
2	Maailman biopolttoaineiden markkinat	7
2.1	Bioetanolin markkinat	8
2.2	Biodieselin markkinat	10
2.3	Tuotantokustannukset ja kilpailukyky.....	12
3	Kansainväliseen biopolttoainemarkkinoiden kehitykseen vaikuttavat tekijät.....	13
3.1	Energian kysyntä	13
3.2	Politiikan keinot	15
3.3	Sertifikaatit	17
3.4	Maailman ruuantuotanto.....	17
3.5	Biopolttoaineiden kehitys	19
4	Biopolttoaineskenaariot	20
4.1	Viiteskenaario	20
4.1.1	Ruuan kysyntä ja tarjonta	21
4.1.2	Viljelymaan käyttö	23
4.2	Biopolttoaineskenaariot	24
4.3	Tulokset	26
4.3.1	Maataloustuotteiden hinta.....	26
4.3.2	Viljakasvien kysyntä ja tarjonta.....	27
4.3.3	Maatalouden arvonlisä.....	28
4.3.4	Viljelyala	29
4.3.5	Toisen sukupolven biopolttoaineet	30
5	Johtopäätökset	32
6	Lähdeluettelo	34

1 Johdanto

1.1 Tutkimuksen tausta

Biopolttoaineiden maailmanlaajuinen tuotanto on kasvanut viime vuosina jatkuvasti. Vuonna 2005 nestemäisten biopolttoaineiden, bioetanoli ja biodiesel, kokonaistuotanto oli noin 53,3 miljardia litraa, josta bioetanolin osuus oli yli 90 prosenttia. Vuonna 2011 saavutettiin noin 129,2 miljardin litran kokonaistuotanto, josta bioetanolin osuus oli 82 prosenttia. Suurimpia bioetanoli tuottajia ja käyttäjiä ovat Brasilia ja Yhdysvallat. Biodieseliä on tuotettu ja kulutettu eniten Euroopan unionin alueella.

Biopolttoaineet on nähty keinona ehkäistä ilmastonmuutosta, vähentää liikenteen riippuvuutta fossiilisista öljyvaroista ja edistää maaseudun kehitystä. Kannustavana tekijänä ovat toimineet viralliset edistämistoimenpiteet, jotka ovat luoneet edellytykset sekä kysynnän että tarjonnan kasvamiseen.

Positiivisten odotusten vastakainaksi on muodostunut huoli biomassojen tuotannon kestävyyydestä ja vaikutuksesta ruokaturvaan. Energiamarkkinoiden ja maataloustuotteiden välillä on ollut havaittavissa viime vuosina aiempaa suurempi kytkös. Energiahyödykkeiden, pääasiassa öljyn, kallistuminen vaikuttaa myös maataloushyödykkeiden hintoihin; korkea öljyn hinta luo biopolttoaineille sekä paremmat tuotantoedellytykset että enemmän kysyntää. Tämä taas luo paineita raaka-aineiden tarjonnalle ja nostaa samalla elintarvikkeiden hintoja. Nousevat elintarvikkeiden hinnat heikentävät etenkin maailman köyhimpien asemaa, joilla keskeinen osa tuloista menee peruselintarvikkeiden hankintaan.

Keskeinen biopolttoaineiden kehitykseen vaikuttava kysymys on biopolttoaineiden tuotantoon käytettävissä oleva peltoala. Maapallon tuotannollisesti tehokkaat viljelyalat ovat rajalliset ja uusien alueiden käyttöönotto aiheuttaa merkittäviä ympäristömuutoksia. Pellon käyttöön muodostuu yhtäältä paine kasvavan väestön taholta, kuluttajapreferenssien muutoksesta sekä tarpeesta tuottaa ympäristöä vähemmän kuormittavia biopolttoaineita.

1.2 Tutkimuksen tavoitteet ja rakenne

Tämän kirjallisuusselvityksen ydinkysymyksenä on tarkastella eri maissa asetettujen biopolttoainetavoitteiden vaikutuksia maatalouteen ja viljelyalan käyttöön. Tarkastelun kohteena on pellonkäytön kannalta kansainvälisessä kaupassa liikkuvat olennaisimmat bioenergiatuotteet, eli liikennekäyttöön tarkoitetut nestebiopolttoaineet. Siltä osin kun peltoenergiaa korvaavia tuotteita, kuten muun muassa levädiesel, selluetanoli ja –diesel, on tai tulee tarjolle, niiden tuotantomäärät ja ennakoitu kehitys on otettu huomioon pellonkäyttöpainetta vähentävänä tekijänä.

Keskeisinä toimijoina nestebiopolttoaineiden ostajina ja tuottajina tarkastellaan seuraavia maita ja alueita: USA, EU, Brasilia, Kiina ja Intia. Selvitys rajataan käsittelemään kahta kansainvälisen bioenergiakaupan tuotetta, bioetanolia ja biodieseliä, jotka ovat pellonkäytön kannalta olennaisimmat tuotteet.

Johdannon jälkeen selvityksen luvussa kaksi tarkastellaan tämän hetkisiä biopolttoainemarkkinoita, niiden rakennetta ja kehitystä. Luvussa kolme tarkastellaan kansainväliseen biopolttoainemarkkinoiden kehitykseen vaikuttavia tekijöitä, niin energian kysynnän kehitysnäkymiä, globaalia ruuantuotannon problematiikka kuin politiikan keinoja. Luvussa neljä esitellään aluksi eri biopolttoaineskenaariot, minkä jälkeen tarkastellaan tarkemmin eri skenaarioiden vaikutuksia globaaliin ruokahuoltoon ja maan käyttöön sekä toisen sukupolven biopolttoaineiden mahdollisuuksia vähentää maankäyttöön kohdistuvia paineita.

Tarkasteltavat biopolttoaineskenaariot ja niiden vaikutukset on saatu Fischer:n (2009) tutkimustuloksista. Hänen tutkimuksensa nimenomaisena tarkoituksena oli määritellä missä laajuudessa biopolttoaineiden laajentuva tuotanto vaikuttaa pitkällä aikavälillä ruuan ja maatalousresurssien saatavuuteen. Fischer:n tutkimustulokset perustuvat FAO/IIASA:n Agro-ecological Zone (AEZ) -malliin sekä IIASA:n maailman ruokajärjestelmä (WFS) -malliin.

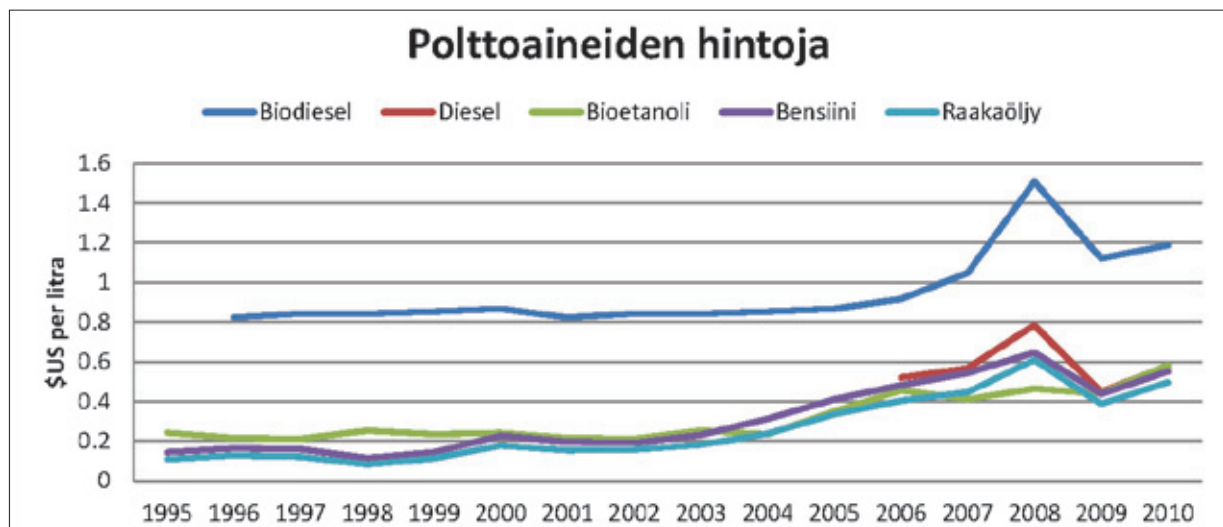
2 Maailman biopolttoaineiden markkinat

Nestemäisiä biopolttoaineita on valmistettu 1800-luvun alusta lähtien, niin Samuel Moreyn, Nicholas Otton, Henry Dieselin kuin Henry Fordin kehittämiin moottoreihin. Niiden osuus kokonaispolttoaineen kulutuksesta oli pieni 1900-luvun alussa, ja niitä tuettiin politiikan keinoin Euroopassa, erityisesti Ranskassa ja Saksassa, joissa niiden osuus saavutti lähes 5 prosenttia polttoaineiden kokonaistarjonnasta. Ensimmäisen ja Toisen Maailmansodan aikoina nestemäiset biopolttoaineet täydensivät raakaöljyn käyttöä Euroopassa, Brasiliassa ja Yhdysvalloissa. (Kovarik 1998.) Sodanjälkeinen demobilisaatio ja uusien öljykenttien kehittyminen 1940-luvulla johtivat edullisen raakaöljyn liikatarjontaan ja ne käytännöllisesti katsoen eliminoivat nestemäiset biopolttoaineet maailman polttoainemarkkinoilta. Kiinnostus kaupalliselle nestemäisten biopolttoaineiden tuotannolle kasvoi uudelleen 1970-luvun öljykriisien myötä, kun haluttiin löytää vaihtoehtoja tuodulle raakaöljylle. Brasilia, jolla oli ollut pientä sokeriruokoon perustuvaa etanolateollisuutta jo 1930-luvulta lähtien, perusti kansallisen Proálcool-ohjelman edistääkseen kotimaista polttoainevajettaan ja laajentaakseen maatalousteollisuuttaan. Varsinkin toinen öljykriisi vuonna 1979 sai Brasilian hallituksen priorisoimaan etanolin tuotannon ja 1980-luvun puolivälissä etanoli kattoi 60 prosenttia maan kokonaispolttoaineiden kulutuksesta. 1970-luvun korkeat ja epävakaa raakaöljyn hinnat motivoivat Yhdysvaltoja käynnistämään oman maissipohjaisen polttoaine-etanoliohjelmansa vuosikymmenen loppuun mennessä. (Berg 2004.) Vuonna 2010 Brasilian (26,7 miljardia litraa) ja Yhdysvaltojen (48,5 miljardia litraa) etanolin tuotanto kattoi noin 90 prosenttia maailman etanolin tuotannosta polttoainekäyttöön. (OECD.Stat 2011.)

Raakaöljyn hinta kaksinkertaistui vuosien 2004 ja 2005 aikana. Tämä ja vuonna 2006 kohonneet maailmanmarkkinahinnat ovat voimistaneet olennaisesti bioenergiaan kohdistunutta kiinnostusta ja investointeja maailmanlaajuisesti. Taloudellinen laskusuhdanne vaikutti myös biopolttoaineiden markkinoihin. Vuoden 2008 puolivälistä vuoden 2009 puoliväliin kestänyt heikko energian hinta aiheutti biopolttoaineiden raaka-ainekasvien tuottomarginaalin laskun, joka yhdessä talouskriisin kanssa viivytti yksityisten sijoittajien investointeja ympäri maailmaa. Tämä ja joissain maissa vähentynyt biopolttoaineiden poliittinen tuki, sekä huolet biopolttoaineiden tuotannon vakaudesta ovat myötävaikuttaneet sektorin teollisen kapasiteetin laajentumisen hidastumiseen. Biopolttoaineiden hinnat laskivat vuodesta 2008 vuoteen 2009 bioetanolin osalta 6 prosentilla ja biodieselin osalta 26 prosentilla. (OECD/FAO 2010, 84.)

Vuoden 2009 toisen puoliskon jälkeen, ovat vakaammat mineraaliöljyjen hinnat ja toimeenpannut sitoutumiset korkeampiin biopolttoainesekoitusasteisiin, käynnistäneet kiihtyvän bioetanolin ja biodieselin kysynnän ja sen seurauksena myös biopolttoainetuotannossa käytettävien raaka-aineiden kysynnän. Biopolttoaineiden kasvavaan kysyntään ovat myös myötävaikuttaneet viime aikoina voimistuneet biopolttoaineiden maailmanmarkkinahinnat. (OECD/FAO 2010, 84.)

Biopolttoaineiden hinnat, niin kansainvälisillä kuin kansallisilla markkinoilla määräytyvät alueellisten lyhyen aikavälin kysynnän ja tarjonnan mukaisesti, joihin osaltaan vaikuttaa harjoitettu biopolttoaineiden edistämispolitiikka. Pitkällä aikavälillä on ollut havaittavissa biopolttoaineiden hintakehityksen noudattavan samankaltaista trendiä kuin raakaöljyn ja fossiilisten polttoaineiden hinnat (Kuva 1). Kallistuva energian hinta ei välttämättä tee biopolt-



Kuva 1. Raakaöljyn ja nestemäisten polttoaineiden hintoja vuosilta 1981–2010 (OECD.Stat 2011, Index Mundi 2011).

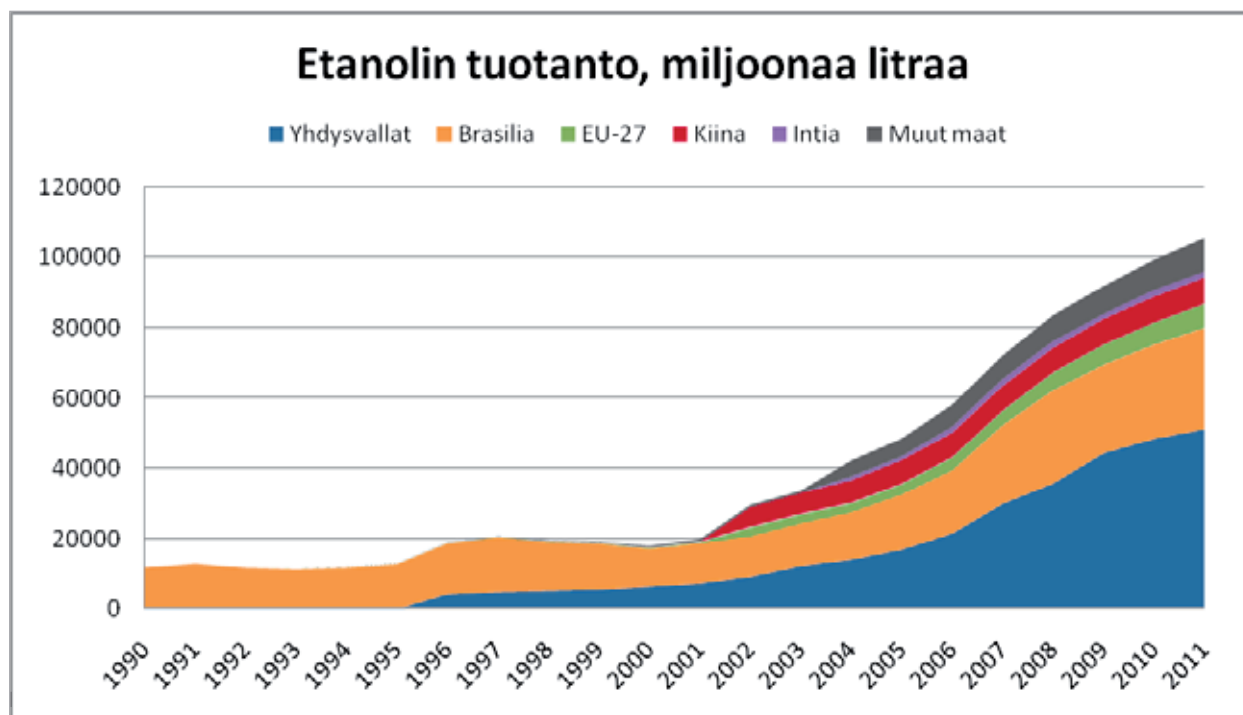
toaineista sen kilpailukykyisempiä, sillä energiakasvien kohonnut hintakehitys on kasvattanut biopolttoaineiden tuotantokustannuksia. (WBGU 2010, 40.) Nestemäisten biopolttoaineiden kauppavirtojen analysoiminen voidaan tehdä vain summittaisesti, koska prosessoidun bioenergian tavaraliikenne harvoin sisältyy virallisiin kauppavirtojen tilastoihin. Lisäksi raaka-aineet ovat vaikeasti kohdennettavia, sillä kasvit kuten maissi, sokeriruoko ja öljykasvit, voidaan hyödyntää moneen eri tarkoitukseen kuten, energiaksi, rehuksi tai ruuaksi. Tämän takia on vaikeaa määrittellä tarkasti nestemäisten biopolttoaineiden kauppavirtoja. (WBGU 2010, 39.)

2.1 Bioetanolin markkinat

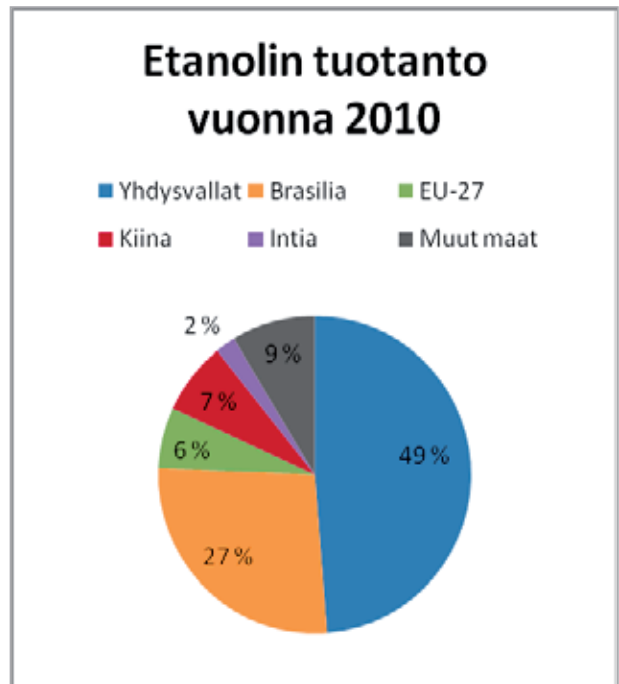
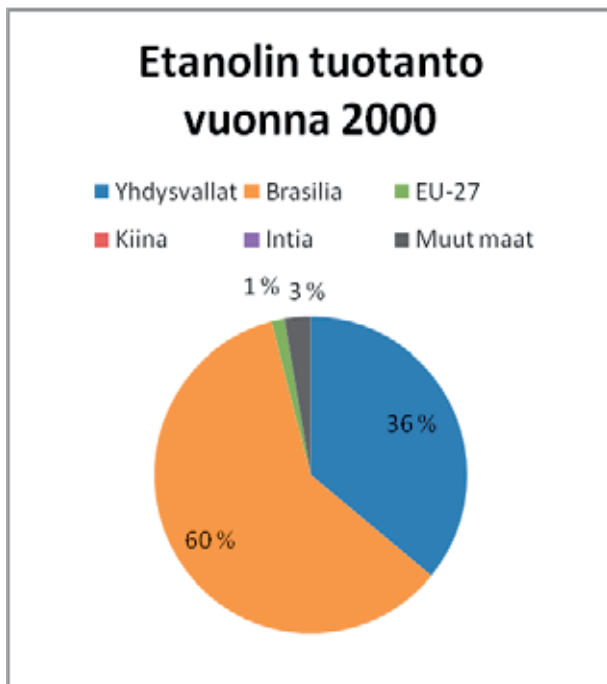
Bioetanolia voidaan tuottaa käymisprosessin avulla kaikista sokeripitoisista tai sokeriksi muunnettavissa olevista raaka-aineista. Nykyisin yleisimpiä bioetanolin raaka-aineita ovat tärkkelyspitoiset vilja ja maissi sekä sokeripitoiset sokeriruoko ja -juurikas. Sokeripitoiset raaka-aineet voidaan käyttää suoraan etanoliksi, kun taas tärkkelyspitoisesta raaka-aineesta tärkkelys on ennen käyttämistä hydrolysoitava entsyymejä käyttäen sokeriksi. (WEC 2010.)

Bioetanolin yleisimmät sekoitussuhteet ovat viisi prosenttia (E5) ja 10 prosenttia (E10), niin kutsutut mukautuvaa polttoainetta käyttävät kulkuneuvot, eli flexible fuel-autot, voivat käyttää E85, jonka sekoitussuhteessa on 85 prosenttia etanolia. Bioetanolilitran energiasisältö on noin 65 tilavuusprosenttia fossiiliseen bensiiniin verrattuna, jolloin saman matkan kulkeakseen bioetanolia tarvitsee käyttää puolitoista kertaa fossiilisen bensiinin verran.

Brasiliassa ja Yhdysvalloilla on ollut dominoiva asema bioetanolin tuotannossa. Näiden maiden yhteenlaskettu osuus koko maailman bioetanolin tuotannosta oli yli 90 prosenttia aina vuoteen 2005 asti, jonka jälkeen se on hieman laskenut muun muassa EU:n aloitettua oman bioetanolin tuotantonsa. Kuvasta 2 on nähtävissä maailman bioetanolin tuotannon kehitys. Noin puolet maailman bioetanolista tuotettiin vuonna 2010 Yhdysvalloissa, ja lähes kaikki tuotos saatiin pohjoisen Keskilännen maissiviljelmiltä. Brasiliassa tuotettiin hieman yli neljännes maailman bioetanolista vuonna 2010, kun kymmenen vuotta aiemmin osuus oli 60 prosenttia (Kuva 3). Brasiliassa tuotetaan bioetanolia pääsääntöisesti sokeriruokosta. Bioetanolia tuotetaan EU:n alueella käyttämällä pääsääntöisesti viljaa ja sokerijuurikasta, suurimpia tuottajamaita ovat Espanja, Ruotsi, Ranska ja Saksa. Kiinassa tuotetaan bioetanolia maissista, vehnästä ja sokeriruokosta, pääsääntöisesti teollisuuden tarpeisiin. Intiassa sokeriruoko ja kassava (maniokki) ovat bioetanolituotannon pääraaka-aineet. (WEC 2010).

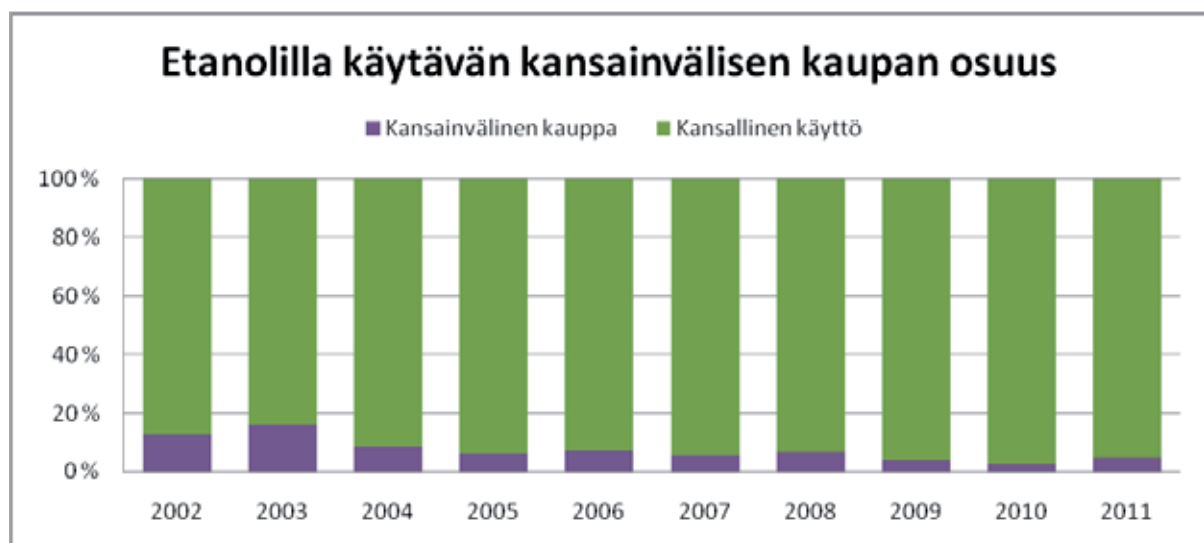


Kuva 3. Maailman bioetanolituotannon jakautuminen vuosina 2000 ja 2010 (OECD.Stat 2011).



