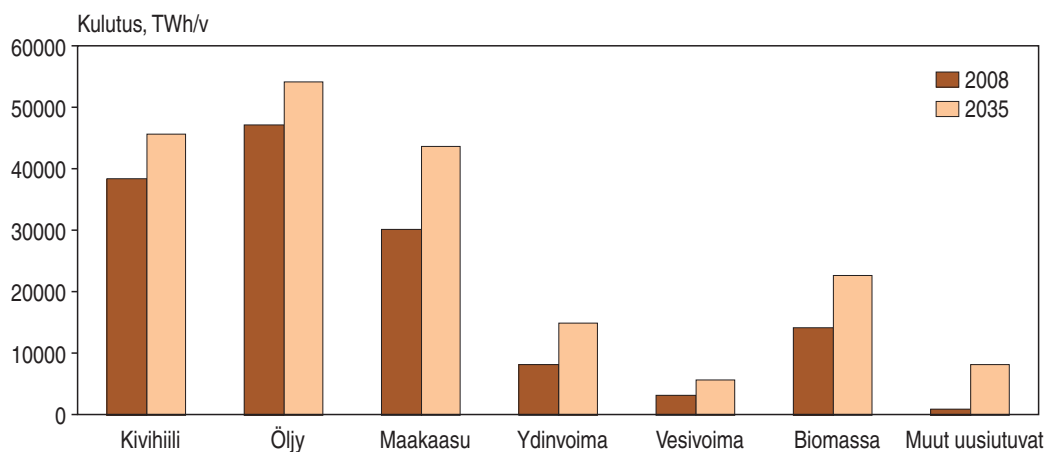


1.1 Ilmastonmuutos ja biomassat

Hannu Ilvesniemi

Maapalloa ympäröivä ilmakehä läpäisee auringon valo hyvin, mutta pitempiaaltoista lämpösäteilyä, joksi auringon valo muuttuu sen lämmittäessä maan pintaa, huonommin. Ilmakehän kaasuista erityisesti hiilidioksidi, metaani ja typen oksidit ovat tehokkaita lämpösäteilyn pidättäjiä. Tästä syystä sellaiset ihmisen toimet, jotka lisäävät näiden kasvihuonekaasuiksi kutsuttujen yhdisteiden pitoisuutta ilmakehässä, muuttavat myös ilmastoa. Polttamalla tapahtuvassa energiantuotannossa syntyvä hiilidioksidi on määrällisesti ylivoimaisesti suurin ihmistoiminnan tuottama kasvihuonekaasu. Maailman energiantuotannosta noin 80 % tuotetaan fossiilisia polttoaineita, öljyä (29,5 %), kivihiiltä (27 %) ja maakaasua (23,5 %) polttamalla. Tämän lisäksi energiaa tuotetaan polttamalla biomassoja, sekä hyödyntämällä ydinvoimaa ja vesivoimaa. Fossiilisten polttoaineiden käyttö on lisääntynyt koko teollistuneen aikakauden ajan ja ihmiskunnan nykyinen vuotuinen energian käyttö on tällä hetkellä yli 130 000 TWh. Suomen vuotuinen energian kulutus on yli 400 TWh eli 0,3 % vuotuisesta globaalista energian kokonaiskäytöstä. Jos energiankulutus kasvaa nykyisen trendin mukaisesti, vuonna 2050 fossiilisten polttoaineiden vuotuisen käytön on arvioituolevan 165 000 TWh (Kuva 1.1.1). Samassa ajassa biopolttoaineiden käyttö kasvaisi yli 25 000 TWh:iin, ydinvoiman 45 000 TWh:iin, auringon, tuulen ja veden 15 000 TWh:iin (VTT, Energy visions 2050, BP, IEA 2011). Eli vaikka muiden kuin fossiilisten polttoaineiden käyttö lisääntyisi merkittävästi, myös fossiilisten polttoaineiden vuotuinen käyttö kasvaisi nykyistä käyttötasoa suuremmaksi. Biomassan osuus energian lähteenä on viimeisten vuosikymmenien aikana pysynyt melko vakiona. Jos biomassan käyttö lisääntyy ennustetusti, tämä koko energiahuollon kannalta melko pieni muutos tarkoittaa kuitenkin lähes 60 % lisäystä bioenergian tuotantoon sen nykytasoon verrattuna.