Yhdysvaltojen bioetanolin kulutus ohitti Brasilian kulutuksen vuonna 2002. Kaikesta bioetanolista kulutettiin vuonna 2010 Yhdysvalloissa 47 prosenttia ja Brasiliassa vastaava luku oli 24 prosenttia. Kiinassa ja Euroopassa kulutettiin molemmissa noin kahdeksan prosenttia ja Intiassa kaksi prosenttia koko maailman bioetanolista. Bioetanolin kulutus oli 1,8 prosenttia vuonna 2008 koko maailman bioenergian käytöstä (WBGU 2010, 35).

Kansainvälinen bioetanolin kauppa on vähäistä. Keskimäärin vain noin kuudella prosentilla koko maailman bioetanolin tuotannosta on käyty vuosittain kauppaa tämän vuosituhannen ensimmäisellä vuosikymmenellä. Brasilian osuus oli yli puolet vientimarkkinoista vuonna 2006. Pakistan, Yhdysvallat, Etelä-Afrikka, Ukraina ja Keski-Amerikan valtiot ovat muita bioetanolin viejämaita, tosin huomattavasti pienemmillä osuuksilla. Brasilia vie bioetanolia pääasiassa Intiaan, Yhdysvaltoihin, Etelä-Koreaan, Japaniin ja useisiin Euroopan maihin. Koska bioetanolia tuotetaan monesti maissa, joissa sen raaka-ainetta ei ole viljelty, kauppavirrat bioetanolin tuotannon raaka-aineista ovat myös kiinnostavia. (WBGU 2010, 39.) Bioetanolin kansainvälinen kauppa on suhteessa sen kokonaistuotantomääriin laskenut tasaisesti vuoden 2003 huipusta lähtien, jolloin 16 prosentilla tuotetusta bioetanolista käytiin kansainvälistä kauppaa. Vuonna 2010 se käsitti 2,5 prosenttia (Kuva 4). Valtioiden harjoittamien tukitoimien tarkoituksena on suosia kotimaista raaka-ainetuotantoa. Tyypillisiä välineitä ovat maataloustuet ja tuontitariffit, joiden toimeenpanon myötä bioetanolin kansainvälinen kauppa on pienentynyt. (WBGU 2010, 41.)



Kuva 4. Bioetanolilla käyty kauppa vuosina 2002–2011 (OECD.Stat 2011).

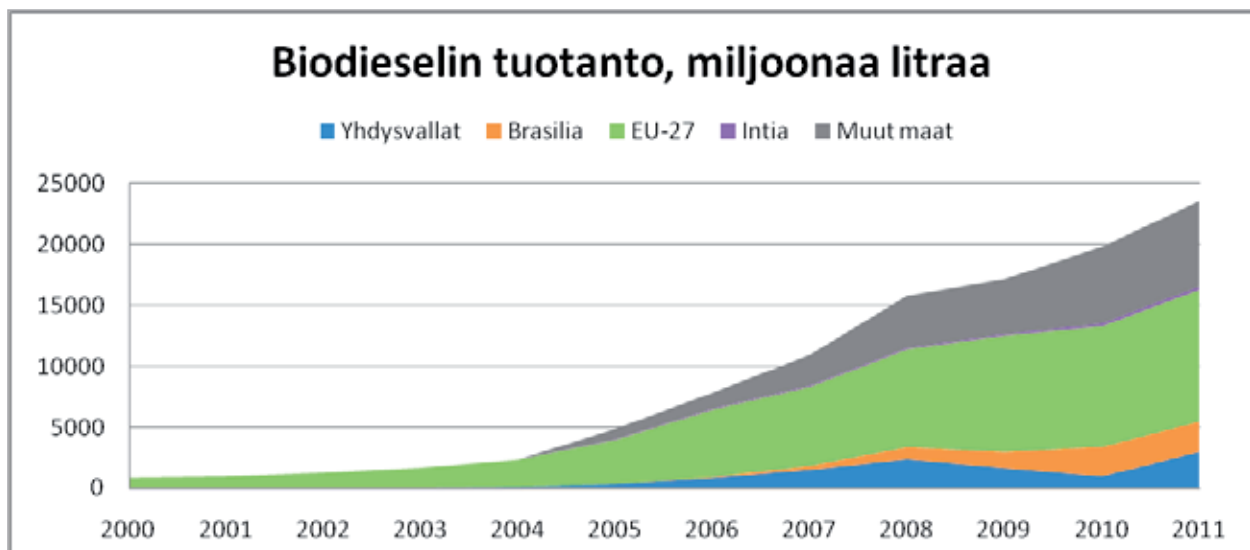
2.2 Biodieselin markkinat

Yleisesti biodiesellillä voidaan tarkoittaa raaka-ainepohjaltaan ja valmistustavaltaan laajaa joukkoa bioperäisiä polttoaineita, joita voidaan käyttää dieselmootoreissa. Useissa yhteyksissä biodiesellillä tarkoitetaan kuitenkin vain perinteistä, vaihtoesteröimällä valmistettua niin sanottua ensimmäisen sukupolven biodieseliä. Vaihtoesteröinnissä rasvahappojen glyseridit reagoivat alkoholin kanssa muodostaen estereitä ja raakaglyserolia. Menetelmän ongelmana on dieseliä korvaavan esterin heikko varastointikestävyys ja sen jähmettyminen pakkasilla. (WEC 2010.)

Uudempi vaihtoehto, toisen sukupolven biodiesel, perustuu yleisimmin Fischer-Trops-menetelmään, jossa hiilimonoksidia ja vetyä muunnetaan nestemäisiksi hiilivedyiksi. Toinen kehityspolku johtaa bioöljyjen ja -vahojen hydraamiseen korkeassa lämpötilassa suoraan hiilivedyiksi. Näin valmistetut biodieselpolttoaineet muistuttavat kemiallisesti enemmän petrodieseliä ja niiden laatu on yleensä myös petrodieseliä parempi. (WEC 2010.)

Perinteisen ensimmäisen sukupolven biodieselin yleisin sekoitussuhde on viisi prosenttia (B5), mikä on muodostunut normiksi Euroopassa. Sataprosenttinen biodiesel on levinnyt laajalti viime vuosien aikana, erityisesti Saksassa.

Biodieselin tuotanto on noudattanut samanlaista kasvukehitystä kuin bioetanolin tuotanto. Eurooppa on hallinnut biodieselin tuotannon markkinoita pitkään ja pääraaka-aineina on käytetty auringonkukan ja rapsin siemeniä. Vuonna 2000 Euroopan alueella tuotettiin 98 prosenttia koko maailman biodieselistä ja vuonna 2010 vastaava luku oli 50 prosenttia (kuva 5). (WEC 2010.) Malesiassa ja Indonesiassa tuotetaan lähes 90 prosenttia kaikesta maailman palmuöljystä. Suurin osa siitä menee vientiin ruokateollisuuden tarpeisiin, mutta sen jalostaminen biodieseliksi on lisääntynyt. Soijaa käytetään biodieselin raaka-aineeksi Yhdysvalloissa, Brasiliassa ja Argentiinassa. Soijaa viljellään pääsääntöisesti ruuaksi tai rehuksi, mutta sen suosio biodieselin raaka-aineena on kasvanut viime vuosien aikana. Soijan viljely Yhdysvalloissa on laskenut viime vuosien aikana, mutta se on kasva-



Kuva 5. Maailman biodieselin tuotanto vuosina 2000–2011 (OECD.Stat 2011).



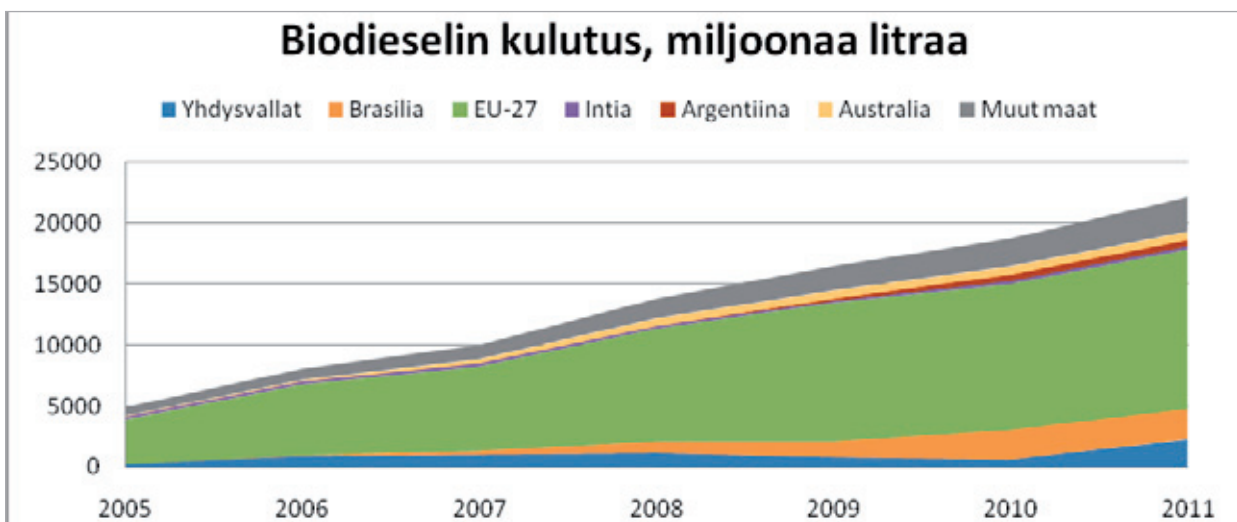
Kuva 6. Maailman biodieseltuotannon jakautuminen vuosina 2005 ja 2010 (OECD.Stat 2011).

nut Etelä-Amerikassa. (WBGU 2010, 37–38.) Biodieselin tuotanto on jakautunut useampiin maihin kuin bioetanolin tuotanto. Kuvassa 6 on kuvattu maailman biodieselin tuotannon jakautumista vuosina 2005 ja 2010.

Euroopan unionin alueella kulutettiin vuonna 2010 noin 64 prosenttia kaikesta maailman biodieselistä. Brasiliassa vastaava luku oli 13 prosenttia ja Yhdysvalloissa 3,6 prosenttia. Australialla oli neljänneksi suurin kulutus 3,4 prosentin osuudella kokonaistuotannosta. Intian osuus oli 1,6 prosenttia ja Argentiinan 2,8 prosenttia. Maailman biodieselin kulutus maittain vuosina 2005–2011 on esitetty kuvassa 7. Biodieselin kulutus oli 0,4 prosenttia vuonna 2008 koko maailman bioenergian käytöstä (WBGU 2010, 35).

Vuonna 2007 kansainvälinen biodieselin vienti edusti noin 12 prosenttia koko maailman biodieselin tuotannosta. Suurimpina viejämaina olivat Indonesia ja Malesia ja suurimpana tuojana toimi EU. Kuvassa 8 on kuvattu biodieselillä käytävän kansainvälisen kaupan osuus vuosina 2005–2011. Yhdysvallat tuovat myös huomattavia määriä biodieseliä, mutta ottaen huomioon sen uudelleenviennit EU:n alueelle, on se edelleen nettoviejäämaa.

Kokonaisuutena biodieselin kansainvälinen kauppa on vähäistä. Yhtenä syynä on valtioiden politiikka, jolla pyritään suosimaan kotimaista raaka-ainetuotantoa. Tyypillisiä välineitä ovat maataloustuet ja tuontitariffit, joiden toimeenpanon myötä biodieselin kansainvälinen kauppa on pienentynyt. Biodieselin tuotannon raaka-aineilla – öljyillä, rasvoilla ja öljykasveilla – käydään sitä vastoin huomattavaa kansainvälistä kauppaa. Globaalilla tasolla energiasektori on kuitenkin vain öljykasvien alasegmentti, ja noin 80 prosenttia vaihdetusta öljystä, rasvasta ja öljykasveista käytetään ruokasektorin parissa. Tällä hetkellä palmuöljyllä on suurin markkinaosuus, sitä seuraavat soijaöljy, auringonkukkaöljy ja rapsiöljy. Rapsiöljystä noin 70 prosenttia tuotetaan Kanadassa ja sitä vietään pääsääntöisesti Yhdysvaltoihin ja Kiinaan. (WBGU 2010, 39–41.)



Kuva 7. Maailman biodieselin kulutus vuosina 2005–2011 (OECD.Stat 2011).



Kuva 8. Biodieselillä käytetty kauppa vuosina 2005–2011 (OECD.Stat 2011).

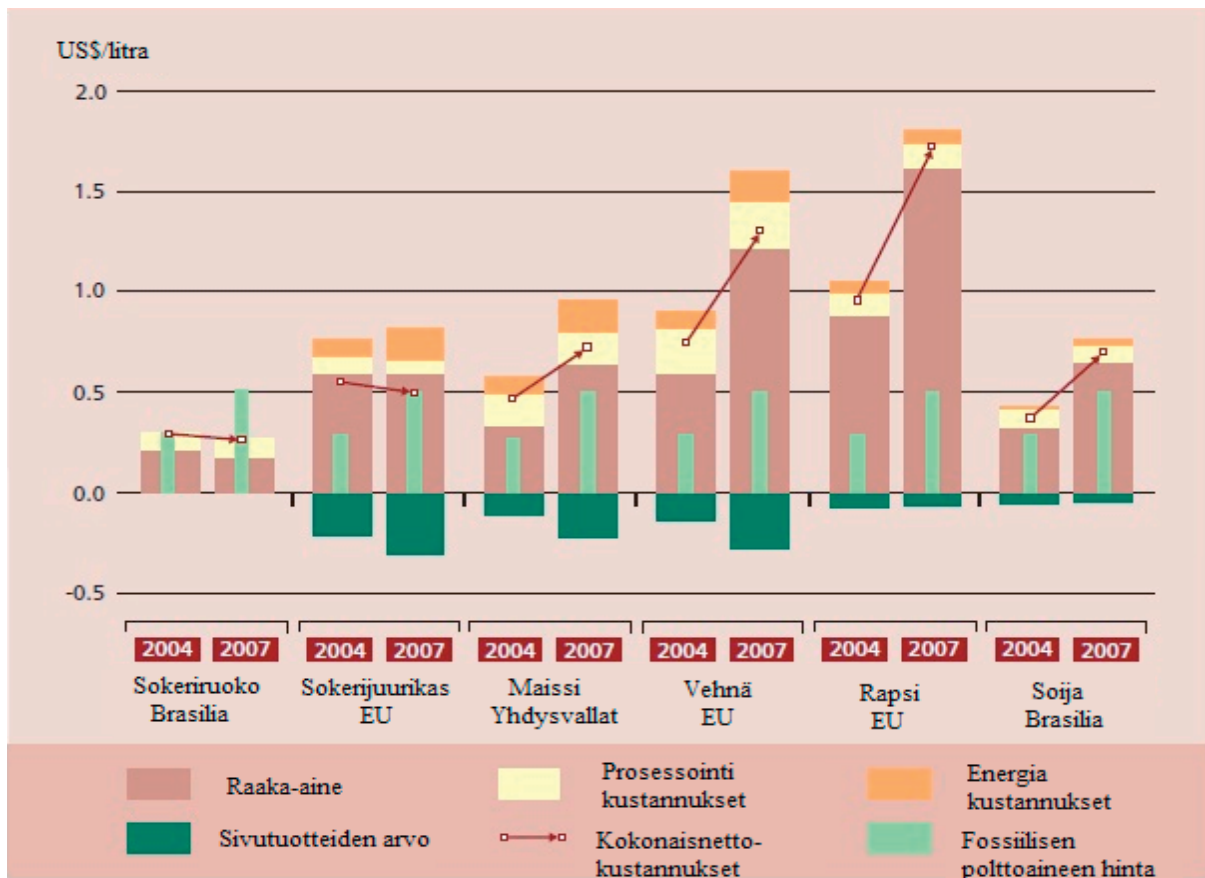
2.3 Tuotantokustannukset ja kilpailukyky

Biopolttoaineiden tuotantokustannukset vaihtelevat suuresti tuotantomaan ja raaka-aineen mukaan. Tuotantokustannusten päälähteet ovat raaka-aineen hinta, käytetty energia (lämpö ja sähkö) ja tuotantoprosessin sivutuotteista saatava hinta. Kuvassa 9 on bioetanolin ja -dieselin tuotannon kokonaiskustannusten jakautuminen Brasiliassa (sokeriruoko, soija), Euroopan Unionissa (sokerijuurikas, vehnä, rapsi) ja Yhdysvalloissa (maissi). (FAO 2008.)

FAO:n (2006) mukaan bioetanolin konversioprosentti huomioituna, tulisi raakaöljyn hinnan olla 30 euroa barrelilta, jotta Brasiliassa sokeriruo'osta tuotettu bioetanoli olisi kilpailukykyistä. Yhdysvalloissa maissista valmistettu bioetanoli tarvitsee saavuttaakseen kilpailukykyisen aseman 45 euron barrelihinnan raakaöljylle ja Euroopassa tuotettu bioetanoli tarvitsee 60–80 euron barrelihinnan raakaöljylle ollakseen kilpailukykyinen. Bioetanolin tuotantokustannuksista 50–70 prosenttia koostuu raaka-ainekustannuksista. Brasiliassa sokeriruo'osta tuotetun bioetanolin tuotantokustannukset ovat noin puolet Euroopan viljasta tai sokerijuurikkaasta tuotetun bioetanolin tuotantokustannuksista.

Soijaöljypohjaisen biodieselin kokonaistuotantokustannuksiksi on arvioitu US\$0,7 litralta, raaka-aineen osuuden ollessa US\$0,539 litralta ja prosessikustannusten US\$0,158 litralta. (Haas, McAloon, Yee & Foglia, 2005). FAO:n (2006) mukaan biodieselin konversioprosentti huomioituna, tulisi raakaöljyn hinnan olla 75 euroa barrelilta, jotta Euroopan alueella tuotettu biodiesel olisi kilpailukykyistä. Biodieselin tuotantokustannuksista 70–80 prosenttia koostuu raaka-ainekustannuksista. Sivutuotteena syntyvän glyseriinin myymisien ansiosta on tuotantokustannukset laskevat noin 0,04–0,08 euroa litralta.

Biopolttoaineista parhaat edellytykset vastata kansainväliseen kysyntään on brasilialaisella sokeriruokopohjaisella etanolilla. Huomattavaa kuitenkin on että etanolin alhaisempi energiasisältö vääristää jossain määrin tarkastelua ja kuvan 9 tulkintaa.



Kuva 9. Biopolttoaineiden tuotantokustannuksia Brasiliassa, Euroopan Unionissa ja Yhdysvalloissa vuosina 2004 ja 2007 (FAO 2008).

3 Kansainväliseen biopolttoainemarkkinoiden kehitykseen vaikuttavat tekijät

Väestön ja talouden kasvu vaikuttavat energian kysynnän määrään ja tuoterakenteeseen. Maailman väestön oletetaan kasvavan nykyisestä 6,8 miljardista 9,1 miljardiin vuoteen 2050 mennessä. Kehitysmaiden väestön kasvu on kiivainta, kun siirtymätalouksien maissa oletetaan väestönkasvun jatkavan laskuaan. Kehitysmaiden kasvavan väestön energiatarpeen tyydyttäminen ympäristöystävällisin keinoin on avainhaaste energian tuotannolle.

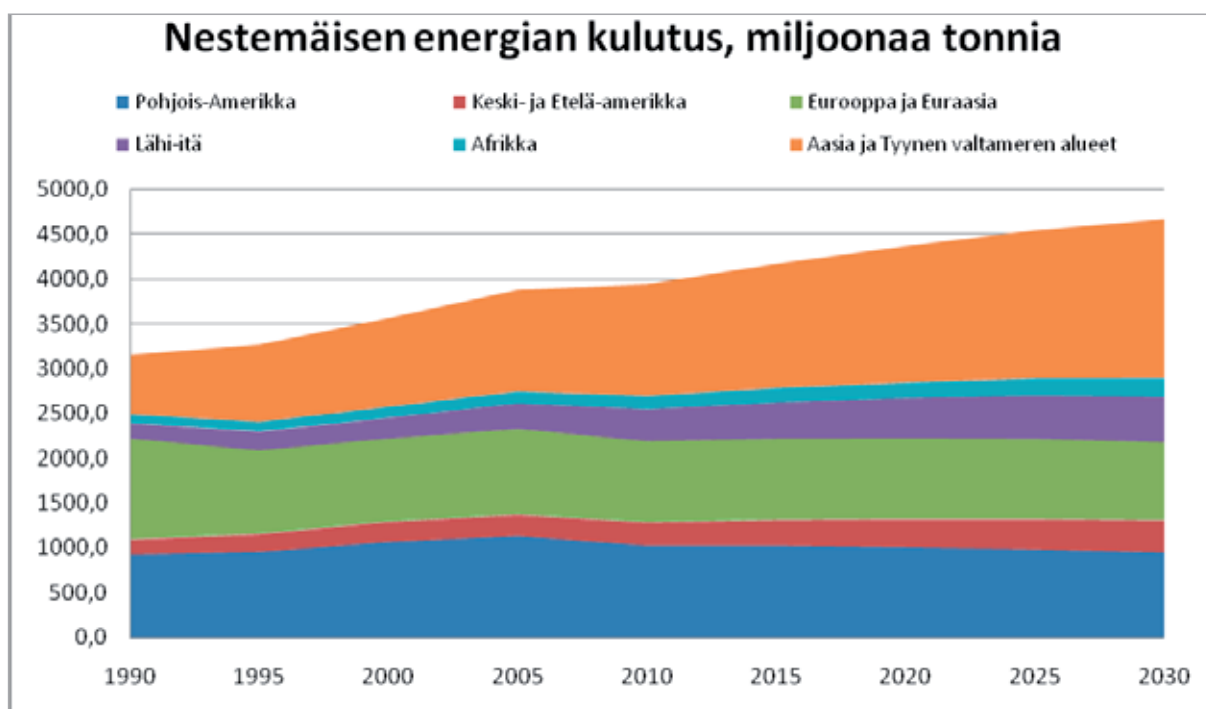
Taloukasvun myötä erityisesti liikennekäyttöön tarkoitettujen polttoaineiden kysyntä on kasvattanut viime vuosina (Msangi & Rosegrant 2009). Henkeä kohden laskettuna, bensiinin ja dieselin kulutus, eroaa huomattavasti toisistaan teollisuus- ja kehitysmaissa. Taloudellinen kasvu ja elämäntapamuutokset väkirikkaissa maissa kuten Kiinassa ja Intiassa, tulevat aiheuttamaan valtavan paineen maailman raakaöljyn tarjontaan tulevina vuosikymmeninä. Vuonna 2008 EU:n autokanta oli 232 miljoonaa, Yhdysvalloissa 237 miljoonaa, Japanissa 69 miljoonaa, Kiinassa 38,5 miljoonaa ja Venäjällä 30,3 miljoonaa (Statistical Pocketbook 2010, 107).

Kestävän energiatuotannon suurimpia haasteita on energian kysynnän ja kasvavan bruttokansantuotteen (BKT) irrottaminen toisistaan. Kiinan ja muiden Aasian maiden BKT:n odotetaan kasvavan nopeimmin, Afrikan ja siirtymätalouksien seuratussa. (Krewitt ym. 2007.)

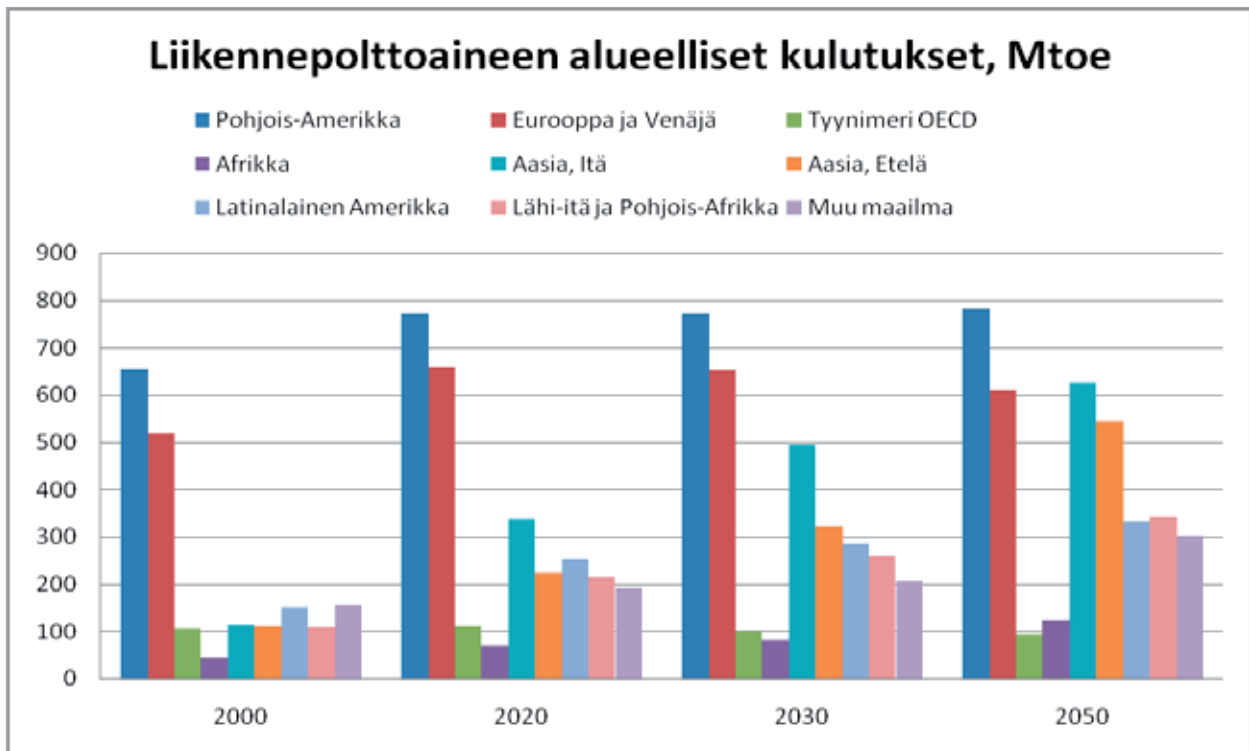
3.1 Energian kysyntä

Maailman primäärienergian tarpeen ennakoidaan kasvavan noin 40 prosenttia vuoteen 2030 mennessä vuoden 2010 tasosta (kuva 10). Vuonna 2010 öljyn osuus energian kokonaiskulutuksesta oli 33 prosenttia, kun se kaksi vuosikymmentä aiemmin oli ollut 39 prosenttia. Öljyn odotetaan olevan hitaimmin kasvava polttoaine seuraavan 20 vuoden aikana. (BP Statistical Review 2011b.)

BP:n (2011a) ennusteiden mukaan nestemäisten polttoaineiden (öljy, biopolttoaineet ja muut nesteet) kysyntä kasvaa globaalisti 16,5 Mb/päivä saavuttaen 102 Mb vuonna 2030 päivätarpeen (kuva 11). Kasvun ennakoidaan tapahtuvan yksinomaan nopeasti kasvavissa maissa, jotka eivät ole OECD:n jäseniä. Niissä Aasian maissa, jotka eivät kuulu OECD:n, ennakoidaan tapahtuvan 75 prosenttia globaalista nettokasvusta. Lähi-idässä ja Keski- ja Etelä-Amerikkoissa kasvun ennakoidaan olevan myös merkittävää. Nestemäisten polttoaineiden kysynnän kasvun ennakoidaan tulevan niiden maiden tieliikenteen tarpeesta (13 Mb/päivä), mitkä eivät kuulu OECD:n. OECD maiden tieliikenteen polttoainekysynnän oletetaan puolestaan laskevan, kun teknologian ja politiikan keinojen avulla saavutetaan energiatehokkaampia ja kehittyneempiä moottoreita. (BP Statistical Review 2011a.)



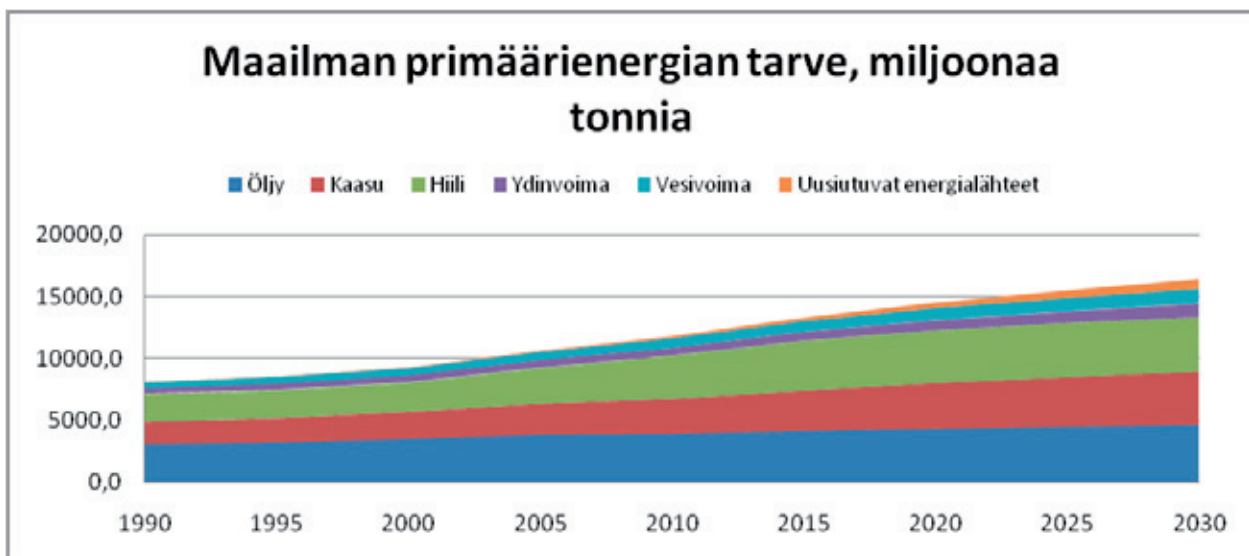
Kuva 10. Maailman primäärienergian tarpeen lähteet vuoteen 2030 (BP Statistical Review 2011b).



Kuva 11. Nestemäisen¹ energian ennakoitu kulutus maailmassa alueittain vuodelle 2030 (BP Statistical Review 2011b).

Kuljetussektori on hyvin riippuvainen öljystä, missä se on vaikeimmin korvattavissa. Vuonna 2010 noin 94 prosenttia kuljetussektorin energiantarpeesta tyydytettiin öljystä valmistetuilla polttoaineilla. Öljy tulee hallitsemaan tieliikenteessä käytettävää energiaa, mutta sen osuus maailman kokonaisenergian kulutuksesta tulee laskemaan. Tieliikenteeseen käytettävän energian määrän uskotaan laskevan kallistuvan öljynhinnan ja kehittyneemmän polttoaineteollisuuden myötä. Kysynnän kasvuun vastaava tarjonnan kasvu tulee tapahtumaan pääsääntöisesti OPEC:sta, jossa tuotannon oletetaan kasvavan 13 Mb/päivä, ja saavuttavan 46 prosentin tuotanto-osuuden maailmassa vuonna 2030. Irakin tuotannon ennakoidaan kasvavan nykyisestä 2,5 Mb/päivä yli 5,5 Mb/päivä vuonna 2030 ja Saudeissa tuotannon ennakoidaan laajenevan 3 Mb/päivä. (BP Statistical Review 2011a.)

Liikennepolttoaineiden kokonaiskulutuksen ennakoidaan kasvavan vuoteen 2030 mennessä 3171 Mtoe ja vuoteen 2050 mennessä 3750 Mtoe. Alueelliset liikennepolttoaineiden kokonaiskulutukset johdettuna WEO 2008 (World Energy Outlook) referenssiskenaariosta ovat nähtävissä kuvassa 12. (Fischer 2009.) Tarkat liikennepolttoaineiden alueelliset kokonaiskulutukset on esitetty liitteessä 1.



Kuva 12. Alueelliset liikennepolttoaineiden kokonaiskulutukset, Mtoe. (Fischer 2009).

¹ * Sisältää öljyn, biopolttoaineet, kaasusta nesteeksi ja hiilestä nesteeksi muunnetut polttoaineet.

3.2 Poliitiikan keinot

Useat kehittyneet maat ovat nähneet biopolttoaineiden kehittymisen edistämisen mahdollisuutena reagoida ilmastomuutoksen uhkiin ja keinona edistää maataloutta, maaseudun kehittymistä sekä vähentää maan riippuvuutta öljystä. Poliittisin toimenpitein on haluttu edistää biopolttoaineiden käyttöä ja tuotantoa. Biopolttoainetuotannon laajentamisen keinoina ovat olleet valtion tuet, mandaatit ja tavoitteet. (Fischer 2009.) Ainakin 17 maalla on pakolliset sekoitussuhteet käytössä (WBGU 2010, 40).

Biopolttoaineiden tukitoimien tarkoituksena on suosia kotimaista raaka-ainetuotantoa. Tällä hetkellä monissa maissa painopiste on energiakasvien viljelyn edistämisen tukemisessa. Tyypillisiä välineitä tällä saralla ovat maataloushyödykkeisiin kohdistetut maataloustuet ja tuontitariffit. Infrastruktuurin laajentamista tuetaan usein valtion avuin, verovapauksilla, matalokorkoisilla lainoilla tai investointituilla. Lisäksi vastaavanlaisia edistämiskeinoja voidaan luoda tuotteille kuten, proteiinirehulle, glyseriinille tai rapsisemenien jauhoille, jotka biopolttoaineiden sivutuotteina tarjoavat lisätuloa. (WBGU 2010, 41.)

Keskipisteenä tuotannon edistämässä ovat toimenpiteet, jotka yleisesti edistävät bioenergian käyttöä markkinoilla ja kannustavat tai takaavat markkinoiden kysynnän. Näin ne antavat investoinneille tietynasteisen turvan. Biopolttoainetuotannon laajentamisen keinoina ovat valtion tuet, laajentuneet biopolttoaineiden käytön tavoitteet ja pakolliset sekoitussuhteet. Monissa maissa biopolttoaineet ovat täysin tai osittain vapautettu valmisteverosta.

Biopolttoaineiden kysyntä olisi huomattavasti alhaisempaa, jos niiden tukitoimenpiteet lopetettaisiin. (WBGU 2010, 44–45.) WBGU:n (2010) mukaan on arvioitu, että biodieselin kysyntä laskisi Euroopassa 87 prosenttia ja Yhdysvalloissa 55 prosenttia, jos sen tukeminen lopetettaisiin. Bioetanolin kilpailukyky on selvästi parempi. Sen kysyntä laskisi tukemattomana noin 14 prosenttia.

Euroopan Unioni. Poliittisten toimenpiteiden ensisijaisena tarkoituksena on vähentää ilmastomuutosta. Tuotannon takaaminen ja maaseudun kehittäminen nähdään toissijaisiksi tavoitteiksi. Pakollinen sekoitussuhde on 5,75 prosenttia vuodesta 2010 eteenpäin ja 10 prosenttia vuodesta 2020 eteenpäin. Biopolttoaineille tarjotaan verohelpotuksia tai vapautuksia kansallisilla tasoilla. Denaturoidulle bioetanolille on asetettu €0,102/l. tuontitariffi ja denaturoimattomalle bioetanolille €0,192/l. tuontitariffi. Palmuöljylle on asetettu 1,9 % arvotulli ja biodieselille 6,5 % arvotulli. (WBGU 2010, 42.)

Yhdysvallat. Tuotannon takaaminen ja riippumattomuus energiasta ovat ensisijaisina tarkoituksina poliittisillä toimenpiteillä. Maaseudun kehittäminen ja ympäristönsuojelulliset näkökohdat nähdään toissijaisiksi tavoitteiksi. Tavoitteena on vuodesta 2012 eteenpäin kuluttaa vuositasona 56 000 miljoonaa litraa biopolttoaineita ja vuodesta 2022 eteenpäin 136 000 miljoonaa litraa, mikä vastaa 20 % polttoaineen kokonaiskulutuksesta. Alkutuottajille ja jalostukselle tarjotaan infrastruktuurin ja tuotantovälineistön parantamiseen kohdistuvaa rahoitusta. (WBGU 2010, 42.) Liittovaltion myöntämä verohyvitys bioetanolille on US\$ 0,119 ja valtionapuna myönnetään keskimäärin 1,85 senttiä litralta. Biodieselin sekoittajat nauttivat US\$0,264 verohyvityksestä litralta. (EERE 2011d.) Bioetanolille on asetettu 2,5 % arvotulli sekä US\$ 0,1427/l. tuontitariffi. Julkisessa liikenteessä ja valtion omistamissa liikennevälineissä on 20 % pakollinen biodieselin sekoitussuhde. Biopolttoaineisiin kohdistuvaa tutkimustyötä rahoitetaan valtioavusteisesti. (WBGU 2010, 42.)

Brasilia. Ensisijaisena tavoitteena on riippumattomuus tuontiöljystä samalla kun bioenergian vienti edistää taloudellista kehitystä. Maaseudun kehittäminen ja ympäristönsuojelulliset näkökohdat nähdään toissijaisiksi tavoitteiksi. Pakollinen sekoitussuhde on 20–25 % bioetanolille ja 3 % biodieselille vuodesta 2008 eteenpäin ja 5 % biodieselille vuodesta 2013 eteenpäin. Verohelpotuksia tarjotaan biopolttoaineille ja flex-fuel autoille. Palmuöljylle on asetettu 11,5 % arvotulli. Valtion omistamissa liikennevälineissä on käytettävä bioetanolipohjaisista polttoaineista. (WBGU 2010, 43.)

Kiina. Poliittisten toimenpiteiden ensisijaisina tarkoituksina on turvata kotimaista tuotantoa ja vähentää ilmastomuutosta. Maaseudun kehittäminen nähdään toissijaisena tavoitteena. Tavoitteena on, että vuodesta 2020 eteenpäin 15 % liikenteen kokonaisenergiasta katetaan biopolttoaineilla, josta 13 000 miljoonaa litraa on bioetanolia, 2 300 miljoonaa litraa on biodieseliä ja 50 000 miljoonaa litraa on biomassaan pohjautuvaa biopolttoainetta. Yhdeksällä alueella on 10 % pakolliset sekoitussuhteet käytössä. Bioetanolin arvonlisäveron osuus on takaisinmaksettu. Bioetanolille on asetettu 30 % arvotulli. Jatropa-hankkeisiin kohdistuvaa tutkimustyötä rahoitetaan valtioavusteisesti. (WBGU 2010, 43.)

Intia. Ensisijaisina tavoitteina on riippumattomuus tuontienergiasta ja tuotannon takaaminen. Maaseudun kehittäminen nähdään toissijaisena tavoitteena. Pakollinen sekoitussuhde bioetanolille on 10 % vuodesta 2008 eteen-

päin ja 20 % vuodesta 2017 eteenpäin niin bioetanolin kuin biodieselin osalta. Bioetanolilla on kiinteä hankintahinta. Valtio rahoittaa Jatropa-hankkeisiin kohdistuvaa tutkimustyötä. (WBGU 2010, 43.)

Kaakkois-Aasia (Filippiinit, Thaimaa, Indonesia, Malesia). Poliittisten toimenpiteiden ensisijaisina tarkoituksina on turvata kotimaista tuotantoa ja kehittää maaseutua. Energiatarpeen tyydyttäminen nähdään toissijaisena tavoitteena. Kaakkois-Aasian maissa pakolliset sekoitussuhteet on otettu käyttöön seuraavasti. Filippiineillä 1 % biodieseliä ja 5 % bioetanolia vuodesta 2008 eteenpäin ja 2 % biodieseliä ja 10 % bioetanolia vuodesta 2010 eteenpäin. Thaimaassa 10 % bioetanolia vuodesta 2007 eteenpäin, 3 % biodieseliä vuodesta 2011 eteenpäin ja vuodesta 2012 eteenpäin 10 % niin bioetanolin kuin biodieselin osalta. Indonesiassa on tällä hetkellä 3 % bioetanolin ja 2,5 % biodieselin sekoitussuhteet käytössä. Malesiassa sekoitussuhde on 5 % biodieseliä vuodesta 2008 eteenpäin. Biopolttoaineiden tuotannon laajentamisen tavoitteina on Thaimaalla tuottaa vuodesta 2012 eteenpäin 3 100 miljoonaa litraa biodieseliä vuodessa ja vuodesta 2011 eteenpäin 1 100 miljoonaa litraa bioetanolia vuodessa. Indonesian tavoitteena on tuottaa vuodesta 2010 eteenpäin 1300 miljoonaa litraa biopolttoaineita vuositasona. Filippiineillä, Malesiassa ja Thaimaassa on tarjottu verohelpotuksia biopolttoainehankkeille ja näissä maissa valtion liikennevälineissä tulee käyttää biopolttoainepohjaisia polttoaineita. Thaimaassa Jatropa-hankkeisiin kohdistuvaa tutkimustyötä rahoitetaan valtioavusteisesti. (WBGU 2010, 43–44.)

Etelä-Amerikka (Argentiina, Bolivia, Kolumbia, Guatemala, Peru). Maaseudun kehittäminen on ensisijaisena tarkoituksena poliittisilla toimenpiteillä. Riippumattomuus energiasta nähdään toissijaisena tavoitteena. Etelä-Amerikan maissa pakolliset sekoitussuhteet on otettu käyttöön seuraavasti. Argentiinassa 5 % biodieseliä ja 5 % bioetanolia vuodesta 2010 eteenpäin. Boliviassa 2,5 % biodieseliä ja 10 % bioetanolia vuodesta 2007 eteenpäin ja 20 % biodieseliä vuodesta 2015 eteenpäin. Kolumbiassa tulee käyttää 10 % bioetanolia yli 500 000 asukkaan kaupungeissa ja 5 % biodieseliä vuodesta 2008 eteenpäin. Guatemalassa maksimitavoitteena 20 % bioetanolia. Perussa 5 % biodieseliä ja 7,8 % bioetanolia vuodesta 2010 eteenpäin. Kolumbiassa, Argentiinassa ja Boliviassa tarjotaan raaka-aineiden ja biopolttoaineiden tuotantoon kohdistuvia verovapautuksia. Argentiinassa on valtion liikennevälineissä käytettävä biopolttoainepohjaisia polttoaineita. (WBGU 2010, 44.)

Taulukko 1. Biopolttoaineiden mandaatit ja tavoitteet (WBGU 2010, 42–43)

	Nykyinen tilanne	Tuleva tilanne	Nykyinen status
Brasilia	E20-25, B5	-	Mandaatti
Yhdysvallat	56 miljardia litraa	136 miljardia litraa (2022)	Tavoite
Euroopan Unioni	5,75 %	10% liikenteen tarpeesta (2020)	Mandaatti
Kiina	10% sekoitussuhde 9 alueella	15% liikenteen tarpeesta (2020)	Tavoite
Intia	E10	E20 ja B20 (2017)	Tavoite

Biopolttoaineiden politiikat eivät ole maatalouspolitiikkaa, mutta harjoitettu politiikka vaikuttaa maatalouden tuotantoon ja kauppaan. Biopolttoainepolitiikoilla subventoidaan biopolttoaineiden raaka-aineiden kulutusta ja maataloushyödykkeiden kysyntä kasvaa. Kasvaneen kysynnän myötä hyödykkeiden hinnat nousevat ja nettovienti vähenee. Siksi nykyiset biopolttoaineisiin kohdistuvat politiikan keinot hyödyttävät viljan ja öljysiementen nettoviejiä ja vähentää nettotuojien reaalitylöjä. (Elbehri & Sarris 2009.)

Tariffien ja maataloustukien tarkoituksena on suosia kotimaista raaka-ainetuotantoa. Niiden toimeenpano vaikuttaa laajasti biopolttoaineiden raaka-aineiden kansainväliseen kaupankäyntiin ja hintoihin, ja ennen kaikkea itse biopolttoaineiden väliseen kauppaan. Huonosti suunniteltuna tällainen politiikka saattaa johtaa myös alkuperäisten tavoitteiden vastaisiin seurauksiin. Näin käy jos esimerkiksi, kotimaisen tuotannon suosimiseksi, nostetaan etanoliin kohdistuvia tuonnin esteitä. Tällöin etanolin hinta kotimaisilla markkinoiden nousee ja tämä johtaa fossiilisen polttoaineen kysynnän kasvuun. (Msangi & Rosegrant 2009.) Vapailla markkinoilla etanolin hinta pysyy kohtuullisena ja tuotanto ohjautuu sinne missä tuotannolliset olosuhteet ovat edulliset.

Nähtävissä on että tukipolitiikan keinoista on tulossa yhteen sopimattomia perinteisten maatalouden tukipolitiikan keinojen kanssa. Syynä ovat niiden vääristävät vaikutukset perinteiseen maatalouden tuotantoon ja kauppaan, jotka ovat pyrkineet irrottautumaan juuri tämän tyyppisistä tukipolitiikan keinoista viime vuosikymmeninä. Kysymys on kuitenkin kaksijakoinen. Toisaalta on esitetty että biopolttoainepolitiikka vähentää maatalouden tukiohjelmien tarvetta, koska biopolttoaineiden tarjoavat uudet kotimaiset markkinat maatalouden tuotteille. Tämä piristää kysyntää ja nostaa hintoja, ja näin ollen lopulta vähentää maatilalle maksettavien tukien tarvet-

ta. Yhtäältä voidaan myös nähdä että biopolttoaineet nostavat maataloustuotteiden maailmanmarkkinahintoja, mikä syö perinteisen maatalouspolitiikan aikaansaamaa hintojen laskua. Näin ollen vääristymävaikutusten erottelu toinen toisistaan muodostuu entistä haastavammaksi. (Elbehri & Sarris 2009.)

3.3 Sertifikaatit

Biopolttoaineiden markkinaosuudet tulevat mitä todennäköisimmin kasvamaan tulevaisuudessa, kuten myös biomassalla ja biopolttoaineiden raaka-aineilla käytävä kansainvälinen kauppa. Siksi olennaista on luoda järjestelmiä, jotka takaavat koko toimintaketjun kestävyysnäkökulman niin maankäytön, riittävän elintarviketarjonnan, tuotantotapojen, energiatehokkuuden, kasvihuonepäästöjen kuin muiden ympäristövaikutusten osalta. Sertifiointijärjestelmät ovat keskeisessä roolissa jotta kehitystä voidaan ohjata tavoiteltuun suuntaan.

Haasteena on, että sertifiointijärjestelmiä ovat kehittäneet useat eri tahot erilaisilla oletuksilla palvelemaan erilaisia tavoitteita. Kerättävä data, niin kvantitatiivinen kuin kvalitatiivinen, ei ole kaikilta osin yhteensopivaa ja sen laatu vaihtelee. Uutena aloitteena on Global-Bio-Pact, jonka tavoitteena on kehittää ja harmonisoida globaali kestävä tuotannon sertifiointijärjestelmä biomassan tuotantoa, konversiojärjestelmiä ja kaupankäyntiä varten. (Global-Bio-Pact 2010.)