Kuva 1.1.1. Ennuste maailman primäärienergian kysynnän kehityksestä kahden seuraavan vuosikymmenen aikana (World energy outlook 2011).

Suomessa energian tuotannossa käytettävien raaka-aineiden suhteelliset osuudet poikkeavat selvästi globaalista keskiarvosta: Käyttämästämme kokonaisenergiasta fossiilisilla polttoaineilla tuotetaan hieman alle puolet. Puupohjaisien raaka-aineiden osuus energiantuotannostamme on n. 20 %. Valtaosa puupohjaisesta energiantuotannosta syntyy metsäteollisuuden sivutuotteena, mutta myös metsähakkeen käyttö on lisääntynyt voimakkaasti. Ydinvoiman osuus, 18,5 %, on selvästi keskimääräistä suurempi. Vesivoiman osuus puolestaan on melko pieni, vain n. 3,5 %. Kansallinen erikoisuutemme on turpeen energiakäyttö. Turpeen osuus energian tuotannostamme on n. 5 %.

Kansallisesti asettamamme tavoite metsähakkeen vuotuisen käytön kaksinkertaistamisesta 13–15 milj m³ :iin on energiayksiköissä ilmaistuna noin 30 TWh. Asetetun tavoitteen mittasuhteiden hamottamiseksi voidaan laskea, että 30 TWh on alle kymmenen prosenttia kansallisesta energiantuotannostamme ja noin 0,02 prosenttia globaalista energiantuotannosta.

Mikäli kuluttajat, yritykset ja valtiot sitoutuisivat tavoitteeseen, jonka mukaan maapallon keskilämpötilan nousu pyrittäisiin rajoittamaan 2 asteeseen, energiantuotannosta aiheutuvien kasvihuonekaasupäästöjen pitäisi vähentyä voimakkaasti. Fossiilisten polttoaineiden käyttö ei voisi nousta nykytasosta lainkaan, vaan päinvastoin niiden käytön pitäisi supistua rajusti. Tämä merkitsisi samalla nykyistä merkittävästi alhaisempaa energian kokonaiskulutusta, koska fossiilisia polttoaineita korvaavien energiamuotojen mahdollisuudet ovat rajalliset. Mitkään merkit eivät kuitenkaan viittaa siihen, että globaalin energiankäytön kasvutrendi olisi taittumassa.

Globaalit hiilivarastot ja niiden muutokset

Maapallolla merivesiin sitoutunut hiilidioksidi on ylivoimaisesti suurin yksittäinen hiilivarasto, jonka määrän arvioidaan olevan noin 38 000 Gt. Ilmakehässä arvioidaan olevan hiiltä 775 Gt, kasvillisuudessa 550 Gt, maaperässä 1500 Gt, merien pintaosissa 1000 Gt ja meriin liuenneena orgaanisena hiilenä 700 Gt. Ilmakehän ja maakasvillisuuden välinen vuotuinen hiilen vaihto (yhteytys ja hengitys) on suuruudeltaan noin 100 Gt hiiltä vuodessa ja hiilidioksidin sitoutumisen ja vapautumisen välisen tasapainon arvellaan olevan hieman (~1 Gt/v) kasvillisuuteen ja karikkeeseen kertymisen puolella. Merien pintaosissa fotosynteesissä sidotun ja hengityksessä vapautetun hiilen suuruusluokka on vastaava kuin maa-alueilla sidotun hiilen määrä, n. 90 Gt hiiltä vuodessa. Myös merten osalta vuotuisen tasapainon arvellaan olevan noin 1 Gt hiiltä vuodessa meriin kertymisen puolella (www.globalcarbonproject.org). Fossiilisten polttoaineiden käytöstä vapautuu ilmakehään noin 9 Gt hiiltä vuodessa, maankäytön muutosten arvioidaan aiheuttavan noin 1 Gt vuotuiset päästöt. Jos kasvillisuuden ja merien hiilinielut ovat yhteensä alle 3 Gt vuodessa, jää joka vuosi ilmakehään yli 6 Gt hiiltä enemmän kuin siellä aikaisemmin oli. Vuositasolla kasvihuonekaasupäästöjen aiheuttama nettolisäys ilmakehän nykyiseen hiilivarastoon (775 Gt) nähden on suuri, melkein yhden prosentin.