ISCC System on kansainvälinen sertifiointijärjestelmä, joka kuvaa sertifiointin säännöt ja menettelyt. Itse ICSS ei myönnä suoraan sertifikaatteja, vaan tämä tapahtuu sertifikaatteja myöntävän elimen kautta. Elokuussa 2010 oli myönnetty 35 sertifikaattia ja tarkistettujen tuotantolaitosten tuotantokapasiteetti oli noin 6,3 miljoonaa tonnia. (European Biofuels 2012.)

Euroopan unionin uusiutuvan energian direktiivin sisältämät kestävyyskriteerit julkaistiin vuonna 2009. Direktiivi 2009/28/EY edellyttää, että biopolttoaineiden valmistajan on todennettava vastuullisuus komission hyväksymällä tavalla. Hyväksytyjä menetelmiä ovat sekä kansallisten lakien mukaiset tavat että komission erikseen tunnustamat vapaaehtoiset menettelyt, jotka ovat voimassa kaikissa jäsenvaltioissa. Biopolttoaineiden valmistajat voivat valita, osoittavatko ne näiden kestävyyskriteerien täyttymisen kansallisten järjestelmien kautta vai liittymällä johonkin Euroopan unionin komission heinäkuussa 2011 tunnustamista vapaaehtoisista järjestelmistä. Kestävyysjärjestelmien avulla varmennetaan, ettei biopolttoaineiden tuotannossa muuteta trooppisia metsiä ja hiilipitoisia suomaita öljypalmu- tai sokeriruokoviljelmiksi. Kestävyysvaatimuksia luonnehditaan komissiossa maailman tiukimmiksi. (TEM 2012.)

WTO:in kuuluvien maiden tulee lähtökohtaisesti sovittaa asettamansa sertifiointiohjelman erityiset toimenpiteet ja tavoitteet WTO:n analyttisen kehikon mukaisiksi. Ehdotettu biopolttoaine sertifiointiohjelma tulee arvioida ainakin GATT:n (the General Agreement on Tariffs and Trade) I, III ja XX artiklan sekä TBT-sopimuksen (the Technical Barriers to Trade) ja SPS-sopimuksen (Agreement on the Application of Sanitary and Phytosanitary Measures) valossa. (ICTSD 2009.)

Sertifiointiohjelma voi vaatia todisteita siitä, että sosiaaliset tavoitteet ovat täyttyneet. Jos tuottaja ei pysty todistamaan vaatimusten mukaisuutta voivat sen maan viranomaiset, johon hyödykkeitä viedään, kieltäytyä antamasta sertifiointia ja kieltää biopolttoaineiden tuonnin, asettaa korkeamman tariffin tai veron, rajoittaa jakelua tai vaatia kyseiselle hyödykkeelle erityistä merkintää. Oman haasteensa luo se, että kansallisilla toimenpiteillä ja rajoitteilla voidaan kestävyyskriteereiden nimissä tehdä omaa tuotantoa suojaavaa politiikkaa, mikä estää globaalien biopolttainemarkkinoiden kehittymistä. Markkinatoimijoille ongelmallisia ovat liian monet standardit ja niihin liittyvät sertifiointivaatimukset.

3.4 Maailman ruuantuotanto

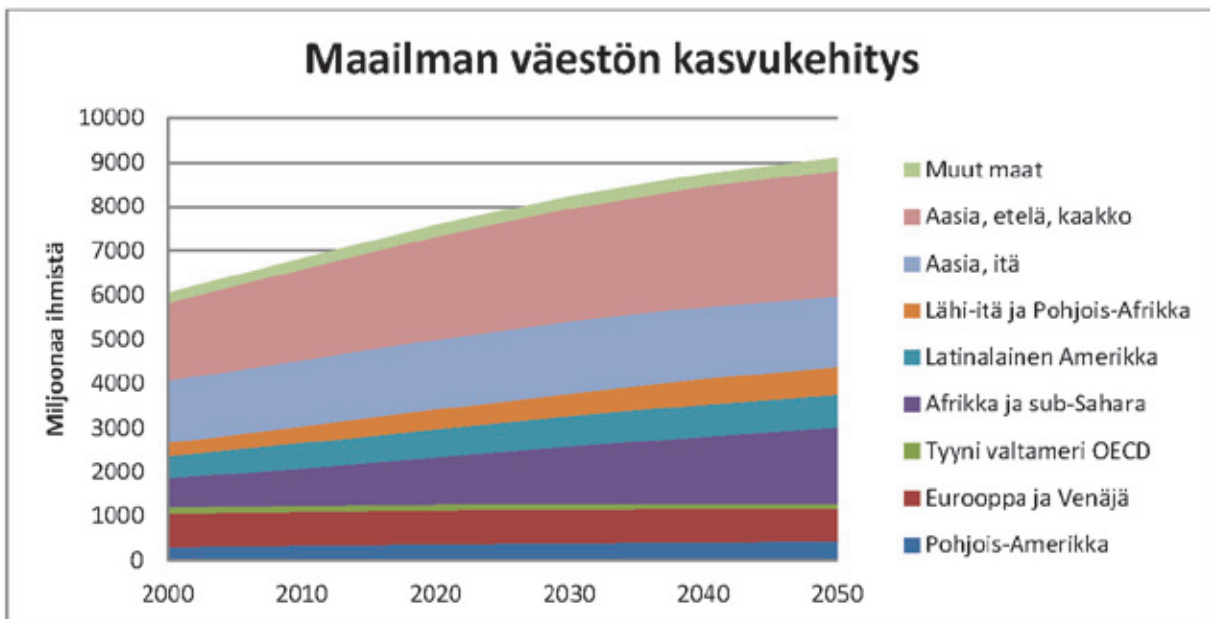
Ruuan ja energian kysynnän kasvuun vaikuttavat eniten sosioekonomiset tekijät, kuten kasvava väestö ja kasvavat tulotasot sekä lisääntyvä urbanisoituminen. Demografisiin muutoksiin kytköksissä oleva urbanisoituminen vaikuttaa myös kuluttajien kulutuskäyttäytymiseen ja kuluttajien preferensseihin niin ruuan, kuidun kuin energiatuotteiden osalta. Kulutuksen ja kuluttajien preferenssien muutokset lisäävät ruuan ja energian kysyntää, kun ympäristötekijät puolestaan vaativat tuotannon vähentämistä. (Msangi & Rosegrant 2009). Seuraavan kahden vuosikymmenen aikana ennakoitaan väestön kasvavan noin prosentin vuositasolla (Fischer 2009). Maailman väestön arvioidaan kasvavan 8231 miljoonaan vuoteen 2030 mennessä ja 9105 miljoonaan vuoteen 2050 mennessä (kuva 13). Väestön kasvuennusteet on esitetty liitteessä 2 numeerisesti. Väestönkasvu tulee käytännössä tapahtumaan kehitysmaissa. Itä-Aasian väkiluvun kasvun ennakoitaan kääntyvän 0,2 prosentin vuosittaiseen laskuun vuosina 2045–50, samaan aikaan kun sub-Saharassa väkiluvun kasvun ennakoitaan olevan 1,2 prosenttia

vuodessa. Vuonna 2050 maailman väestönkasvusta 69 prosenttia ennakoitaan tapahtuvan Saharan eteläpuolissa Afrikassa. (FAO 2006, 16).

Viimeisen 300 vuoden aikana viljelyskelpoinen maa-ala on lisääntynyt 460 prosentilla ja laidunmaa-ala 560 prosentilla. Maailman nykyinen viljelyala on noin 1,6 miljardia hehtaaria ja korjuuala 1,37 miljardia hehtaaria. Ruuantuotantoon on estimoitu tarvittavan vuoteen 2030 mennessä 120 miljoonaa hehtaaria lisää maa-alaa, jotta kasvaneen väestön ravitseminen voidaan taata. Ihmisten maankäytön muutoksista aiheutuvat suorat ja välittömät vaikutukset johtavat muutoksiin ravinnekierrossa ja johtavat usein eroosion syntyyn. Nämä vaikutukset tulee ottaa huomioon keskusteltaessa bioenergian käytöstä. Ekosysteemiin kohdistuvat epäsuorat vaikutukset nähdään usein biologisen diversiteetin katoamisena. (WBGU 2010, 47–49.)

Biopolttoaineiden raaka-aineiden käyttö on laajentunut nopeasti ja sen myötä on kasvanut huoli globaalista ruokahuollosta. Viljasta valmistetulla bioetanolilla on suora vaikutus useisiin keskeisiin viljatuotteisiin. Sokeriruokosta valmistetun bioetanolin tuotannon kasvu puolestaan vaikuttaa kilpailuun peltomaan käytöstä. Biodieselin tuotannon kasvulla on suoria ja voimakkaita seurauksia kasviöljyjen hintoihin ja niiden saatavuuteen. Viljaan ja öljysiemeniin perustuva biopolttoaineiden tuotannon kasvu nostaa ruuanhintoja, koska maataloushyödykkeiden kasvanut kysyntä nostaa maataloushyödykkeiden hintoja. Tämä vaikeuttaa maailman köyhimpien pääsyä ruokamarkkinoille. Kohonneet ruuanhinnat vaikuttavat eniten peruselintarvikkeiden, viljatuotteiden, kasviöljyjen, lihan ja meijerituotteiden hintoihin. (Van der Mensbrugge ym. 2009.)

Nähtävissä on että kestävä biopolttoainetuotannon tuotannon tulee rakentua raaka-ainepohjaan, joka ei kilpaille elintarviketuotannon kanssa, tai jopa tukee sitä esimerkiksi monipuolistamalla viljelykiertoja. Vaihtoehtoiset raaka-aineet, jotka soveltuvat toisen ja kolmannen sukupolven biopolttoaineiden raaka-aineeksi, saavuttavat ajan saatossa taloudellisen toimintakykynsä ja korvaavat perinteiset biopolttoaineiden raaka-aineet, vähentäen maatalousmaan käyttöä energian tuottamiseen. (Elbehri & Sarris 2009.)



Kuva 13. Maailman väestön ennakoitu kasvukehitys, miljoonaa ihmistä (Fischer 2009).

3.5 Biopolttoaineiden kehitys

IEA (International Energy Agency) on ennustanut biopolttoaineiden vuosittaisen kasvun olevan globaalilla tasolla seitsemän prosenttia. Tämä tarkoittaa biopolttoaineiden saavuttavan vuonna 2030 viiden prosentin osuuden kaikesta tieliikenteessä käytettävästä polttoaineesta. Tällä hetkellä osuus on noin kaksi prosenttia. Ennakoitu kasvukehitys vaatisi biopolttoaineiden raaka-aineiden käytettävän viljelyalan nousevan kahteen ja puoleen prosenttiin käytettävissä olevasta maa-alasta vuoteen 2030 mennessä, nyt sen ollessa yksi prosentti. Maailman liikennekäyttöön tarkoitettujen polttoaineiden kysynnän oletetaan kasvavan merkittävästi seuraavien vuosikymmenten aikana, ja kasvavan vuoteen 2030 mennessä 55 prosenttia vuoden 2004 tasosta. Kysynnän ennakoidaan kasvavan kaikkialla maailmassa, erityisesti kehitysmaissa, väestönkasvun, bruttokansantuotteen kasvun ja urbanisoinnin myötä. Yhdysvaltojen ja Euroopan oletetaan pysyvän biopolttoaineiden suurimpina kuluttajina. Suurin osa biopolttoaineista tullaan jatkossakin tuottamaan ja kuluttamaan paikallisesti. Kansainvälisen kaupan ennakoidaan kuitenkin kasvavan merkittävästi. (WEC 2010.)

WEC:n (2010) mukaan Afrikan ja Aasian maiden odotetaan kehittyvän suuriksi biopolttoaineiden tuottajiksi ja viejämaiksi. Näiden maiden menestykseen vaikuttaa kuitenkin merkittävästi globaalisti harjoitettu biopolttoainepolitiikka. Öljymarkkinoiden kehittyminen tulee jatkossakin vaikuttamaan kaikkein eniten biopolttoainetuotantoon.

Synteettisten biopolttoaineiden (toisen sukupolven biopolttoaineet: BTL) tuotantotekniikat ovat kehitysvaiheessa, joskin ensimmäiset kaupalliset sovellukset ovat jo markkinoilla. Näiden tuotannossa voidaan käyttää raaka-aineena syötäviä kasvinosia vaikeammin hyödynnettäviä kasvinosia, jolloin polttoainetta voidaan valmistaa myös sivutuotteista, kuten oljesta. Kasvihuonekaasupäästöjen odotetaan jäävän huomattavasti alhaisimmiksi ja vaikutukset pellon käyttöön sekä elintarvikemarkkinoihin nykyistä vähäisemmäksi. Kolmannen sukupolven biopolttoaineet ovat yhä tutkimusvaiheessa. (WBGU 2010, 38.)

4 Biopolttoaineskenaariot

Tarkasteltavat biopolttoaineskenaariot ovat peräisin Fischer:n (2009) tutkimuksesta, jossa tarkastellaan laajentuvan biopolttoainetuotannon vaikutuksia pitkällä aikavälillä ruuan ja maatalousresurssien saatavuuteen. Hänen käyttämänsä analyysi perustuu state-of-the-art ympäristö-taloudellisen mallintamisen lähestymistapaan. Tutkimuksen skenaariopohjaiset tulokset perustuvat FAO/IIASA:n Agro-ecological Zone (AEZ) -malliin sekä IIASA:n maailman ruokajärjestelmä (WFS) -malliin. Malli käsittää muun muassa demografiset ja sosioekonomiset tekijät, tuotannon ja kulutuksen dynamiikan sekä kansainvälisen kaupan dynamiikan. (Fisher 2009.)

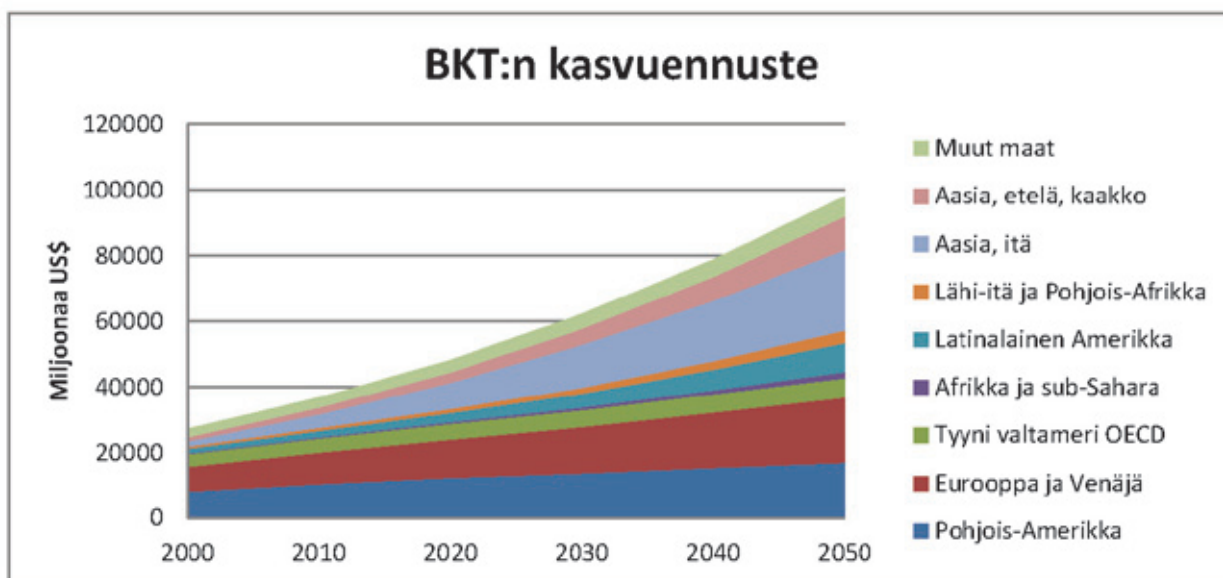
IIASA (International Institute for Applied Systems Analysis) on kehittänyt mallintamisen välineitään maailman ruoka- ja maatalousjärjestelmien analysointia ja maatalouspolitiikkojen vaikutusten ja seurausten analysointia varten. WFS-malli on soveltava yleinen tasapainomalli (AGE). Vaikka jokainen mallissa käytetty komponentti keskittyy pääasiassa maatalouden toimialaan, on siinä edustettuna myös muut talouden sektorit. WFS-malli käsittää useita kansallisia ja alueellisia maatalouden taloudellisia malleja. Se tarjoaa puitteet maailman ruokajärjestelmien analysointiin ja kansainvälisen kaupan tarkasteluun. Malli koostuu 34 kansallisesta ja maantieteellisestä alueesta, jotka kattavat keskeiset alueet maailmasta. Yksittäisten valtioiden ja alueiden mallit on linkitetty toisiinsa, reaali maailmaa mukaillen. WFS-mallin avulla voidaan globaalilla tasolla mallintaa muun muassa maailmanmarkkinahintojen, tuotannon ja kulutuksen sekä väestön määrän muutoksia. Yksittäisten valtioiden ja alueiden tasolla, mallia voidaan hyödyntää analysoitaessa muun muassa tuottaja- ja vähittäishintojen, tuotannon tason, resurssien käytön allokoitumisen, panoskäytön ja maatalouden arvonlisän muutoksia. Väestönkasvu ja teknologia ovat keskeisiä eksogeenisiä tekijöitä. Väestön määrä ja tulotaso määrittelevät ruuan kysynnän. Teknologia vaikuttaa sadon määrän arvioimiseen muuttamalla tuotannon tehokkuutta. Väestötiedot ovat peräisin virallisista maakohtaisista YK:n tilastoista. Teknistä kehitystä on arvioitu aiempien vuosien maatalouden suori-tuskyvyn mukaan. (Fisher 2009.)

Bioenergian tuotannon käyttöön saatavilla olevan maan potentiaalia arvioitiin luodulla yksityiskohtaisella maantieteellisellä luonnonvarojen tietokannalla, AEZ-mallilla, jossa jätettiin pois nykyinen maankäyttö ruuaksi ja rehuksi sekä metsät. Alueet jaettiin noin 10 kertaa 10 kilometrin kokoisiin alueisiin ja ne jaoteltiin maankäyttönsä mukaisesti metsiin, viljelymaiksi, asutukseksi ja niin edelleen. Alueet jaettiin myös niiden lämpötilojen, suojeltavuuden, tuottavuuden ja sademäärien mukaisesti. (Fisher 2009.)

4.1 Viiteskenaario

Tarkastelun viiteskenaariona toimii FAO-REF-00-skenaario, jossa oletetaan, ettei mitään maataloushyödykkeitä käytetä biopolttoaineiden tuotantoon. Viiteskenaarion ensisijaisena tehtävänä on toimia neutraalina lähtökohtana, johon eri skenaarioiden havaittuja arvoja voidaan verrata. Simuloinnit on tehty vuosittain ajanjaksolle 1990–2050. Skenaarion mukainen maailman taloudellinen toimintakyky on esitetty kuvassa 14. Liitteestä 3 käy ilmi BKT:n kasvu numeerisesti ilmaistuna. Kiinan ja Intian bruttokansantuote on kasvanut viime vuosina yli kahdeksan prosenttia vuositasolla. Viimeaikainen globaali talouskriisi on heikentänyt kasvua. Tästä huolimatta seuraavien kahden vuosikymmenen aikana talouskasvun odotetaan olevan suhteellisen elinvoimaista Kiinassa, Intiassa ja muissa keskitulotasoisissa kehitysmaissa. (Fisher 2009.) Bruttokansantuotteen odotetaan kasvavan Kiinassa 5,2 prosentin vuosivauhtia periodilla 1995–2025. Etelä-Koreassa, Thaimaassa ja Intiassa kasvun odotetaan olevan 4,5 prosenttia ja Itä-Euroopassa 4,1 prosenttia samalla ajanjaksolla. (Msangi & Rosegrant 2009.)

Kasvatut tulot ja urbanisoituminen muuttavat yhdessä kuluttajien ruokailutottumuksia. Nopeasti nousevat tulot kehitysmaissa ovat johtaneet eläinkunnan tuotteiden kysynnän kasvuun. Lihapitoisemmat ruokailutottumukset lisäävät maankäyttöön kohdistuvia paineita, niin laidunmaan kuin rehun saatavuuden suhteen. On arvioitu, että vuoteen 2020 mennessä eläinkunnan tuotteiden kulutus on ainakin kaksinkertaistunut vuoden 1993 tasosta. (Msangi & Rosegrant 2009.)

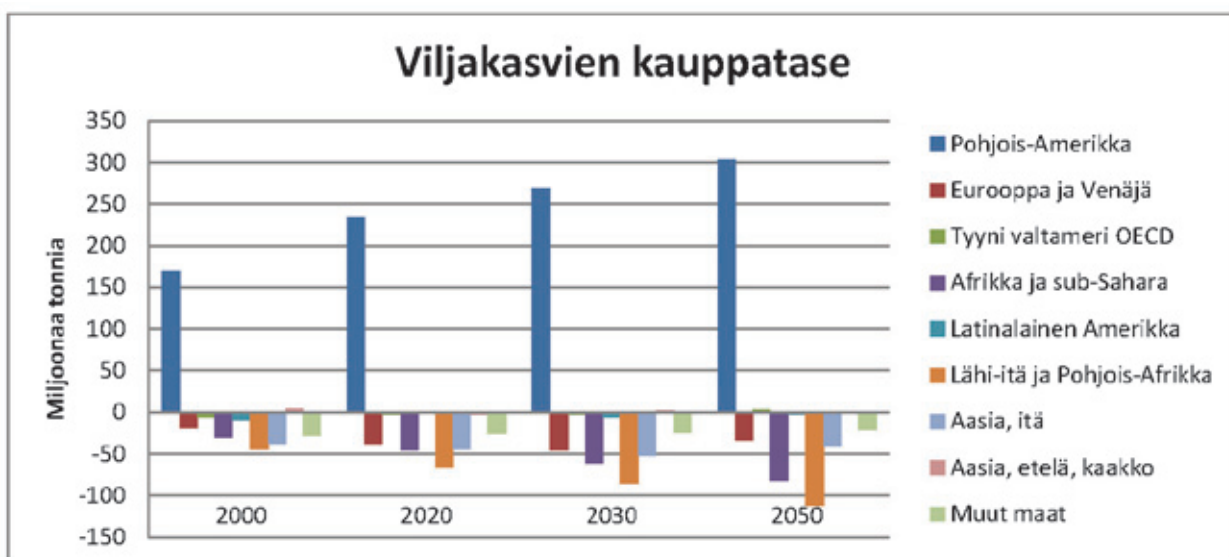


Kuva 14. BKT:n kasvuennuste FAO-REF-00 skenaarissa vuoden 1990 hinnoin (Fischer 2009).

4.1.1 Ruuan kysyntä ja tarjonta

Ilmastonmuutos ja vesiresurssien kasvava kysyntä tulevat vaikuttamaan tulevaisuudessa erityisesti ruuantuotannon kasvuolosuhteisiin. Ilmastonmuutoksen odotetaan saavan aikaan positiivisia vaikutuksia kylmillä alueilla ja negatiivisia lämpimillä alueilla. Kehitysmaissa odotetaan 9-21 prosentin laskua maatalouden kokonaistuottavuudessa. Teollisuusmaissa odotetaan maatalouden kokonaistuottavuuden laskevan joillain alueilla kuusi prosenttia ja toisaalla kasvavan kahdeksan prosenttia. (Msangi & Rosegrant 2009.)

Satotasojen ja viljelyyn käytettävän pinta-alan kehityssuunnat vaikuttavat eniten viljelykasvien tuotantoon. Länsimaissa saavutetaan korkeampia satotasoja kuin useimmissa kehitysmaissa. Globaalilla tasolla tarkasteltuna viljasadot kasvoivat keskimäärin kahdella prosentilla vuosittain periodilla 1970–1990, mutta sen jälkeen kasvu on puolittunut. FAO-REF-00 skenaarion mukainen viljakasvien tuotannon ja kulutuksen erotus eli kauppataase on esitetty kuvassa 15. Liitteestä 4 löytyvät viljakasvien tuotanto ja kulutusmäärät. Siinä viljakasvien kokonaistuotanto kasvaa 2,9 miljardiin tonniin vuoteen 2030 mennessä ja vuoteen 2050 mennessä 3,4 miljardiin tonniin. Vuonna 2000 kehitysmaat tuottivat noin puolet maailman viljasadoista, vuonna 2050 osuuden ennakoidaan olevan 57 prosenttia. Vuonna 2000 kehitysmaiden osuus maailman kokonaisruuankulutuksesta oli 55 prosenttia ja vuonna 2050 sen ennakoidaan olevan noin 64 prosenttia. Kehitysmaiden ruuan nettotuonti tulee kasvaa jatkuvasti seuraavien vuosikymmenten aikana. (Fischer 2009.)

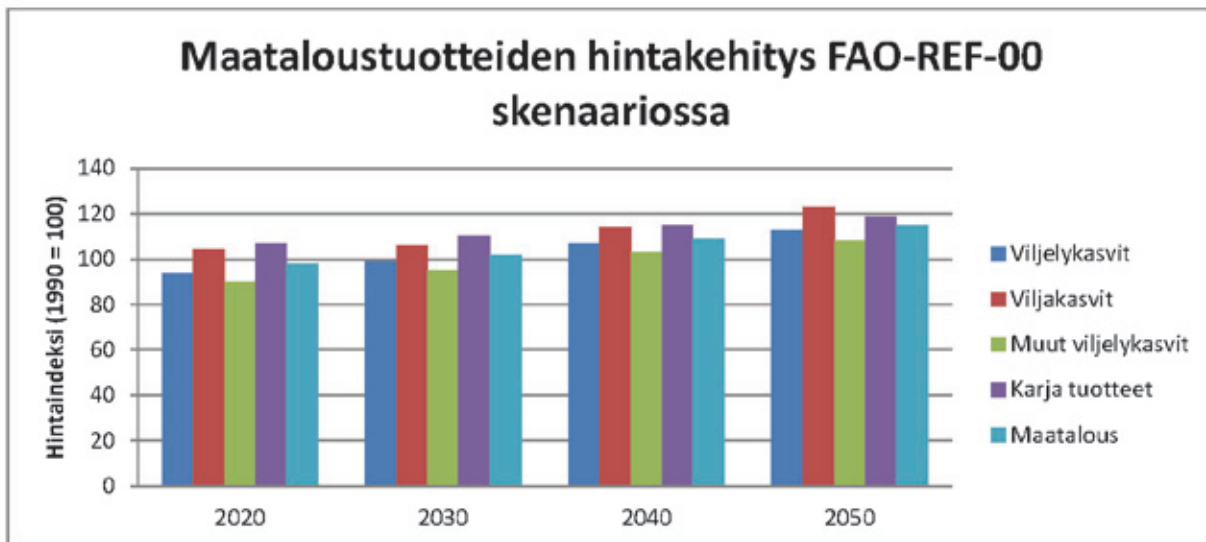


Kuva 15. Viljakasvien kauppataase FAO-REF-00 skenaarissa (Fischer 2009).

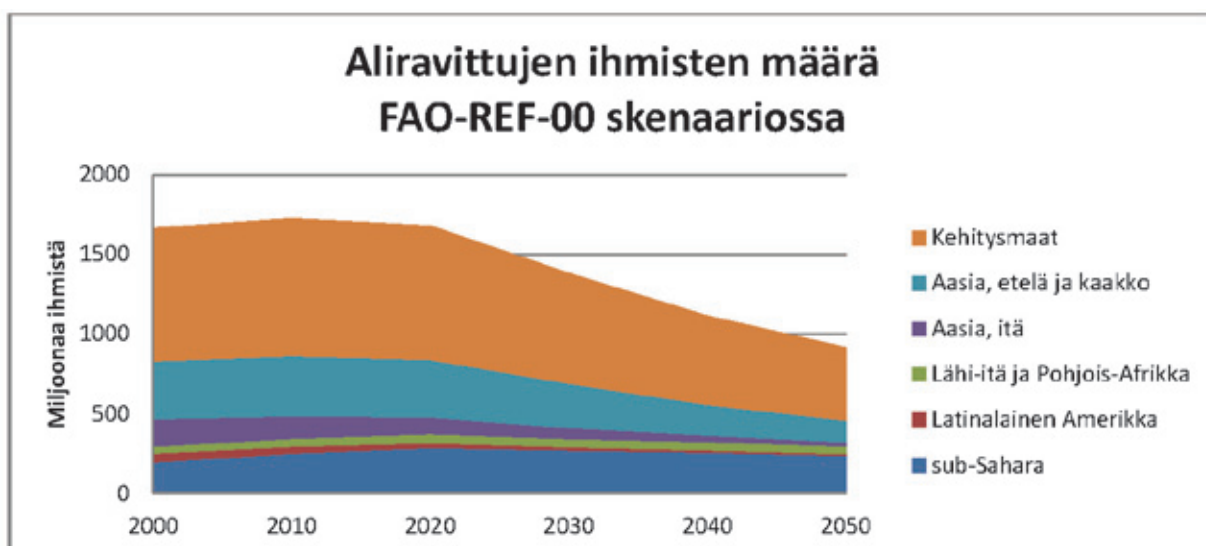
Maataloustuotteiden hinnat ovat laskeneet 1970-luvulta lähtien. Taitekohtana oli vuosi 2002, jonka jälkeen hinnat ovat alkaneet nousta. Ruuanhintojen pitkäaikaiseen laskuun oli syynä muun muassa väestön kasvun hidastuminen, teknologinen kehittyminen ja merkittävä tuottavuuden kasvu. Ruuan maailmanmarkkinahinnan hintaindeksi on kasvanut noin 140 prosenttia 2002–2007 välisenä aikana. Syynä tähän on ollut pääasiassa viljan ja öljysiementen kysynnän kasvu biopolttoaineiden raaka-aineiksi, alaiset maailman ruokavarastot, pienentyneet satotasot, kallistuneet lannoitteet, kallistunut öljy ja keinottelu maailmanmarkkinoilla. FAO-REF-00 skenaarion mukaiset ruuan maailmanmarkkinahinnan hintaindeksien muutokset ovat nähtävissä kuvasta 16 ja liitteestä 5 on nähtävissä sama numeerisesti ilmaistuna.

Vuonna 1970 maailmassa eli 940 miljoonaa aliravittua ihmistä kehitysmaissa. Seuraavien kahden vuosikymmenen aikana aliravittujen määrä laski 815 miljoonaan. Suurin lasku tapahtui Itä-Aasiassa, missä vielä vuonna 1970 eli 500 miljoonaa aliravittua ihmistä. Tästä vuoteen 1990 mennessä aliravittujen määrä oli puoliintunut. Aliravittujen ihmisten määrä on hiljalleen ollut kasvussa Etelä-Aasiassa ja kaksinkertaistunut Saharan eteläpuolisessa Afrikassa samalla ajan jaksolla. Vuonna 2000 aliravittujen ihmisten määrä kehitysmaissa oli 776 miljoonaa. Keskimäärin 14 prosenttia kehitysmaiden väestöstä elää aliravittuna, Afrikassa vastaava luku on 35 prosenttia.

FAO-REF-00 skenaario ennakoii maailman väestön aliravitsemuksen laskevan tulevina vuosikymmeninä (kuva 17). Tarkemmat tiedot on esitetty liitteessä 6. Suurimman laskun ennakoidaan tapahtuvan Itä- ja Etelä-Aasiassa. Afrikassa ennakoidaan aliravittujen ihmisten määrän kasvavan, koska väestönkasvu on siellä kiivainta. Vuonna 2020 Afrikassa ennakoidaan 35 prosenttia väestöstä elävän aliravittuna ja heidän osuutensa ennakoidaan kasvavan vuoteen 2050 mennessä 40 prosenttiin. (Fischer 2009.)



Kuva 16. Maataloustuotteiden hintakehitys (Fischer 2009).

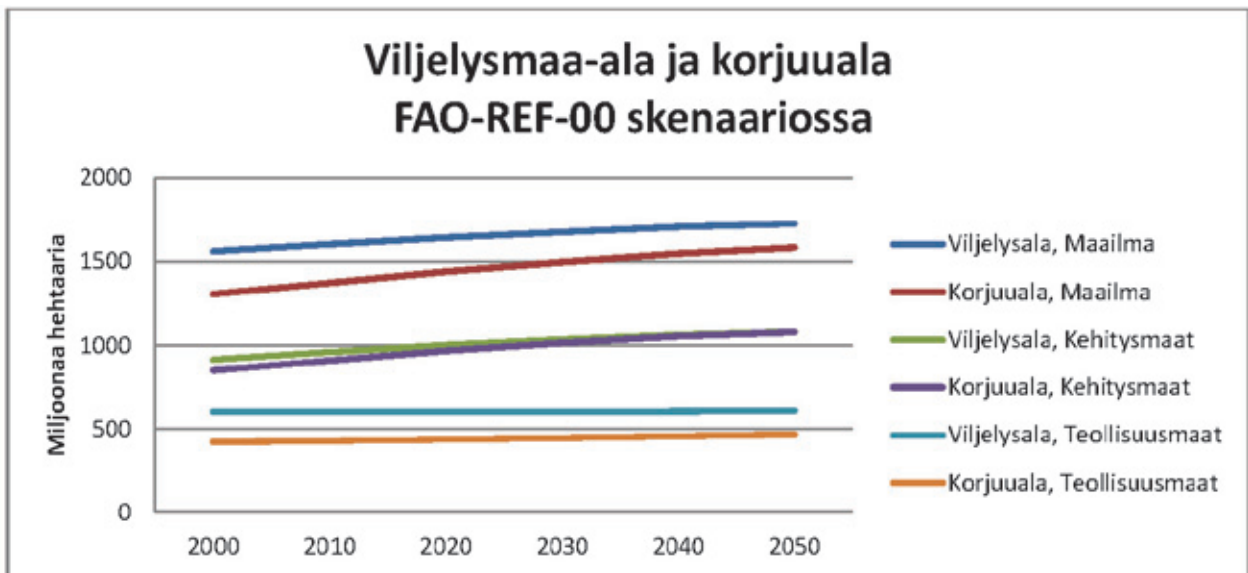


Kuva 17. Aliravittujen ihmisten määrä FAO-REF-00 skenaariossa (Fischer 2009).

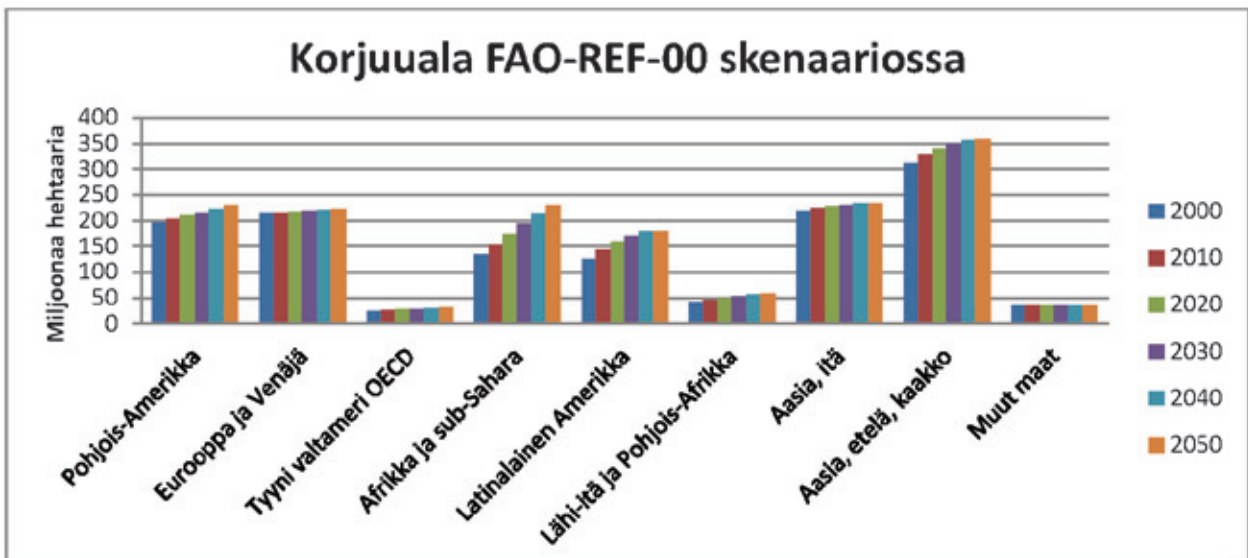
4.1.2 Viljelymaan käyttö

Nykyinen viljelyala on noin 1,6 miljardia hehtaaria, josta lähes miljardi hehtaaria on kehitysmaissa. Viimeisen 30 vuoden aikana maailman viljelyala on kasvanut noin viidellä miljoonalla hehtaarilla vuodessa. Tästä kasvusta 35 prosenttia on tapahtunut Latinalaisessa Amerikassa. Maatalousmaan laajenemisen potentiaalisina alueina ovat lähinnä Etelä-Amerikka ja Afrikka, missä seitsemän maata käsittää 70 prosenttia tästä potentiaalista. Aasiassa on hyvin vähän mahdollisuuksia ottaa uutta maatalousmaata käyttöön. FAO-REF-00 skenaarion mukainen ennakoitu globaali viljelymaan käyttö on nähtävissä kuvasta 18. Tarkemmat tiedot on esitetty liitteessä 7. Lähes kaikki nettolaajeneminen ennakoidaan tapahtuvan kehitysmaissa. Afrikka ja Etelä-Amerikka yhdessä käsittävät 85 prosenttia viljelymaan laajenemisesta.

Viljelymaa edustaa viljelykasvien kokonaistuotantoon käytettävää maa-alaa. Käytännössä osa tästä maa-alasta on kesannolla tai jätetty joutomaaksi ja osassa viljelysmaata tuotetaan monia kasveja vuoden aikana. Nykyinen korjuuala on noin 1,37 miljardia hehtaaria, josta lähes 70 prosenttia on kehitysmaissa. Korjuualan laajenemisen potentiaalisina alueina ovat lähinnä Etelä-Amerikka ja Afrikka, missä seitsemän maata käsittää 70 prosenttia tästä potentiaalista. Aasiassa on hyvin vähän mahdollisuuksia ottaa uutta maatalousmaata käyttöön. FAO-REF-00 skenaarion mukaiset ennakoitut korjuualat ovat nähtävissä taulukosta 19. Samat tiedot löytyvät numeerisesti ilmaistuna liitteestä 8. Viljelyintensiteetin odotetaan kasvavan 89 prosenttiin vuonna 2030 ja vuoteen 2050 mennessä 92 prosenttiin.



Kuva 18. Viljelymaa-ala ja korjuuala FAO-REF-00-skenaariossa (Fischer 2009).



Kuva 19. Korjuuala FAO-REF-00 skenaariossa (Fischer 2009).

4.2 Biopolttoaineskenaariot

Simuloinneissa käytetyt biopolttoaineiden skenaariot on suunniteltu kuvaamaan tulevaisuuden biopolttoaineiden kysynnän vaihtelumahdollisuutta. Skenaariot koostuvat kolmesta osasta. Ensin on valittu energian kokonaiskulutus skenaario ja sen myötä alueelliset kysynät liikennepolttoaineille. Sitten on valittu biopolttoaineiden käytön osuus polttoaineiden kokonaiskulutuksesta eri oletuksilla ja sen jälkeen on otettu huomioon toisen sukupolven biopolttoaineiden tuotannon teknologioiden kehitysmahdollisuudet jokaisessa skenaariossa. (Fischer 2009.)

Alueelliset liikennepolttoaineiden arvioidut kysynät eli WEO-skenaariot, joita on käytetty simuloinneissa ja skenaarioiden pohjana löytyvät taulukosta 2. Biopolttoaineiden käytön osuus on mukautettu valtioiden asettamien mandaattien ja tavoitteiden mukaisiksi, jolloin biopolttoaineiden tuotannon oletetaan laajenevan nopeasti. Tätä oletusta kutsutaan jatkossa TAR-skenaarioksi. Valtioiden asettamia mandaatteja ja tavoitteita on tarkasteltu alaluvussa 3.2. TAR-skenaariossa maailman biopolttoaineiden kokonaiskulutuksen arvioidaan nousevan 189 Mtoe vuoteen 2020 mennessä, 295 Mtoe vuoteen 2030 mennessä ja 424 Mtoe vuoteen 2050 mennessä (Fischer 2009). Vuonna 2004 vastaava luku oli 15,5 Mtoe ja vuonna 2010 41,5 Mtoe (WEC 2010).

Lisäksi simuloinneissa on käytetty neljää herkkyyskenaariota (SNS), joiden avulla on pyritty määrittämään ensimmäisen sukupolven biopolttoaineiden tuotannon tasoja mahdollisimman laajasti (taulukko 2.) (Fischer 2009). Tarkasteltavien skenaariovaihtojen kuvaukset on esitetty kootusti taulukossa 3.

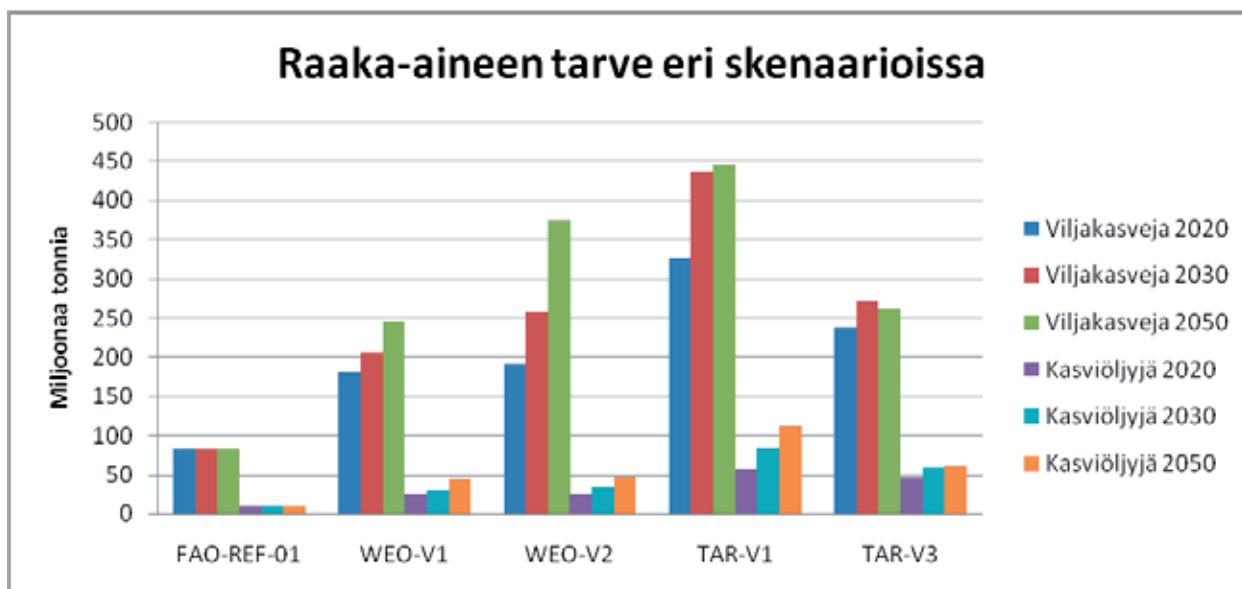
Vuonna 2008 arvioidaan käytetyn noin 80–85 miljoonaa tonnia viljakasveja bioetanolin tuotantoon, pääasiassa Yhdysvalloissa, ja noin 10 miljoonaa tonnia kasviöljyjä biodieselin tuotantoon, pääasiassa EU:ssa. FAO-REF-01 skenaariossa kyseiset määrät on pidetty vakioina vuoteen 2050 asti. Eri skenaarioissa tapahtuviin raaka-aineen käyttömäärän muutoksiin vaikuttavat biopolttoaineiden maantieteellinen levinneisyys ja toisen sukupolven biopolttoaineteknologioiden kehityksen käyttöönoton oletukset. Liikennekäyttöön tarvittavat biopolttoainetuotantoon tarkoitetut määrät viljakasveja ja kasviöljyjä vuosille 2020, 2030 ja 2050 valituissa skenaarioissa on esitetty kuvassa 20. (Fischer 2009.) Tarkemmat biopolttoaineiden tuotantoon tarvittavat raaka-aine määrät on esitetty liitteessä 9.

Taulukko 2. Ensimmäisen sukupolven biopolttoaineiden kulutus ja osuus polttoaineiden kokonaiskulutuksesta (Fischer 2009).

Skenaario	Osuus polttoaineiden kokonaiskulutuksesta, %			Ensimmäisen sukupolven biopolttoaineiden kulutus, Mtoe		
	2020	2030	2050	2020	2030	2050
SNS-V1	2	2,5	3	54	76	106
SNS-V2	4	5	6	107	151	211
SNS-V3	6	7,5	9	161	227	317
SNS-V4	8	10	12	214	302	423

Taulukko 3. Biopolttoaineskenaarioiden kuvaukset (Fischer 2009).

Skenaario	Skenaarion kuvaus
Viiteskenaario FAO-REF-00	Vuodesta 1990 lähtien mitään maataloustuotteita ei käytetä biopolttoaineiden tuotantoon. Käytetään referenssiskenaariota, johon vaihtoehtoisten biopolttoaineskenaarioiden vaikutuksia verrataan
FAO-REF-01	Biopolttoaineiden historiallinen kehitys vuoteen 2008 asti, tämän jälkeen raaka-aine määrät pidetään vakioina.
WEO-V1	Liikennekäytön energian kysyntä ja alueellinen käyttö johdettu IEA:n WEO 2008 referenssiskenaariosta. Toisen sukupolven biopolttoaineet tulevat kaupalliseen käyttöön vuoden 2015 jälkeen asteittain.
WEO-V2	Liikennekäytön energian kysyntä ja alueellinen käyttö johdettu IEA:n WEO 2008 referenssiskenaariosta. Toisen sukupolven biopolttoaineteknologiassa myöhästynyt kehitys. Kaikki liikennekäyttöön tarkoitettu biopolttoaine saadaan ensimmäisen sukupolven biopolttoaineista vuoteen 2030 asti.
TAR-V1	Liikennekäytön energian kysyntä johdettu IEA:n WEO 2008 referenssiskenaariosta. Oletetaan suurimpien kehittyneiden ja kehitysmaiden ilmoittamien biopolttoaineiden pakollisten, vapaaehtoisten ja suuntaa-antavien tavoitteiden tulevan käyttöön vuoteen 2020 mennessä. Toisen sukupolven biopolttoaineet tulevat kaupalliseen käyttöön vuoden 2015 jälkeen asteittain.
TAR-V3	Liikennekäytön energian kysyntä johdettu IEA:n WEO 2008 referenssiskenaariosta. Oletetaan suurimpien kehittyneiden ja kehitysmaiden ilmoittamien biopolttoaineiden pakollisten, vapaaehtoisten ja suuntaa-antavien tavoitteiden tulevan käyttöön vuoteen 2020 mennessä. Toisen sukupolven biopolttoaineiden konversioteknologioiden oletetaan kehittyvän nopeasti, samoin niiden käyttöön otton. Biopolttoaineiden kokonaiskulutuksesta kehittyneissä maissa käytetään vuonna 2020 33 % ja vuonna 2050 50 % toisen sukupolven biopolttoaineita.
SNS	Herkkyyskenaariot olettaen alhaisen (V1), keskitason (V2), korkean (V3) ja erittäin korkean (V4) ensimmäisen sukupolven biopolttoaineiden käytön osuuden (kts. taulukko 4.1.)



Kuva 20. Biopolttoaineiden tuotantoon tarvittava raaka-aineen määrä eri skenaarioissa (Fischer 2009).