1.1.1 Biomassan rooli energiantuotannossa

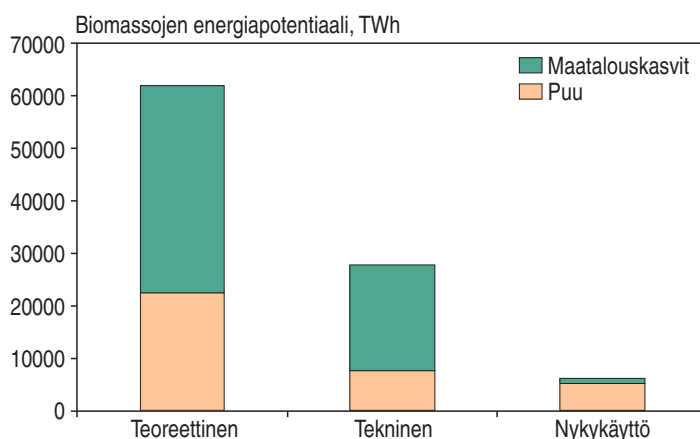
Metsäbiomassat

Metsät peittävät maapallon kokonaispinta-alasta lähes 30 % ja kuutiometreinä ilmaistuna maailman metsävarat ovat kokonaisuudessaan 434 mrd m³. Vuotuisen puun käytön on arvioitu olevan 3,7 mrd m³. Tästä yli puolet käytetään etenkin kehittyvissä maissa suoraan energiantuotantoon, loput korjatusta puusta ohjautuu metsäteollisuuden raaka-aineeksi (FAO 2009). On tärkeää huomioida, että myös teollisuuden käyttämästä raakapuustakin noin 40% ohjautuu energiantuotantoon sen sivutuote- ja tähdevirtojen kautta (Hakkila ja Parikka 2002). Siten noin 70 % globaalista puun käytöstä on energian tuotantoa.

Metsien kasvua voidaan lisätä tehostamalla puuntuotantoa esimerkiksi paremman metsänhoidon, tuottavien puualkuperien ja lannoituksen avulla, ja myös hakkuutähteiden ja kantojen käyttöä voidaan lisätä. Lisäksi metsäpinta-alaa voidaan kasvattaa perustamalla istutusmetsiä alueille, joilta metsät on hävitetty tai joiden käyttö muihin tarkoituksiin on vähäistä. Istutusmetsissä (Kuva 1.1.2) voidaan tuottaa paljon biomassaa suhteellisen pienellä maapinta-alalla, joten ne soveltuvat erityisen hyvin teollisen puunkäytön raaka-ainelähteeksi.

Istutusmetsien pinta-alan odotetaan nousevan vuoden 2005 190 miljoonasta hehtaarista 443 miljoonaan hehtaariin vuonna 2020 (Global wood...2007). Jos oletetaan istutusmetsien tuottaman puun kohdistuvan pääosin teollisuuden käyttöön ja kolmanneksen istutusmetsien kasvun lisäyksestä (800 milj. m³/v) ohjautuvan lähinnä energiabiotalojen raaka-aineeksi, vuotuinen raaka-aineen lisäys energiantuotantoon olisi 270 milj. m³/v.

Pohjois-Amerikassa ja Euroopassa puun käyttö sellun ja paperin tuotannossa on vähentynyt. Syntyvien hakkuusäästöjen ohjaaminen energiantuotantoon on mahdollista ilman, että puun kokonaiskäyttö kasvaa.



Kuva 1.1.2. Metsä- ja maatalousbiomassojen energiakäytön potentiaalit ja nykykäyttö.

Maatalousbiomassat

Maataloudessa kasvinviljelyn tuotanto on 6,9 mrd tonnia, ja laidunmaiden tuotannon on arvioitu olevan 12,0 mrd tonnia (kuiva-ainetta) vuodessa. Maatalousbiomassan saatavuus energiakäyttöön voidaan arvioida samoilla periaatteilla kuin metsäbiomassankin. Kuitenkin erityisesti ruuaksi tällä hetkellä käytettävän biomassan ohjaamista energiantuotantoon on kritisoitu voimakkaasti, koska se vaarantaisi erityisesti pienituloisten ihmisryhmien ruokahuollon. Siksi maatalousbiomassan lisäenergiakäytön arvioissa on lähdetty siitä, että energiantuotantoon ohjattaisiin lähinnä sivutuotteita kuten akanoita ja olkia.

Maatalouskasvien teoreettisen energiapotentiaalin arvioidaan olevan 17 000 TWh ja teknisesti korjattavissa tästä olisi 12 000 TWh. Koko tekninen potentiaali ei ole saatavilla joka vuosi, koska sää- ja muut olosuhteet voivat vaikuttaa korjuukelpoisuuteen (Pahkala ym. 2009).

Metsä- ja maatalousbiomassojen teoreettinen (60 000 TWh) ja tekninen potentiaali (28 000 TWh) sekä biomassojen nykyinen energiakäyttö (5 500 TWh) on esitetty kuvassa 2. Metsäbiomassan tekninen potentiaali perustuu metsien nykyiseen energiakäyttöön, johon on lisätty hakkuutähteen, hakkuusäästön ja energiapuuviljelmien mahdollistama lisätuotanto.

1.1.2 Johtopäätökset

Tehokkaampi metsänhoito, tuottavammat puulajit ja lannoitus voivat lisätä puubiomassan tuotantoa, mutta tehostuvan metsien käytön vaikutukset metsäluonnolle saattavat olla suuria. Esimerkiksi eukalyptusplantaaseilla ja öljypalmuviljelmillä luonnon monimuotoisuus on pieniä. Myös sosiaalisessa mielessä tällaiset viljelytavat voivat olla hankalia, koska viljelmät rajoittavat usein paikallisen väestön oikeuksia maan käyttöön. Puun eri osien talteenottoa voidaan tehostaa käyttämällä runkopuun lisäksi puun muita osia eli lehvästöä, kantoja ja juuria. Tällöin kuitenkin riskinä on kasvupaikkojen ravinnevarastojen köyhtyminen, lajistomuutokset ja tulevien puusukupolvien kasvun aleneminen.

Kansallisesti asettamamme tavoite uusiutuvan metsäenergian vuotuisen käytön kaksinkertaistamisesta nykytasolta 13–15 milj m³ :iin tarkoittaa energiayksiköissä ilmaistuna noin 30 TWh eli hieman alle kymmenesosaa nykyisestä kansallisesta energiankäytöstämme, mutta vain noin 0,02 prosenttia globaalista energiantuotannosta. Kansallisesti tällainen muutos on merkittävä, mutta yksittäisenä toimenpiteenä sillä ei ole vaikutusta ilmastonmuutokseen. Maailmanlaajuisesti tarkasteltuna maapallon biomassavarat ja vuosituotanto, vaikka ovatkin mittasuhteiltaan valtavat, eivät riitä korvaamaan fossiilisten polttoaineiden nykyistä saati ennustettua käyttöä. Jos muita korvaavia, ja ilmaston muuttumisen kannalta haitattomia energianlähteitä ei onnistuta kehittämään, ilmastonmuutoksen ehkäisemisen ainoaksi vaihtoehdoksi jää energian kulutuksen rajua leikkaus.