Toisen sukupolven biopolttoaineiden tuotannon teknologian kehityspoluille on esitetty kolme erilaista muunnelmaa. Näiden tarkoituksena on määrittää toisen sukupolven biopolttoaineiden osuuksia kokonaisbiopolttoaineiden tuotannosta (taulukko 4 ja 5). V1-kehityspolussa oletetaan toisen sukupolven biopolttoaineteknologian tulevan Yhdysvalloissa kaupalliseen käyttöön vuonna 2015 ja lignoselluloosapohjaisen bioetanolin kattavan 7,5 prosenttia kokonaisbioetanolin tuotannosta vuonna 2020. Muissa OECD-maissa toisen sukupolven konversiokasvit saavat alkusysäyksensä vuonna 2020 ja saavuttavat 12,5 prosentin osuuden vuonna 2030. Brasilian, Kiinan ja Intian oletetaan ottavan käyttöön toisen sukupolven teknologian vuonna 2020, mutta saavuttavan vain viiden prosentin osuuden kokonaisbiopolttoainetuotannossa vuonna 2030. V2-kehityspolku kuvaa myöhästyntä kehitystä toisen sukupolven teknologiassa. Konversiokasvien oletetaan saapuvan markkinoille vasta vuonna 2030, jolloin kaikki liikennekäyttöön tarkoitettu biopolttoaine ennen tätä saadaan ensimmäisen sukupolven biopolttoaineista. V3-kehityspolku olettaa aikaisempaa ja kiihtyvää toisen sukupolven biopolttoaineiden käyttöönottoa. Biokemiallisen bioetanolin ja FT-dieselin tuotantokasvit tulevat saataville jo vuonna 2010 ja saavuttavat OECD-maissa 10 prosentin osuuden kokonaisbiopolttoaineiden tuotannosta vuonna 2015, kasvaen yli 30 prosentin osuuteen vuoteen 2020 mennessä. Kiinan ja Intian oletetaan seuraavan tätä kehitystä hieman jäljessä. (Fischer 2009.)

Taulukko 4. Toisen sukupolven bioetanolin osuus kokonaisbioetanolin tuotannosta eri skenaarioissa (Fischer 2009).

Skenaario	Alue	Toisen sukupolven bioetanolin osuus kokonaisbioetanolista, %			
		2015	2020	2030	2050
TAR-V1	Yhdysvallat	Alkaa	7,5	25	50
	Muut OECD maat	Ei yhtään	Alkaa	12,5	33
	Venäjä	Ei yhtään	Alkaa	5	20
	Brasilia, Kiina ja Intia	Ei yhtään	Alkaa	5	20
	Muut kehitysmaat	Ei yhtään	Ei yhtään	Ei yhtään	Ei yhtään
TAR-V2	Kaikki maat	Ei yhtään	Ei yhtään	Alkaa	10
WEO-V3	Yhdysvallat	10	24	40	66
	EU-27	Ei yhtään	10	33	50
	Muut OECD maat	Ei yhtään	10	33	50
	Venäjä	Ei yhtään	5	20	40
	Kiina ja Intia	Alkaa	5	20	40
	Muut kehitysmaat	0	0	10	20
TAR-V3	Yhdysvallat	10	35	55	70
	EU-27	10	31	47	67
	Muut OECD maat	10	31	47	67
	Venäjä	Alkaa	10	33	50
	Kiina ja Intia	Alkaa	10	33	50
	Muut kehitysmaat	0	Alkaa	10	33

Taulukko 5. Toisen sukupolven biopolttoaineiden osuus eri biopolttoaineskenaarioissa (Fisher 2009.)

Skenaario	Toisen sukupolven biopolttoaineiden osuus liikennekäyttöön tarkoitettusta kokonaisbiopolttoaineen kulutuksesta, prosenttia			Toisen sukupolven biopolttoaineiden käyttö, Mtoe		
	2020	2030	2050	2020	2030	2050
Globaali keskiarvo						
WEO-V1	3	13	30	3	17	62
WEO-V2	0	0	10	0	0	21
WEO-V3	13	30	49	13	38	103
TAR-V1	2	12	26	5	37	110
TAR-V2	0	0	10	0	0	42
TAR-V3	22	38	55	41	113	234
Kehittyneet maat						
WEO-V1	4	19	40	3	15	50
WEO-V2	0	0	10	0	0	12
WEO-V3	18	36	59	11	29	73
TAR-V1	4	18	39	5	32	84
TAR-V2	0	0	10	0	0	21
TAR-V3	33	51	68	39	91	146

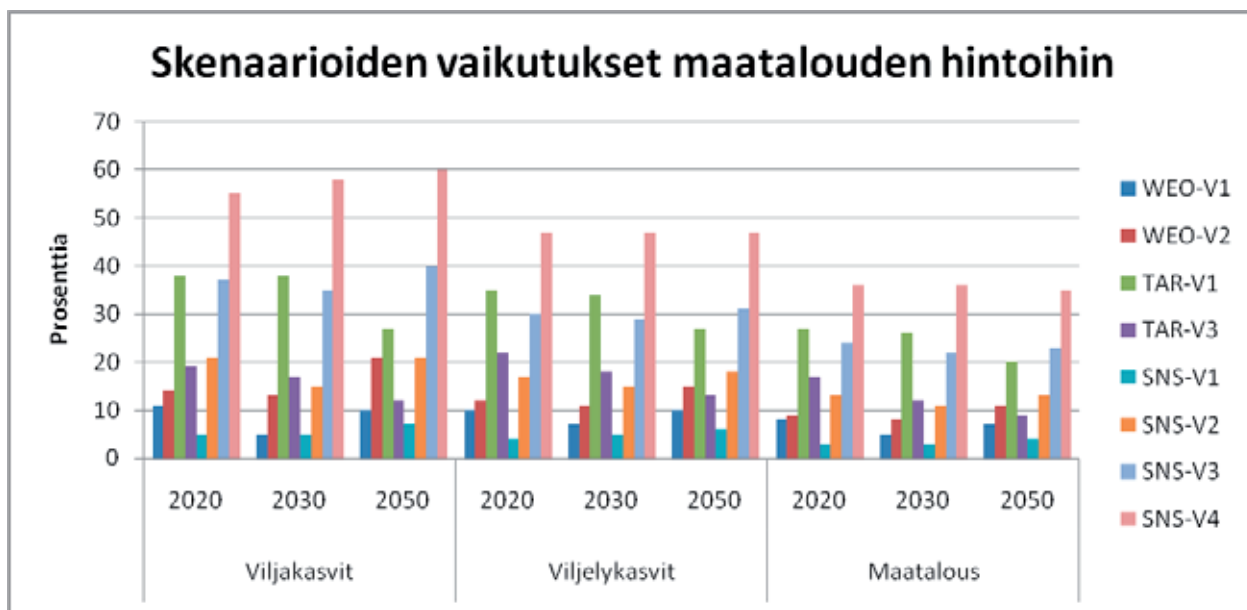
IEA:n julkaiseman raportin mukaan sekä biokemiallinen konversio selluloosasta bioetanoliksi ja lämpökemiallinen konversio FT-dieseliksi odotetaan muuntavan yhden kuivatonnin biomassaa (20GJ/tonni energia pitoisuudella) noin 6,5 GJ biopolttoaineeksi luettavaa energiaa. (Fisher 2009.) Tarkemmat toisen sukupolven biopolttoaineiden konversioteknologioiden tuotokset on nähtävissä liitteestä 10.

4.3 Tulokset

4.3.1 Maataloustuotteiden hinta

Biopolttoaineiden käytön laajentumisskenaarioissa on ulkoiset muuttajat, kuten väestön kasvu ja maataloussektorin ulkopuolisen teknologian kehittyminen, jätetty referenssiprojektiossa määritellyille tasoille. Mitään erityisiä sopeuttamispoliittikan keinoja ehkäisemään maatalouden muuttunutta toimintakykyä ei ole otaksuttu olevan. Muutosprosessit eri skenaarioissa ovat seurausta biopolttoaineen kysynnästä, mikä aiheuttaa muutoksia maataloustuotteiden kansainvälisillä ja kansallisilla markkinoilla. Tähän vaikuttavat investointien kohdentuminen ja työvoiman siirtyminen sektoreiden välillä ja yhtä lailla maatalouden resurssien uudelleen jakautuminen ajan kuluessa. (Fischer 2009.)

Ensimmäisen sukupolven biopolttoaineiden tuotannosta aiheutuva lisääntyvä perusmaataloustuotteiden kysyntä aiheuttaa markkinoiden epätasapainoa ja aiheuttaa maailmanmarkkinahintojen nousun. Kuvasta 21 on nähtävissä valittujen skenaarioiden vaikutukset maataloustuotteiden hintoihin. Tarkemmat tiedot on esitetty liitteessä 11. Vuoteen 2020 mennessä viljakasvien ja viljelykasvien hinnat nousevat noin 10 prosenttia WEO-skenaarioissa. Toisen sukupolven biopolttoaineiden osuus WEO-V1 skenaariossa on vielä pientä ja WEO-V2 skenaariossa hintojen nousu on maltillista. TAR-V1 skenaarion vaikutus viljelykasvien hintoihin vuonna 2020 on melko huomattavaa suunnilleen 35 prosenttia. TAR-V3 skenaariossa oletetun selluloosaeetanolin kiihtyvän käyttöönoton vaikutukset viljakasvien hintoihin ovat puolet pienemmät kuin TAR-V1 skenaariossa, noin 19 prosenttia. Hintarakenteen vaikutukset ovat melko samankaltaiset myös vuonna 2030, mutta WEO-V1 ja WEO-V2 skenaarioiden erot tulevat paremmin esille. Toisen sukupolven biopolttoaineiden kasvavalla käyttöönotolla (TAR-V3 skenaario) johtaa vain noin 15 prosentin hinnannousuun. Selvää on että maataloustuotteiden hintoihin vaikuttavat huomattavasti ensimmäisen sukupolven biopolttoaineisiin kohdistuvat liikennepolttoaineen kulutuksia koskevat poliittiset velvoitteet ja tavoitteet. (Fischer 2009.)

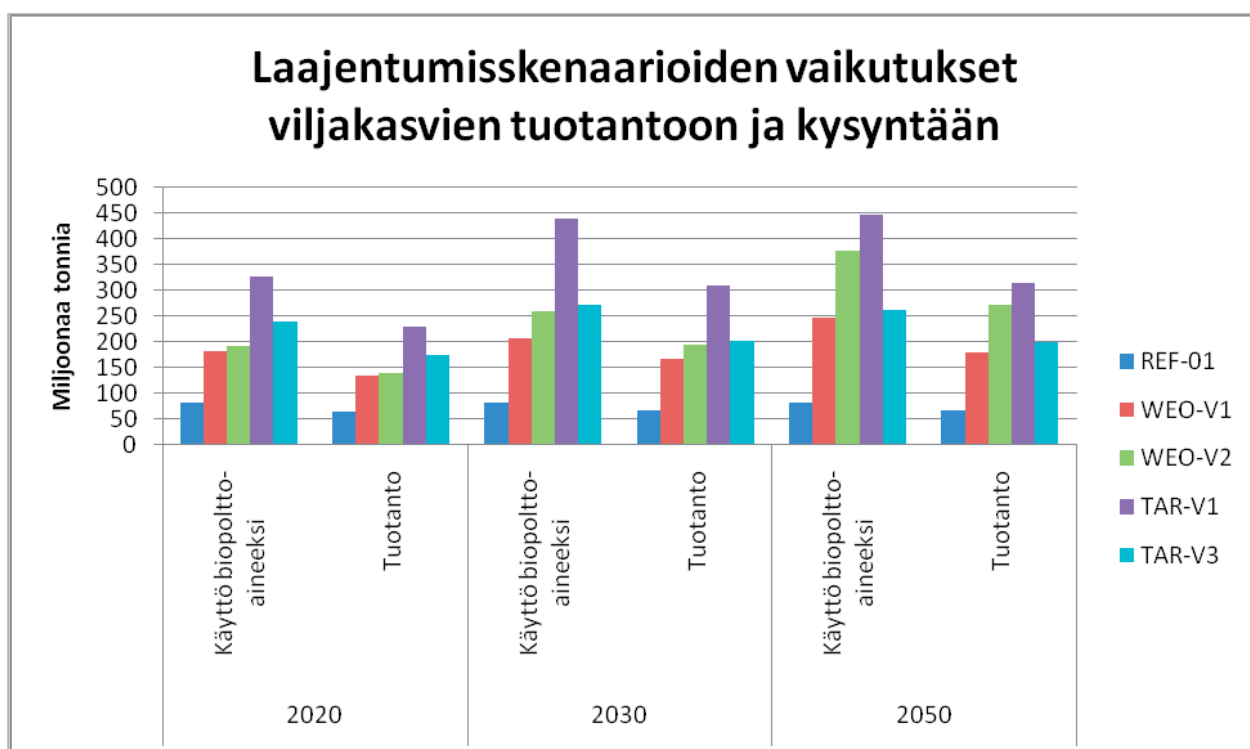


Kuva 21. Biopolttoaineskenaarioiden vaikutukset maataloustuotteiden hintoihin (Fischer 2009).

4.3.2 Viljakasvien kysyntä ja tarjonta

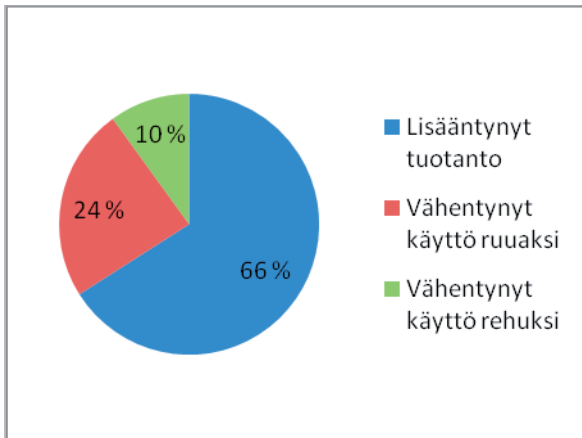
Referenssiskenaarioon (FAO-REF-00) suhteutettuna vuonna 2020 arvioidaan tarvittavan WEO-V1 ja WEO-V2 skenaarioissa noin 100 miljoonaa tonnia enemmän viljakasveja bioetanolin tuotantoon. TAR-V1 skenaariossa vastaavan määrän arvioidaan olevan 240 miljoonaa tonnia ja TAR-V3 skenaariossa 155 miljoonaa tonnia (kuva 22) (Fischer 2009.) Tarkemmat tiedot on esitetty liitteessä 12.

Merkittävimmät vaikutukset kohdistuvat kehitysmaihiin, missä viljakasvien käytön vähentyminen vastaa 75 prosenttia viljakasvien elintarvike- ja rehukäytön laskusta globaalilla tasolla. Kohoavien elintarvikkeiden hintojen negatiiviset vaikutukset kohdistuvat erityisesti alhaisemman tulotason kuluttajiin, jotka kuluttavat suhteellisesti suuremman osan tuloistaan edullisiin peruselintarvikkeisiin kuten maissiin, vehnään, riisiin ja soijapapuihin. (Fischer 2009.)



Kuva 22. Viljakasvien kysynnän ja tuotannon suhteelliset muutokset verrattuna FAO-REF-00 skenaarioon (Fischer 2009).

Keskimäärin kaksi kolmasosaa bioetanolin tuotantoon käytettävistä viljakasveista arvioidaan saatavan lisääntyneestä viljelykasvintuotannosta. Kulutusmuutosten arvioidaan kattavan lopun yksi kolmasosaa. Viljakasvien käytön vähentyminen ruokana oletetaan olevan 10 prosenttia ja rehuna 24 prosenttia biopolttoaineiden kokonaistuotantoon käytettävästä viljakasvien määrästä (kuva 23) (Fisher 2009.)

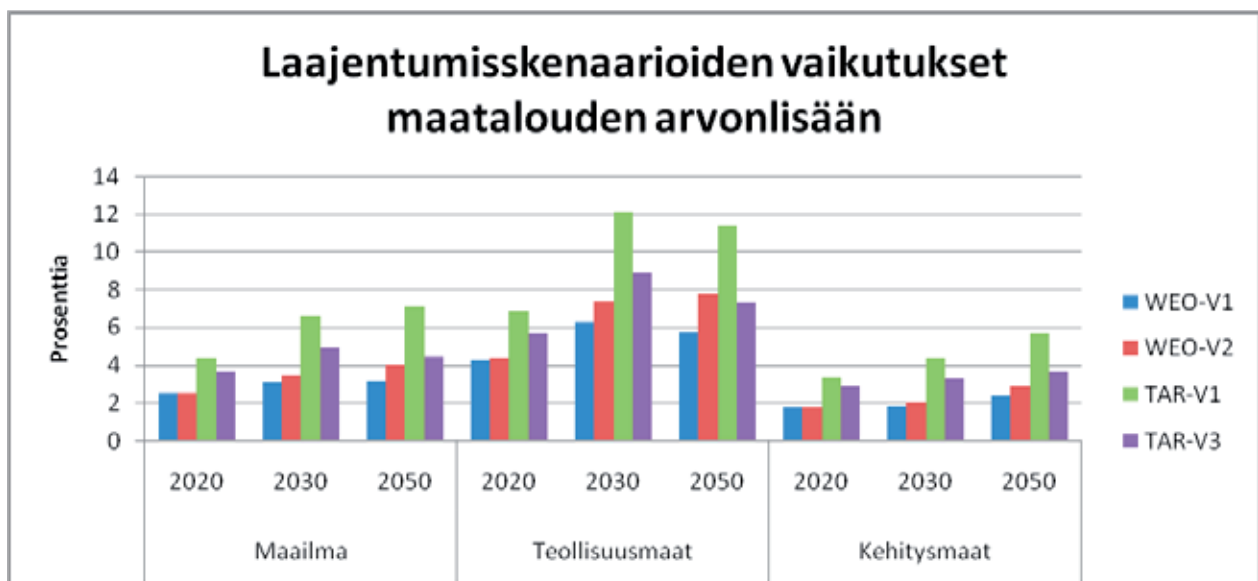


Kuva 23. Biopolttoaineiden tuotantoon tarvittavien viljakasvien lähteet (Fisher 2009).

4.3.3 Maatalouden arvonlisä

Biopolttoaineiden kehittymisellä on nähty olevan monipuolistava vaikutus maatalouden tuotantoon, erityisesti kehittyneissä talouksissa, mikä on muokannut maatalouden tukipolitiikan keinoja. Kuvasta 24 on nähtävissä missä laajuudessa lisääntyneen viljelykasvien tuotannon biopolttoaineiden raaka-aineeksi arvioidaan kasvattavan maatalouden arvonlisää eri skenaarioissa. Liitteessä 13 on esitetty maatalouden arvonlisän muutokset myös alueellisesti. WEO-V1 skenaariossa, jossa on hyvin maltillinen biopolttoaineiden kasvuennuste, muutokset absoluuttisin termein (US\$ 1990) ovat 41 miljardia vuonna 2020, 57 miljardia vuonna 2030 ja 71 miljardia vuonna 2050. Kehittyneissä maissa maatalouden arvonlisä käsittää vuonna 2030 50 prosenttia ja vuonna 2050 45 prosenttia globaalista maatalouden arvonlisästä. WEO-V1 skenaariossa suhteellisen kasvun arvioidaan olevan REF-00 skenaarioon nähden kehittyneissä maissa 4,3 prosenttia ja kehitysmaissa vain 1,8 prosenttia vuonna 2020. Afrikan oletetaan saavuttavan 2,4 prosentin ja Latinalaisen Amerikan 3,1 prosentin kasvun, kun Lähi-idässä, Pohjois-Afrikassa ja Aasiassa kasvun oletetaan liikkuvan vain 0,9-1,9 prosentin luokassa (Fisher 2009.)

TAR-V1 skenaariossa maatalous saavuttaa 6,6 prosentin arvonlisän. Muutokset absoluuttisin termein (\$US 1990) ovat 73 miljardia vuonna 2020, 120 miljardia vuonna 2030 ja 155 miljardia vuonna 2050. Tästä 33 miljardia vuonna 2020 ja 62 miljardia vuonna 2030 tulevat kehittyneistä maista. (Fisher 2009.)



Kuva 24. Biopolttoaineiden laajentumisskenaarioiden vaikutukset maatalouden arvonlisään (Fisher 2009).

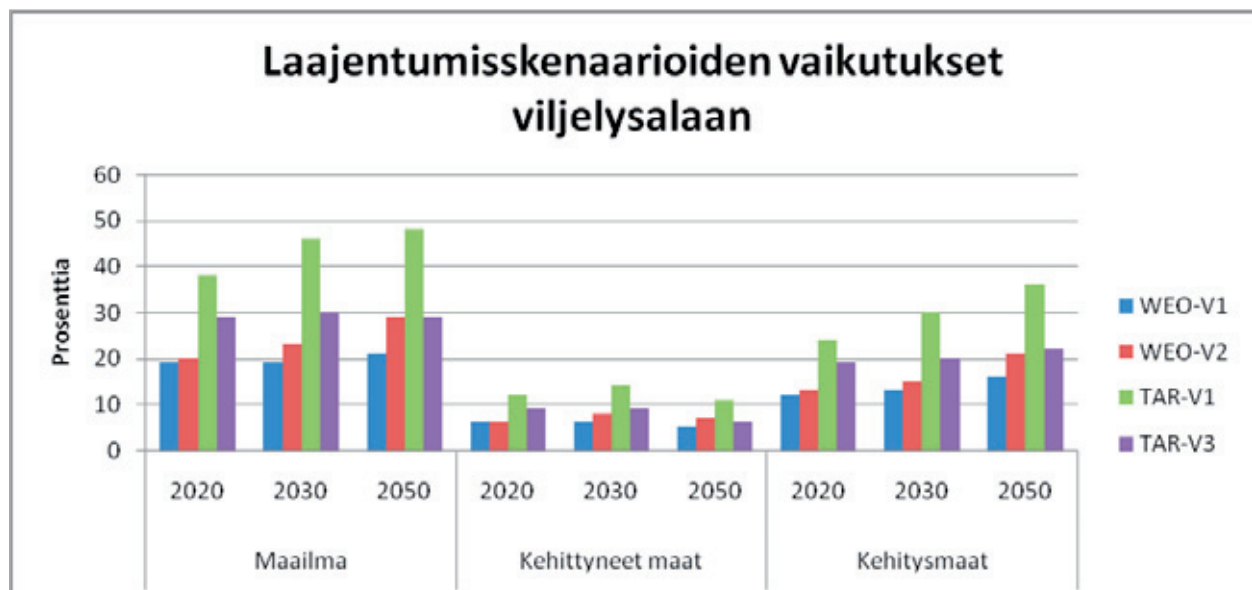
4.3.4 Viljelyala

Biopolttoaineen lisääntynyt tuotanto aiheuttaa niin suoria kuin epäsuoria muutoksia maan käyttöön. Suorilla muutoksilla tarkoitetaan uuden maan käyttöönottoa biopolttoaineiden tuotantoon. Epäsuorat maan käytön muutokset johtuvat siitä että biopolttoaineiden tuotantoon otetaan maata käyttöön jo maatalousmaana käytetävästä maasta, jolloin sen tuotanto syrjäyttää ruuan, rehun sekä kuidun tuottamiseen tarvittavaa maa-alaa. Simuloinneissa on pyrytty ottamaan huomioon molemman kaltaiset muutokset, mallintamalla kuluttajien ja tuottajien reaktioita hintojen muutoksiin. (Fisher 2009.)

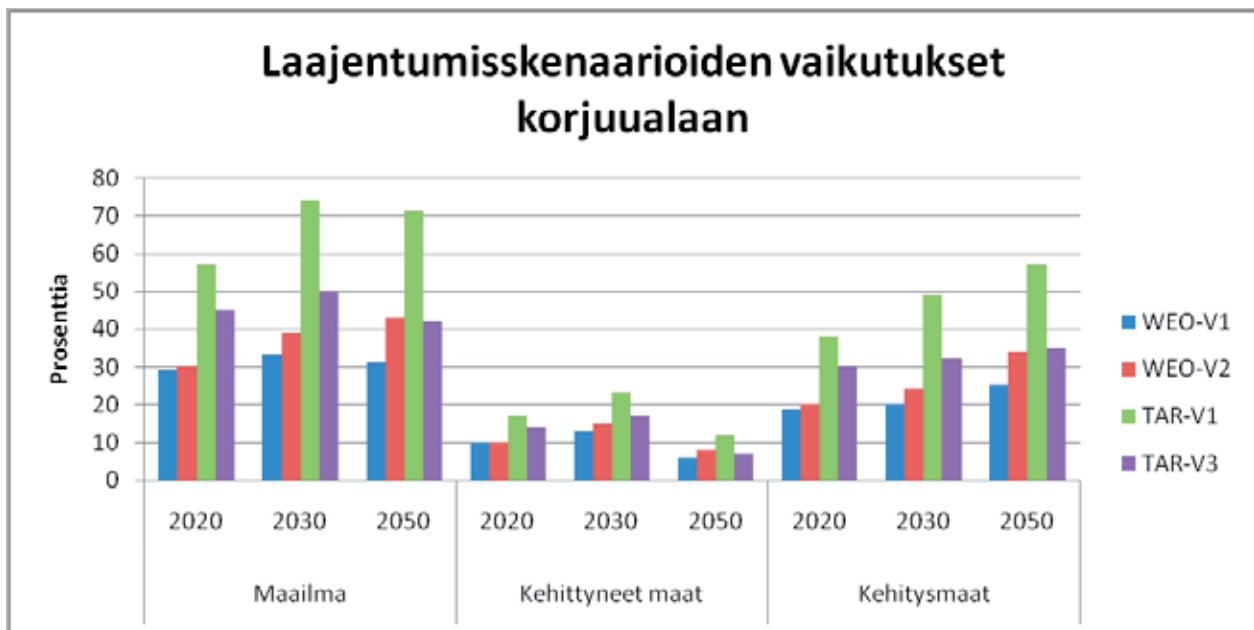
Kuvasta 25 on nähtävissä suhteellinen biopolttoaineskenaarioiden lisääntyvä viljelymaan tarve biopolttoainetuotannon raaka-aineeksi globaalilla tasolla verrattuna FAO-REF-00 referenssiskenaariion mukaiseen maa-alan lisäästarpeeseen. Viljelymaan tarpeen muutokset on esitetty numeerisesti liitteessä 14. Viljelymaan lisääntynyt käyttö vuonna 2020 vaihtelee WEO-V1 skenaarion 19 miljoonasta hehtaarista TAR-V1 skenaarion 38 miljoonaa hehtaariin. Kehittyneissä maissa lisääntyvä viljelymaan käyttö eri biopolttoaineskenaarioissa vaihtelee 6:sta 12 miljoonaa hehtaariin vuosien 2000–2020 aikana, kun FAO-REF-00 skenaariossa viljelymaan lisäyksen oletetaan olevan 3 miljoonaa hehtaaria. Samana ajankohtana referenssiskenaariossa (FAO-REF-00) oletetaan kehitysmaissa viljelymaan lisäyksen olevan 87 miljoonaa hehtaaria ja eri biopolttoaineskenaarioissa kokonaisviljelymaan lisäyksen vaihtelevan 99:stä 112 miljoonaa hehtaariin. TAR-V1 skenaariossa tapahtuva 24 miljoonan hehtaarin maankäytön lisäys kehitysmaissa vuonna 2020, oletetaan katettavan 9 miljoonalla hehtaarilla Saharan eteläpuolisesta Afrikasta ja 11 miljoonalla hehtaarilla Etelä-Amerikasta saadulla lisämaalla. Tarkasteltaessa eri biopolttoaineskenaarioiden lisääntyvää maan käytön tarvetta ajanjaksolle 2020–2030 on erot skenaarioiden välillä kasvavat merkittävästi. (Fisher 2009.)

Eri biopolttoaineskenaarioissa tapahtuvat korjuualan muutokset ovat nähtävissä kuvasta 26. Tarkemmat tiedot löytyvät liitteestä 15. Korjuualojen lisääntynyt käyttö vuonna 2020 vaihtelee WEO-V1 skenaarion 29 miljoonasta hehtaarista TAR-V1 skenaarion 57 miljoonaa hehtaariin. Kehittyneissä maissa lisääntyvä korjuuala eri biopolttoaineskenaarioissa vaihtelee 10:sta 17 miljoonaa hehtaariin vuosien 2000–2020 aikana, ja kehitysmaissa 19:stä 38 miljoonaa hehtaariin. (Fisher 2009.)

Biopolttoaineskenaarioiden vaatima korjuualan suhteellinen kasvu verrattuna FAO-REF-00-referenssiskenaariion korjuualan kasvuun on merkittävä, vuoteen 2020 mennessä 30-55 prosenttia, vuoteen 2030 mennessä 32-75% ja vuoteen 2050 mennessä 30-70 prosenttia (Kuva 26). Huomattavaa kuitenkin on että kyse ei ole korjuualan kokonaiskasvusta. Viljelyskelpoisen maa-alan kasvu eri biopolttoaineskenaarioissa jää 1–3 prosenttiin kun vertailukohtaksi otetaan koko korjuuala (Fisher 2009.)



Kuva 25. Viljelyalan suhteelliset muutokset referenssiskenaarioon FAO-REF-00 referenssiskenaariion viljelyalan lisäästarpeeseen nähden (Fisher 2009).



Kuva 26. Korjuualan suhteelliset muutokset referenssiskenaarioon FAO-REF-00 nähden (Fisher 2009).

4.3.5 Toisen sukupolven biopolttoaineet

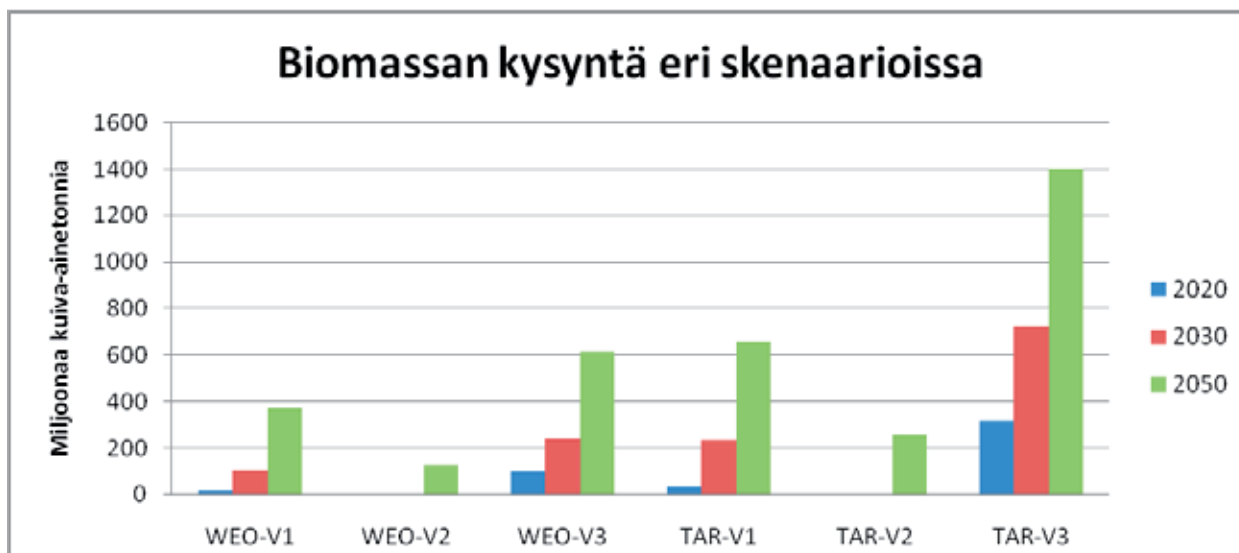
Toisen sukupolven biopolttoaineiden käyttöönottoon liittyy useita teknisiä ja taloudellisia haasteita. Laajemman kaupallistumisen odotetaan alkavan vuosien 2015–2020 välillä. Konversiotehokkuusoletuksena on saada 250 litraa etanolia kuiva-ainetonna kohden vuonna 2020 ja 300 litraa vastaavasti vuonna 2030. Fischer-Tropsch -dieselin kohdalla oletus on saada 160 litraa vuonna 2020 ja 200 litraa kuiva-ainetonna kohden vuonna 2030. Tällöin toisen sukupolven biopolttoaineet vaativat noin 7,7 kuiva-ainetonna biomassaa vuonna 2020 ja 6,4 kuiva-ainetonna biomassaa vuonna 2030 vastatakseen yhtä tonnia raakaöljyä. Vuonna 2050 on arvioitu tarvittavan kuusi kuiva-ainetonna vastaavasti öljykvivalentttonnia (toe) kohden. Tällöin biomassan kysyntä muodostuu eri skenaarioissa kuvan 27 mukaiseksi. (Fisher 2009.) Tarkemmat toisen sukupolven biomassan kysynät on esitetty liitteessä 16.

Toisen sukupolven raaka-ainelähteinä voidaan käyttää kustannuksiltaan edullisia maatalouden sivutuotteita, puun jalostuksen jätteitä ja kiinteän jätteen orgaanisia jakeita. Toisena vaihtoehtona ovat energiakasviplantaasit. Kun biopolttoaineen raaka-ainepohja perustuu jättejakeisiin ja sivutuotteisiin biopolttoaineiden tuotanto vaatii hyvin suunniteltuja logistisia järjestelmiä, mutta pellonkäyttöpaine jää vähäiseksi. Energiakasveihin perustuva raaka-ainepohja aiheuttaa paineen pellonkäyttöön, joskin tätä lieventää mahdollisuus käyttää maataloustuotannolle marginaalisia alueita energiakasvien viljelyyn.

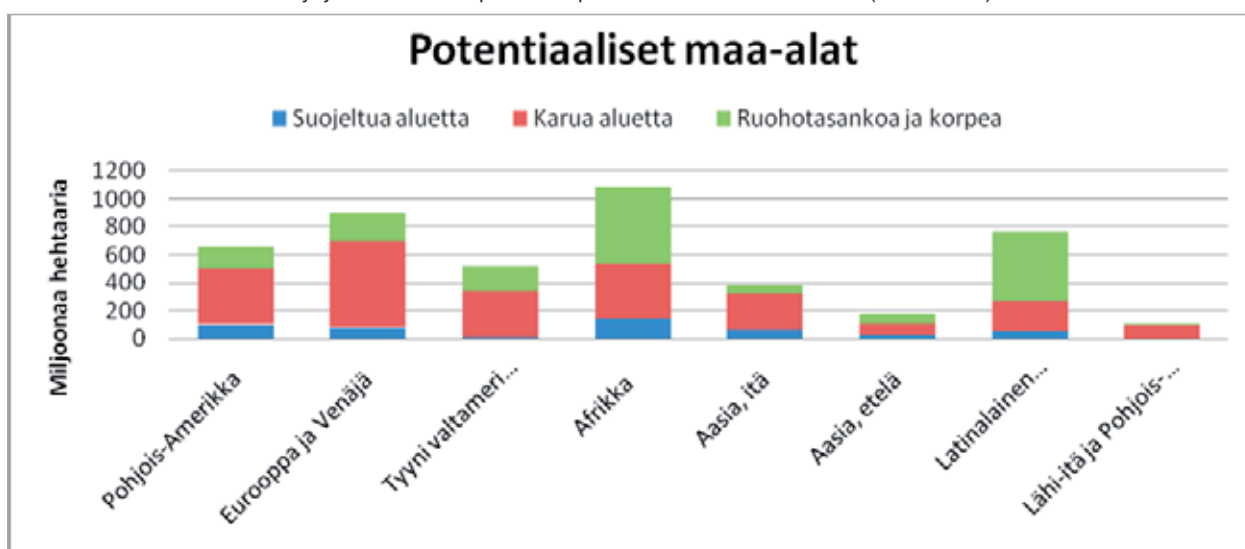
Toisen sukupolven biopolttoaineiden aikaisessa kehitysvaiheessa (vuonna 2020) suurin osa biomassan tarpeesta tulee olemaan kehittyneissä maissa. Energiakasvien lisääntyvän viljelyn myötä painopiste siirtyy kehitysmaihin.

Maailman kokonaismaapinta-ala on ilman Etelänapamannerta ja Grönlantia noin 13,2 miljardia hehtaaria. Tämän hetkiset viljelysmaat, metsät, asutetut maa-alat, veden peittämät maa-alueet ja karut maa-alueet (aavikot, kalliot...) poisluettuna on käytettävissä noin 4,6 miljardia hehtaaria maa-alaa (noin 35 prosenttia kokonaismaa-alasta). Tuottamattomat, hyvin alhaisen tuottavuuden maa-alueet (esim. tundra, hedelmätön) ja jyrkät rinteet poisluettuna jää maa-alaksi noin 1,75 miljardia hehtaaria, joka muodostuu ruohotasangosta ja korpimaasta. Alueellisesti maa-alat kohdentuvat kuvan 28 mukaisesti. (Fisher 2009.) Tarkemmat lignoselluloosan raaka-aineeksi arvioidut alueelliset potentiaaliset maa-alat on esitetty liitteessä 17.

Kaksi kolmasosaa tästä biopolttoaineiden raaka-aineen potentiaalisesta 1,75 miljardista hehtaarin maa-alasta sijaitsee kehitysmaissa, enimmäkseen Afrikassa ja Etelä-Amerikassa. Suurinta osaa näistä maa-alueista käytetään tällä hetkellä laiduntamiseen. Vuonna 2000 noin 55–60 prosenttia saatavilla olevasta ruohotasankojen biomassasta käytettiin globaalilla tasolla eläinten rehuksi. Kehittyneiden maiden osuus tästä on noin 40 prosenttia. Kehitysmaiden osuudesta noin 80 prosenttia käytettiin Aasian alueilla.



Kuva 27. Globaali biomassan kysyntä toisen sukupolven biopolttoaineille eri skenaarioissa (Fisher 2009).



Kuva 28. Lignoselluloosan raaka-aineeksi arvioidut alueelliset potentiaaliset maa-alat (Fisher 2009).

Teknisessä mielessä bioenergian tuotannon käyttöön otettavissa oleva potentiaalinen maa-ala on erittäin suuri, 700–800 miljoonaa hehtaaria. Tosin tuotannon taso vaihtelee paljon ja tuotantoinfrastruktuurin kehittäminen vaatii merkittävää panostusta. Kehittyneiden maiden on arvioitu kattavan tästä noin 330 miljoonaa hehtaaria. Tästä Pohjois-Amerikka, Tyynenvaltameren OECD maat ja Eurooppa, Venäjä ja Keski-Aasia kattavat yhden kolmasosan. Kehitysmaiden on arvioitu kattavan noin 450 miljoonaa hehtaaria; 275 miljoonaa hehtaaria Afrikassa ja 160 miljoonaa hehtaaria Latinalaisessa Amerikassa. (Fisher 2009.)

Energiakasviplantaasiin keskimääräiseksi tuotokseksi on oletettu noin 10 kuiva-ainetonna hehtaarilta vuonna 2020. Tutkimuksen ja oppimisen myötä energiakasvien satotason arvioidaan kasvavan 15 kuiva-ainetonna hehtaarilta vuonna 2030. Tarkemmat toisen sukupolven raaka-aineiden tyypilliset tuotot on esitetty liitteessä 18.

Vastatakseen biopolttoaineiden tavoitteita TAR-V3 skenaarion mukaisesti tarvittaisiin noin 315 miljoonaa kuiva-ainetonna biomassaa vuonna 2020 ja 725 miljoonaa kuiva-ainetonna biomassaa vuonna 2030. Tällöin jos kaikki toisen sukupolven biopolttoaineet tuotettaisiin plantaaseilla, TAR-V3 skenaarion mukainen toisen sukupolven biomassan raaka-aineen tarve olisi 50 miljoonaa hehtaaria ja WEO-V3 ja TAR-V1 skenaarioissa alle 20 miljoonaa hehtaaria. Todellisuudessa tarve tulee olemaan huomattavasti pienempi, koska osa raaka-ainetarpeesta voidaan tyydyttää jätteillä ja sivutuotteilla. (Fisher 2009.)

Näiden pinta-alojen valossa on selvää että biopolttoaineille asetetut tavoitteet voidaan saavuttaa kiihdyttämällä lignoselluloosapohjaisten raaka-aineiden tuotantoa ja laajuutta. Kunhan viljely kohdentuu maatalouden kannalta marginaalisille alueille, tavoitteet voidaan saavuttaa ilman merkittävää kilpailua viljelymaan käytöstä, vaikutusta elintarvikkeiden hintoihin ja globaaliin ruokaturvaan.

5 Johtopäätökset

Tämän selvityksen ydinkysymyksenä on tarkastella eri maiden asettamien biopolttoainetavoitteiden vaikutuksia maatalouteen ja viljelyalan käyttöön tulevana vuosikymmeninä useiden skenaarioiden avulla. Tarkastelun kohteena ovat liikennekäyttöön tarkoitetut nestemäiset biopolttoaineet.

Biopolttoaineiden käytön osuus on mukautettu valtioiden asettamien velvoitteiden ja tavoitteiden mukaisiksi TAR- skenaarioissa. TAR-V1-skenaariion vaikutus viljelykasvien hintoihin vuonna 2020 on noin 35 prosenttia. Viljakasveja arvioidaan tarvittavan vastaavasti noin 244 miljoonaa tonnia enemmän. TAR-V3 skenaariossa toisen sukupolven selluloosaetanolin käyttöönotto on nopeampaa, jolloin viljelykasvien hinnat nousevat referenssiskenaarioon nähden noin 20 prosenttia. Viljakasvien lisätarve on 154 miljoonaa tonnia.

Ensimmäisen sukupolven biopolttoaineiden tuotannosta aiheutuva perusmaataloushyödykkeiden kysynnän kasvu aiheuttaa markkinoiden epätasapainoa ja johtaa maailmanmarkkinahintojen nousuun. Skenaariotarkastelun tuloksista on nähtävissä että, mitä pienempi osuus ensimmäisen sukupolven biopolttoaineilla on biopolttoaineiden kokonaiskäyttömäärästä, sitä pienempi vaikutus toiminnalla on elintarvikkeiden hintoihin.

Kohoavien elintarvikkeiden hintojen negatiiviset vaikutukset kohdistuvat erityisesti alhaisemman tulotason kuluttajiin, jotka kuluttavat suhteellisesti suuremman osan tuloistaan edullisiin peruselintarvikkeisiin kuten maisiin, vehnään, riisiin ja soijapapuihin. Tämä yhdessä väestönkasvun ja urbanisoitumisen kanssa heikentää etenkin kaikkein köyhimpien ruokaturvaa. Ensimmäisen sukupolven biopolttoaineiden kehityspolku vaatii sekä lisäämään viljakasvien tuotantoa että vähentämään näiden kulutusta muualla. Tarkastelussa oletettiin että lähes 70 prosenttia biopolttoaineiden tuotantoon käytettävistä viljakasveista muodostuu tuotannon tehostumisesta ja lisääntymisestä. Loput 30 prosenttia muodostuu viljakasvien rehu- ja elintarvikekäytön vähenemästä. Tästä 75 prosenttia kohdentuu kehitysmaihin.

Biopolttoaineen lisääntynyt tuotanto aiheuttaa niin suoria kuin epäsuoria muutoksia maan käyttöön. Suorilla muutoksilla tarkoitetaan uuden maan käyttöönottoa biopolttoaineiden tuotantoon. Epäsuorat maan käytön muutokset johtuvat siitä että biopolttoaineiden tuotantoon otetaan maata käyttöön jo maatalousmaana käytettävästä maasta, jolloin sen tuotanto syrjäyttää ruuan, rehun sekä kuidun tuottamiseen tarvittavaa maa-alaa.

Ensimmäisen sukupolven biopolttoaineiden kehityskulku vaatii kokonaiskorjuualan olevan noin 1500 miljoonaa hehtaaria vuonna 2020, mikä vastaa noin 60 miljoonan hehtaarin (4%) lisäystä nykyiseen korjuuunaan. Kehittyneet maat voivat vastata biopolttoaineiden lisääntyneestä kysynnästä aiheutuvaan lisäkorjuualan tarpeeseen 17–14 miljoonalla hehtaarella, kehitysmaiden osuuden ollessa 30–38 miljoonaa hehtaaria. Kokonaisuun käytön lisäyksestä 80 prosenttia tapahtuu Afrikassa ja Etelä-Amerikassa

Toisen sukupolven raaka-ainelähteinä voidaan käyttää kustannuksiltaan edullisia maatalouden sivutuotteita, puun jalostuksen jätteitä ja kiinteän jätteen orgaanisia jakeita. Toisena vaihtoehtona ovat energiakasviplantaasit. Kun biopolttoaineen raaka-ainepohja perustuu jättejakeisiin ja sivutuotteisiin biopolttoaineiden tuotanto vaatii hyvin suunniteltuja logistisia järjestelmiä, mutta pellonkäyttöpaine jää vähäiseksi. Energiakasveihin perustuva raaka-ainepohja aiheuttaa paineen pellonkäyttöön, joskin tätä lieventää mahdollisuus käyttää maataloustuotannolle marginaalisia alueita energiakasvien viljelyyn.

Toisen sukupolven biopolttoaineiden aikaisessa kehitysvaiheessa (vuonna 2020) suurin osa biomassan tarpeesta tulee olemaan kehittyneissä maissa. Energiakasvien lisääntyvän viljelyn myötä painopiste siirtyy kehitysmaihin. Suurinta osaa näistä maa-alueista käytetään tällä hetkellä ekstensiiviseen laiduntamiseen.

Toisen sukupolven biopolttoaineiden käyttöönoton kehitystä kuvaavat V-skenaariot. Vastatakseen biopolttoaineiden tavoitteita esimerkiksi TAR-V3 skenaarion mukaisesti tarvittaisiin noin 315 miljoonaa kuiva-ainetonna biomassaa vuonna 2020 ja 725 miljoonaa kuiva-ainetonna biomassaa vuonna 2030. Tällöin jos kaikki toisen sukupolven biopolttoaineet tuotettaisiin plantaaseilla, biomassan raaka-aineen tarpeen tyydyttävä maa-ala olisi 50 miljoonaa hehtaaria ja WEO-V3 ja TAR-V1 skenaarioissa alle 20 miljoonaa hehtaaria. Todellisuudessa tarve on huomattavasti pienempi, koska osa raaka-ainetarpeesta voidaan tyydyttää jätteillä ja sivutuotteilla.

Teknisessä mielessä bioenergian tuotantoon käyttöön otettavissa olevan potentiaalisen maa-ala on erittäin suuri, 700–800 miljoonaa hehtaaria. Tosin tuotannon taso vaihtelee paljon ja tuotantoinfrastruktuurin kehittäminen vaatii merkittävää panostusta. Kehittyneiden maiden on arvioitu kattavan potentiaalista noin 330 miljoonaa

hehtaaria. Tästä Pohjois-Amerikka, Tyynenvaltameren OECD maat ja Eurooppa, Venäjä ja Keski-Aasia kattavat yhden kolmasosan. Kehitysmaiden on arvioitu kattavan noin 450 miljoonaa hehtaaria; 275 miljoonaa hehtaaria Afrikassa ja 160 miljoonaa hehtaaria Latinalaisessa Amerikassa.

Näiden pinta-alojen valossa lienee selvää että biopolttoaineille asetetut tavoitteet voidaan saavuttaa vuoteen 2050 mennessä kiihdyttämällä lignoselluloosapohjaisten raaka-aineiden tuotantoa ja laajuutta. Kunhan viljely kohdentuu maatalouden kannalta marginaalisille alueille, tavoitteet voidaan saavuttaa ilman merkittävää kilpailua viljelymaan käytöstä, vaikutusta elintarvikkeiden hintoihin ja globaaliin ruokaturvaan.