Kirjallisuus

- Anttila, P., Karjalainen, T. & Asikainen, A. 2009. Global potential of modern fuelwood. Working Papers of the Finnish Forest Research Institute. Manuscript. 29 p.
- Asikainen, A. 2010. Availability of woody biomass for biorefining. *Cellulose Chemistry and Technology*, 44(4–6):111–115.
- Asikainen, A., Liiri, H., Peltola, S., Karjalainen, T. & Laitila, J. 2008. Forest energy potential in Europe (EU 27). Working Papers of the Finnish Forest Research Institute 69. 33 p.
<http://www.metla.fi/julkaisut/workingpapers/2008/mwp069.htm>
- BP Statistical Review of World Energy 2010. http://www.bp.com/liveassets/bp_internet/globalbp/globalbp_uk_english/reports_and_publications/statistical_energy_review_2008/STAGING/local_assets/2010_downloads/statistical_review_of_world_energy_full_report_2010.pdf
- Energiatilasto, Finland's annual inventory report on greenhouse gases. Tilastokeskus.
- Global Wood and Wood Products Flow. 2007. Trends and Perspectives. Advisory Committee on Paper and Wood Products, 13 p.
- Hakkila, P. & Parikka, M. 2002. Fuel resources from the forest. In Richardson, J., Björheden, R., Hakkila, P., Lowe, A. T. & Smith, C. T.(eds.) *Bioenergy from Sustainable Forestry. Guiding Principles and Practise*, Kluwer Academic Publishers, Forestry Sciences, Vol. 71: 19–48.
- Heinimö, J. 2008. Methodological aspects on international biofuels trade: international streams and trade of solid and liquid biofuels in Finland. *Biomass and Bioenergy*. Volume 32. Issue 8. pp. 702–716.
- Heinimö, J. & Junginger, M. 2009. Production and trading of biomass energy – An overview of the global status. *Biomass & Bioenergy* 33(9): 1310–1320.
- Key world energy statistics 2008. IEA. www.iea.org. 82 p.
- Pahkala, K., Hakala, K., Kontturi, M. & Niemeläinen, O. 2009. Peltobiomassat globaalina energianlähteenä. (Agrobiomass as a global source of energy). Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus. Maa- ja elintarviketalous 137. 53 p.
- Penman, J., Gytarsky, M., Hiraishi, T., Krug, T., Kruger, D., Pipatti, R., Buendia, L., Miwa, K., Ngara, T., Tanabe, K. & Wagner, F. 2003. Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry. Intergovernmental Panel on Climate Change. p. Available from:
<http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gpplulucf/gpplulucf.html>.
- Röser, D., Asikainen, A., Stupak, I. & Pasanen, K. 2008. Forest energy resources and potentials. In: Röser, D., Asikainen, A., Raulund-Rasmussen, K. (Eds.), *Sustainable use of forest biomass for energy. A synthesis with focus on the Baltic and Nordic region*. Springer, Dordrecht, pp. 9–28
- Smeets, E.M.W. & Faaij, A.P.C. 2007. Bioenergy potentials from forestry in 2050. An assessment of the drivers that determine the potentials. *Climatic Change* 81, 353–390.
- VTT, Energy visions 2050. VTT Energy. Edita. Helsinki.
- Yamamoto, H., Fujino, J. & Yamaji, K. 2001. Evaluation of bioenergy potential with a multi-regional global-land-use-and-energy model. *Biomass and Bioenergy* 21, 185–203.
www.globalcarbonproject.org