Liikennejärjestelmä on nykyisellään erittäin riippuvainen fossiilisista polttoaineista. Sen saattaminen kestäväle kehitysuralle vaatii merkittävää panostusta. Energiantarpeen tyydyttämiseen on nähtävissä useita kehityspolkuja. Toisen sukupolven biopolttoaineiden kehitys on olennaisessa roolissa, kunhan raaka-ainepohja perustuu sivutuotteisiin, jättejakeisiin ja elintarviketuotannon kannalta marginaalisten maa-alueiden hyödyntämiseen.

Näiden lisäksi tarvitaan liikenteen energiatehokkuuden ja sähköajoneuvokannan kehitystä, jossa sähköntuotantoinfrastruktuuria perustuu biomassan ohella laajasti uusiutuvien energialähteiden hyödyntämiseen. Myös bio-kaasun hyödyntämiselle liikenteessä on oma roolinsa nestepitoisten biojättejakeiden, -lietteiden ja lantojen sekä elintarviketuotantoa tukevien viljelykierron välikasvien hyödyntämisessä.

Kehityspolut vaativat panostusta niin tutkimustoimintaan, innovaatioiden hyödyntämiseen, investointeihin että tuotantotoiminnan alkutaipaleen tukemiseen. Kotimaisen energia- ja teknologiateollisuuden mahdollisuutena on demonstraatio- ja kehitystoiminta. Raaka-aineet ja markkinat löytyvät maailmalta.

6 Lähdeluettelo

- Berg, C. 2004. World fuel ethanol analysis and outlook. Tulostettu 13.03.2012 <http://www.meti.go.jp/report/downloadfiles/g30819b40j.pdf>
- BP Statistical Review 2011a. BP Energy Outlook 2030. Tulostettu 24.08.2011 http://www.bp.com/liveassets/bp_internet/globalbp/globalbp_uk_english/reports_and_publications/statistical_energy_review_2011/STAGING/local_assets/pdf/2030_energy_outlook_booklet.pdf
- BP Statistical Review 2011b. BP Energy Outlook 2030 summary tables. Tulostettu 24.08.2011 <http://www.bp.com/sectiongenericarticle800.do?categoryId=9037134&contentId=7068677>
- Echols, M. 2009 ICTSD: Biofuels Certification and the Law of the World Trade Organization. Issue Paper No. 19. tulostettu 20.03.2012 <http://ictsd.org/downloads/2012/02/biofuels-certification-and-the-law-of-the-wto.pdf>
- EERE 2011. Alternative Fuels & Advanced Vehicles Data Center: Federal & State Incentives & Laws. Tulostettu 10.3.2012 <http://www.afdc.energy.gov/afdc/laws/law/US/399>
- Elbehri, A. Sarris, A. 2009. Farm support policies that minimize global distortionary effects. In proceedings FAO Expert Meeting on How to Feed the World in 2050. Tulostettu 27.08.2011 <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/012/ak542e/ak542e00.pdf>
- European Biofuels 2012. Biofuels Certification. Tulostettu 20.03.2012 <http://www.biofuelstp.eu/certification.html>
- FAO 2006. World agriculture: towards 2030/2050. Tulostettu 25.08.2011 http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/esag/docs/Interim_report_AT2050web.pdf
- FAO 2008. THE STATE OF FOOD AND AGRICULTURE. Tulostettu 10.03.2012 <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/011/i0100e/i0100e.pdf>
- FAOSTAT 2012. Resources: Recources: Land. Tulostettu 16.03.2012 <http://faostat.fao.org/site/377/DesktopDefault.aspx?PageID=377#ancor>
- Fischer, G. 2009. World Food and Agriculture to 2030/50: How do climate change and bioenergy alter the long-term outlook for food, agriculture and resource availability? In proceedings FAO Expert Meeting on How to Feed the World in 2050. Tulostettu 27.08.2011 <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/012/ak542e/ak542e00.pdf>
- Global-Bio-Pact 2010. Project background. Tulostettu: 20.03.2012 http://www.globalbiopact.eu/index.php?option=com_content&view=article&id=57&Itemid=56
- Haas, M. McAloon, A. Yee, W. & Foglia, T. 2005. A process model to estimate biodiesel production costs. Bio-resource Technology 97, 671-678.
- Index Mundi 2011. Commodities Data: Historical commodity prices. Tulostettu 10.08.2011 <http://www.indexmundi.com/>
- Kovarik, B. 1998. Henry Ford, Charles Kettering and the "Fuel of the Future". Automotive History Review, spring, 7-27. Tulostettu 13.03.2012 <http://radford.edu/~wkovarik/papers/fuel.html>
- Krewitt, W. Simon, S. Graus, W. Teske, S. Zervos, A. Schäfer, O. 2007. The 2°C scenario-A sustainable world energy perspective. Energy Policy, 35, 4969-4980.
- Msangi, S. Rosegrant, M. 2009. World agriculture in a dynamically-changing environment: IFPRI's long-term outlook for food and agriculture under additional demand and constraints. In proceedings FAO Expert Meeting on How to Feed the World in 2050. Tulostettu 27.08.2011 <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/012/ak542e/ak542e00.pdf>
- OECD/FAO 2010. OECD-FAO Agricultural Outlook 2010-2019. Paris: OECD PUBLISHING
- OECD.Stat 2011. OECD-FAO Agricultural Outlook 2011-2020. Tulostettu 05.08.2011 <http://stats.oecd.org/index.aspx?r=378570>
- Statistical Pocketbook. 2010. EU energy and transport in figures. Tulostettu: 24.08.2011 http://ec.europa.eu/transport/publications/statistics/doc/pocketbook2010_contractor.pdf
- TEM 2012. Biopolttoaineiden ja bionesteiden kestävyys. Tulostettu 20.03.2013 <http://www.tem.fi/index.phtml?s=4577>
- Van der Mensbrugge, D. Osorio-Rodarte, I. Burns, A. Baffes, J. 2009. Macroeconomic environment, commodity markets: A longer term outlook. In proceedings FAO Expert Meeting on How to Feed the World in 2050. Tulostettu 27.08.2011 <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/012/ak542e/ak542e00.pdf>
- WBGU 2010. Future Bioenergy and Sustainable Land Use. London : Earthscan
- WEC 2010. Biofuels: Policies, Standards and Technologies. Tulostettu <http://www.worldenergy.org/documents/biofuelsformattedmaster.pdf>.

Liitteet

Liite 1. Alueelliset liikennepolttoaineiden kokonaiskulutukset, Mtoe. (Fischer 2009).

Alueelliset liikennepolttoaineiden kokonaiskulutukset, Mtoe.				
WEO skenaario	2000	2020	2030	2050
Pohjois-Amerikka	655	773	773	781
Eurooppa ja Venäjä	519	658	652	609
Tyynimeri OECD	105	110	99	93
Muu maailma	6	16	24	36
Afriikka	45	69	80	122
Aasia, Itä	114	337	495	625
Aasia, Etelä	111	224	322	544
Latinalainen Amerikka	149	253	285	332
Lähi-itä ja Pohjois-Afriikka	108	214	259	342
Kehittyneet maat	1236	1480	1460	1417
Kehittyvät maat	576	1174	1529	2068
Koko maailma*	1962	2830	3171	3750

*Sisältää kansainvälisen merenkulun ja ilmailun

Liite 2. Maailman väestön ennakoitu kasvukehitys, miljoonaa ihmistä (Fischer 2009).

Maailman väestön ennakoitu kasvukehitys						
	2000	2010	2020	2030	2040	2050
Pohjois-Amerikka	306	337	367	392	413	430
Eurooppa ja Venäjä	752	762	766	761	748	729
Tyyni valtameri OECD	150	153	152	148	142	135
Afriikka ja sub-Sahara	655	842	1056	1281	1509	1723
Latinalainen Amerikka	505	574	638	689	725	744
Lähi-itä ja Pohjois-Afriikka	303	370	442	511	575	629
Aasia, itä	1402	1500	1584	1633	1630	1596
Aasia, etelä, kaakko	1765	2056	2328	2553	2723	2839
Muut maat	210	233	249	262	272	280
Kehittyneet maat	1141	1177	1202	1211	1210	1198
Kehitysmaat	4696	5417	6132	6758	7257	7627
Muut maat	210	233	249	262	272	280
Maailma	6047	6827	7582	8231	8739	9105

Liite 3. BKT:n kasvuennuste FAO-REF-00-skenaariossa vuoden 1990 hinnoin (Fischer 2009).

BKT, miljoonaa US \$						
FAO-REF-00	2000	2010	2020	2030	2040	2050
Pohjois-Amerikka	8286	10582	12427	13817	15480	17050
Eurooppa ja Venäjä	7502	9487	11621	14037	16860	19832
Tyyni valtameri OECD	3795	4304	4781	5173	5534	5888
Afrikka ja sub-Sahara	238	350	531	808	1236	1894
Latinalainen Amerikka	1450	2014	2822	4267	6284	8828
Lähi-itä ja Pohjois-Afrikka	597	850	1212	1772	2623	3845
Aasia, itä	1596	4165	8037	13106	18373	24625
Aasia, etelä, kaakko	1255	2020	3136	4840	7293	10139
Muut maat	2418	3000	3640	4343	5103	5913
Kehittyneet maat	19583	24372	28830	33028	37875	42770
Kehitysmaat	5135	9399	15738	24795	35810	49331
Muut maat	2418	3000	3640	4343	5103	5913
Maailma	27136	36771	48207	62165	78788	98014

Liite 4. Viljakasvien tuotanto ja kulutus, ilman ilmastonmuutosta ja biopoltoainetuotantoa (Fischer 2009).

VILJA	Tuotanto, miljoonaa tonnia				Kulutus, miljoonaa tonnia			
	2000	2020	2030	2050	2000	2020	2030	2050
FAO-REF-00								
Pohjois-Amerikka	474	588	645	707	304	354	376	404
Eurooppa ja Venäjä	526	552	575	650	545	590	621	684
Tyyni valtameri OECD	40	48	49	55	46	50	52	52
Afrikka ja sub-Sahara	76	133	172	265	106	179	233	347
Latinalainen Amerikka	130	197	221	269	139	196	227	272
Lähi-itä ja Pohjois-Afrikka	55	82	94	122	99	148	179	234
Aasia, itä	423	525	568	636	461	570	620	677
Aasia, etelä, kaakko	345	450	496	573	341	453	494	573
Muut maat	75	94	103	125	103	120	128	146
Kehittyneet maat	1108	1149	1229	1363	858	945	993	1072
Kehitysmaat	1060	1425	1590	1914	1183	1596	1808	2171
Muut maat	75	94	103	125	103	120	128	146
Maailma	2143	2668	2923	3402	2144	2661	2928	3388

Liite 5. Maataloustuotteiden hintakehitys (Fischer 2009).

Maataloustuotteet	Hinta indeksi (1990=100)			
	2020	2030	2040	2050
FAO-REF-00				
Viljelykasvit	94	99	107	113
Viljakasvit	104	106	114	123
Muut viljelykasvit	90	95	103	108
Karja tuotteet	107	110	115	119
Maatalous	98	102	109	115

Liite 6. Aliravittujen ihmisten määrä FAO-REF-00 skenaariossa (Fischer 2009).

Aliravitsemus	Miljoonaa ihmistä					
	2000	2010	2020	2030	2040	2050
FAO-REF-00						
sub-Sahara	196	252	286	271	258	239
Latinalainen Amerikka	56	43	31	20	14	10
Lähi-itä ja Pohjois-Afrikka	42	51	57	53	52	47
Aasia, itä	173	139	104	68	42	26
Aasia, etelä ja kaakko	364	378	362	278	192	136
Kehitysmaat	833	864	839	691	557	458

Liite 7. Viljelyala FAO-REF-00 skenaariossa (Fischer 2009).

Viljelysmaa-ala	Miljoonaa hehtaaria					
	2000	2010	2020	2030	2040	2050
FAO-REF-00						
Pohjois-Amerikka	234	235	236	237	241	244
Eurooppa ja Venäjä	339	337	336	334	334	334
Tyyni valtameri OECD	57	57	57	57	60	61
Afrikka ja sub-Sahara	226	245	265	284	301	315
Latinalainen Amerikka	175	193	208	217	223	224
Lähi-itä ja Pohjois-Afrikka	67	69	70	72	73	74
Aasia, itä	147	146	146	146	145	145
Aasia, etelä, kaakko	274	281	286	289	292	293
Muut maat	42	41	40	38	38	37
Kehittyneet maat	604	602	601	602	606	610
Kehitysmaat	915	960	1002	1035	1063	1081
Muut maat	42	41	40	38	38	37
Maailma	1561	1603	1643	1676	1707	1727

Liite 8. Korjuuala FAO-REF-00 skenaariossa (Fischer 2009).

Korjuuala	Miljoonaa hehtaaria					
	2000	2010	2020	2030	2040	2050
FAO-REF-00						
Pohjois-Amerikka	196	203	210	215	223	231
Eurooppa ja Venäjä	215	216	218	219	221	223
Tyyni valtameri OECD	25	26	27	28	30	31
Afrikka ja sub-Sahara	134	152	174	194	214	231
Latinalainen Amerikka	126	143	160	171	179	180
Lähi-itä ja Pohjois-Afrikka	42	46	50	53	56	59
Aasia, itä	220	224	228	231	233	234
Aasia, etelä, kaakko	312	327	341	350	356	359
Muut maat	35	35	35	35	35	35
Kehittyneet maat	421	429	438	446	457	468
Kehitysmaat	850	909	968	1016	1055	1080
Muut maat	35	35	35	35	35	35
Maailma	1306	1373	1441	1497	1547	1583

Liite 9. Biopolttoaineiden tuotantoon tarvittava raaka-aineen määrä eri skenaarioissa (Fischer 2009).

Biopolttoaineiden tuotantoon tarvittava raaka-aineen määrä						
	Viljakasveja			Kasviöljyä		
	2020	2030	2050	2020	2030	2050
FAO-REF-01	83	83	83	10	10	10
WEO-V1	181	206	246	26	30	44
WEO-V2	192	258	376	26	33	48
TAR-V1	327	437	446	58	85	112
TAR-V3	238	272	262	46	59	61

Liite 10. Toisen sukupolven biopolttoaineiden konversioteknologioiden tuotokset (Fischer 2009).

Toisen sukupolven biopolttoaineiden konversioteknologioiden tuotokset							
Prosessi	Biopolttoainetuotos, litraa per kuiva-ainetonni		Energiapitoisuus, MJ per litra	Energjatuotos, GJ per kuiva-ainetonni		Kuiva-ainepanos, kuiva-ainetonni per toe	
	Alhainen	Korkea	LHV	Alhainen	Korkea	Alhainen	Korkea
Hydrolyysi etanoli	110	300	21,1	2,3	6,3	18	6,6
FT-diesel	75	200	34,4	2,6	6,9	16,2	6,1
Synteesikaasusta etanoliksi	120	160	21,1	2,5	3,4	16,5	12,4

Liite 11. Biopolttoaineskenaarioiden vaikutukset maataloustuotteiden hintoihin (Fischer 2009).

Skenaario	Hintaindeksien suhteelliset muutokset FAO-REF-00 referenssiskenaarioon verrattuna, %								
	Viljakasvit			Viljelykasvit			Maatalous		
	2020	2030	2050	2020	2030	2050	2020	2030	2050
WEO-V1	11	5	10	10	7	10	8	5	7
WEO-V2	14	13	21	12	11	15	9	8	11
TAR-V1	38	38	27	35	34	27	27	26	20
TAR-V3	19	17	12	22	18	13	17	12	9
SNS-V1	5	5	7	4	5	6	3	3	4
SNS-V2	21	15	21	17	15	18	13	11	13
SNS-V3	37	35	40	30	29	31	24	22	23
SNS-V4	55	58	60	47	47	47	36	36	35

Liite 12. Viljakasvien kysynnän ja tuotannon suhteelliset muutokset verrattuna FAO-REF-00 skenaarioon (Fischer 2009).

Skenaario	Viljakasvien kysynnän ja tuotannon suhteelliset muutokset FAO-REF-00 skenaarioon nähden,								
	miljoonaa tonnia								
	2020			2030			2050		
	Käyttö biopoltto-aineeksi	Tuotanto	Ruoka / Rehu	Käyttö biopoltto-aineeksi	Tuotanto	Ruoka / Rehu	Käyttö biopoltto-aineeksi	Tuotanto	Ruoka / Rehu
REF-01	83	64	-19	83	66	-17	83	68	-15
WEO-V1	181	134	-46	206	167	-45	246	180	-62
WEO-V2	192	140	-48	258	194	-68	376	271	-102
TAR-V1	327	229	-96	437	308	-133	446	313	-127
TAR-V3	238	174	-59	272	201	-69	262	198	-62

Liite 13. Maatalouden arvonlisän suhteelliset muutokset referenssiskenaarioon FAO-REF-00 nähden, prosentteina (Fischer 2009).

Skenaario	Maatalouden arvonlisän suhteelliset muutokset referenssiskenaarioon FAO-REF-00 nähden, %								
	Maailma			Teollisuusmaat			Kehitysmaat		
	2020	2030	2050	2020	2030	2050	2020	2030	2050
WEO-V1	2,5	3,1	3,2	4,3	6,3	5,8	1,8	1,9	2,4
WEO-V2	2,5	3,5	4	4,4	7,4	7,8	1,8	2,1	2,9
TAR-V1	4,4	6,6	7,1	6,9	12,1	11,4	3,4	4,4	5,7
TAR-V3	3,7	4,9	4,5	5,7	8,9	7,3	2,9	3,3	3,7

Alue	Maatalouden arvonlisän suhteelliset muutokset referenssiskenaarioon FAO-REF-00 nähden, %								
	WEO-V1 skenaario			WEO-V2 skenaario			TAR-V3 skenaario		
	2020	2030	2050	2020	2030	2050	2020	2030	2050
Pohjois-Amerikka	8,5	11,2	8,6	8,7	13,2	12,8	11,6	14,1	8,6
Eurooppa ja Venäjä	1,8	3,5	4,6	1,7	4,1	5,3	1,9	6,1	7,3
Tyynivaltameri OECD	0,8	1,6	1,7	0,8	1,4	1,6	1,7	3	2,8
Afrikka, sub-Sahara	2,4	2,4	2,9	2,4	2,6	3,4	4,2	4,8	4,5
Latinalainen Amerikka	3,1	3,5	5,2	3,1	3,8	6,4	4,9	5,7	7,8
Lähi-itä ja Pohjois-Afrikka	1,9	2,1	2,7	2	2,2	2,9	3,4	3,9	3,6
Aasia, itä	0,9	1,1	1,2	0,9	1,2	1,4	1,3	1,5	1,7
Aasia, etelä, kaakko	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,5	2,6	2,8	2,3
Muut maat	1,2	1,2	1,1	1,3	1,4	0,5	2,6	3	2,4
Teollisuusmaat	4,3	6,3	5,8	4,4	7,4	7,8	5,7	8,9	7,3
Kehitysmaat	1,8	1,9	2,4	1,8	2,1	2,9	2,9	3,3	3,7
Muut maat	1,2	1,2	1,1	1,3	1,4	0,5	2,6	3	2,4
Maailma	2,5	3,1	3,2	2,5	3,5	4	3,7	4,9	4,5

Liite 14. Viljelyalan suhteelliset muutokset referenssiskenaarioon FAO-REF-00 skenaarion viljelyalan lisästarpeeseen nähden (Fischer 2009).

Skenaario	Viljelymaan suhteelliset muutokset referenssiskenaarioon FAO-REF-00 nähden, %								
	Maailma			Kehittyneet maat			Kehitysmaat		
	2020	2030	2050	2020	2030	2050	2020	2030	2050
WEO-V1	19	19	21	6	6	5	12	13	16
WEO-V2	20	23	29	6	8	7	13	15	21
TAR-V1	38	46	48	12	14	11	24	30	36
TAR-V3	29	30	29	9	9	6	19	20	22

Liite 15. Korjuualan suhteelliset muutokset referenssiskenaarioon FAO-REF-00 nähden (Fisher 2009).

Skenaario	Korjuualan suhteelliset muutokset referenssiskenaarioon FAO-REF-00 nähden, %								
	Maailma			Kehittyneet maat			Kehitysmaat		
	2020	2030	2050	2020	2030	2050	2020	2030	2050
WEO-V1	29	33	31	10	13	6	19	20	25
WEO-V2	30	39	43	10	15	8	20	24	34
TAR-V1	57	74	71	17	23	12	38	49	57
TAR-V3	45	50	42	14	17	7	30	32	35

Liite 16. Toisen sukupolven biopolttoaineiden biomassan kysyntä eri skenaarioissa (Fischer 2009).

Toisen sukupolven biopolttoaineiden biomassan kysyntä eri skenaarioissa						
Skenaario	Globaali biomassan kysyntä toisen sukupolven biopolttoaineille,			Toisen sukupolven biopolttoaineiden biomassan kysyntä kehittyneissä maissa,		
	miljoonaa kuiva-ainetonna			miljoonaa kuiva-ainetonna		
	2020	2030	2050	2020	2030	2050
WEO-V1	19	106	370	19	95	300
WEO-V2	0	0	125	0	0	74
WEO-V3	97	240	615	87	186	440
TAR-V1	35	234	660	35	207	500
TAR-V2	0	0	254	0	0	128
TAR-V3	315	725	1402	297	583	875

Liite 17. Lignoselluloosan raaka-aineeksi arvioidut alueelliset potentiaaliset maa-alat (Fischer 2009).

Lignoselluloosan raaka-aineeksi arvioidut alueelliset potentiaaliset maa-alat							
Alue	Laidunmaa ja metsämaa yhteensä, miljoonaa hehtaaria	Josta			Potentiaalinen sadeveden tuotos		
		Suojeltua aluetta, miljoonaa hehtaaria	Karua aluetta, miljoonaa hehtaaria	Laidunmaan ja metsämaan osuus	Keskimääräinen tuotos, kuiva-ainetonna per hehtaari	Alhainen tuotos, kuiva-ainetonna per hehtaari	Korkea tuotos, kuiva-ainetonna per hehtaari
Pohjois-Amerikka	659	103	391	165	9,3	6,7	21,4
Eurooppa ja Venäjä	902	76	618	208	7,7	6,9	14,5
Tyyni valtameri OECD	515	7	332	175	9,8	6,5	20
Afrikka	1086	146	386	554	13,9	6,7	21,1
Aasia, itä	379	66	254	60	8,9	6,4	19
Aasia, etelä	177	26	81	71	16,7	7,6	21,5
Latinalainen Amerikka	765	54	211	500	15,6	7,1	21,8
Lähi-itä ja Pohjois-Afrikka	107	2	93	12	6,9	6,3	10,6
Kehittyneet maat	2076	186	1342	548	8,9	6,7	21
Kehitysmaat	2530	295	1029	1206	14,5	6,8	21,5
Maailma	4605	481	2371	1754	12,5	6,8	21,5

Liite 18. Toisen sukupolven raaka-aineiden tyypilliset tuotsmäärät (Fischer 2009).

Toisen sukupolven raaka-aineiden tyypilliset tuotsmäärät		
	Nykyinen tuotos,	Odotettu tuotos vuonna 2030,
	kuiva-ainetonna per hehtaari	kuiva-ainetonna per hehtaari
Norsuheinä	10	20
Switchgrass	12	16
Paju, lyhyt viljelykierto	10	15
Poppeli, lyhyt viljelykierto	9	13

MTT TEKEE TIETEESTÄ ELINVOIMAA

MTT RAPORTTI

www.mtt.fi/julkaisut

MTT Raportti -julkaisusarjassa julkaistaan maatalous -ja elintarviketutkimusta sekä maatalouden ympäristötutkimusta käsitteleviä tutkimusraportteja. Lukijoille tarjotaan tietoa MTT:n kaikilta tutkimusaloilta eli biologiasta, teknologiasta ja taloudesta.

MTT, 31600 Jokioinen.

