

Johanna Routa

Intensiivinen metsänhoito parantaa tuotosta ja alentaa samanaikaisesti energiapuun käytön hiilidioksidipäästöjä

Koko EU:n tasolla on asetettu tavoitteeksi, että kansallisesta energian loppukulutuksesta 20 % tulisi perustua uusiutuvien energianlähteiden käyttöön vuoteen 2020 mennessä. Tavoite on varsin haastava, sillä nykyinen osuus on vain 8,5 %. Siksi kaikkien jäsenmaiden on lisättävä uusiutuvan energian käyttöä. Suomen kansalliseksi tavoitteeksi on asetettu uusiutuvien energianlähteiden osuuden nostaminen nykyisestä 28,5 %:sta 38 %:iin. Tästä näkökulmasta katsottuna metsien rooli on yhä tärkeämpi, sillä noin 80 % bioenergian tuotannostamme perustuu puuhun.

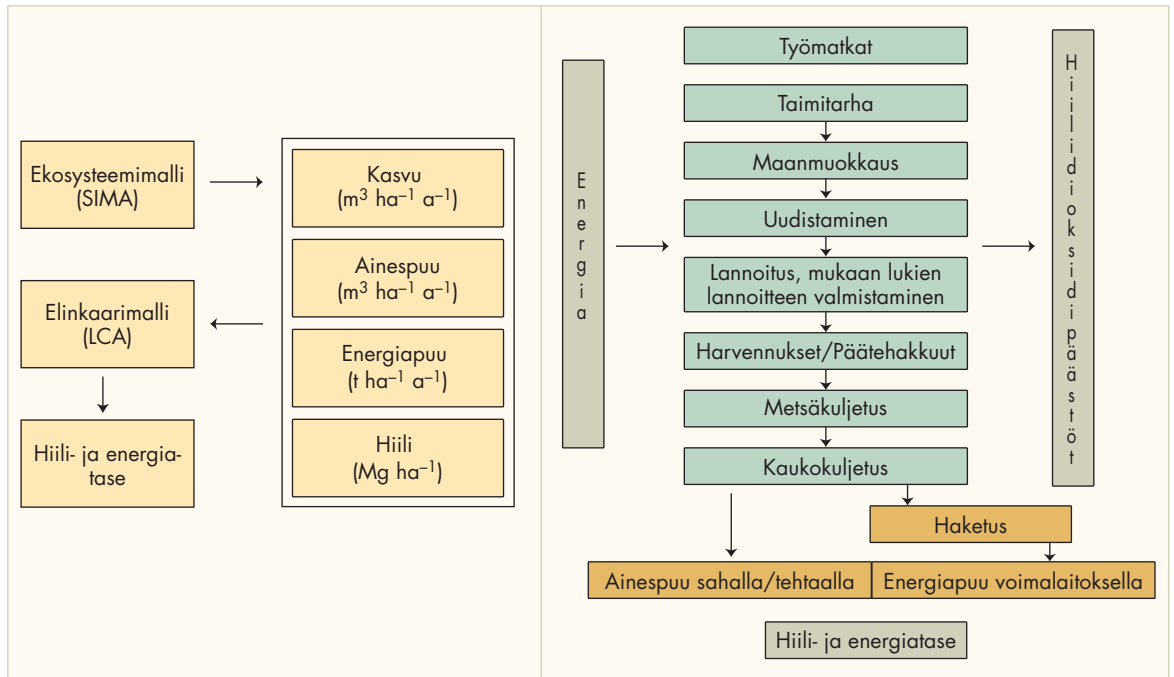
Metsähakkeen vuosittainen käyttö on kasvanut koko 2000-luvun ajan, 2000-luvun alun alle miljoonasta kuutiosta viime vuonna käytettyyn lähes 7 miljoonaan kuutiioon. Kansallisen metsäohjelman mukainen metsähakkeen käyttötavoite on 8–12 miljoonaa m³ vuoteen 2020 mennessä. Suomen metsien saatavissa olevan hakkuupotentiaalin arvellaan olevan noin 16 miljoonaa m³. Noin 45 % tästä määrästä olisi saatavissa pieniläpimittaisesta puusta. Metsäenergian korjuu yhdistetään useimmiten ainespuuhakkuisiin, jolloin korjuusta saadaan kannattavaa. Tukkipuuta tuotettaessa pyritään saamaan aikaan nopea läpimitan kasvu. Tämä johtaa usein energiapuun kasvatusta ajatellen liian alhaisen puustopääoman käyttöön ja sopivien metsänhoitokäsittelyjen löytäminen yhdistettyyn aines- ja energiapuun tuotokseen onkin eräs metsäntutkimuksen uusista tutkimuskohteista.

Metsä on merkittävä hiilivarasto, erityisesti poh-

joisella havumetsäalueella. Hiiltä on sitoutunut sekä kasvillisuuteen että maaperään. Hyvin kasvava metsä sitoo voimakkaasti hiiltä itseensä. Metsämaassa bakteerit ja sienet pilkkovat kariketta entsyymeillään itselleen käyttökelpoiseen muotoon. Samalla karikkeeseen sitoutunutta hiiltä vapautuu ilmakehään hiilidioksidina. Puuston kasvu ja toisaalta biomassan poistaminen energiaksi vaikuttavat maanpäälliseen hiilivarastoon, kun taas karikkeen kertyminen ja hajoaminen vaikuttavat maaperän hiilivarastoon.

Pohjoisella havumetsävyöhykkeellä on usein puutetta ravinteista, kivennäismailla erityisesti typestä. Typpilannoituksen avulla voidaan saada aikaan merkittävää kasvunlisäystä ja samalla hiilen sitoutuminen hyvin kasvavaan metsään lisääntyy. Metsänhoidon intensiteetin kasvattaminen esim. lannoituksen avulla voi lievittää ilmastonmuutoksen vaikutuksia, kun enemmän hiiltä sitoutuu kasvavaan metsään ja/tai metsistä saadaan enemmän fossiilisia polttoaineita korvaavia uusiutuvia polttoaineita tai materiaaleja.

Metsäbiomassaan perustuvaa energiantuotantoa voidaan kutsua hiilidioksidineutraaliksi pitkällä aikavälillä, koska biomassan poltossa vapautuu sama määrä hiilidioksidia, kun sen kasvaessa on sitoutunut ilmakehästä. Kuitenkin puun energiakäytön ilmasto-vaikutuksista on keskusteltu paljon sekä Suomessa että kansainvälisesti. Puun polton positiivinen ilmasto-vaikutus on joissain tutkimuksissa kyseenalaistettu. Kuitenkin jos vertaamme kivihiilen ja puun ikää, päädyimme helposti virheellisiin päätelmiin, jos teem-



Kuva 1. Metsäbiomassan hankintaketjujen hiili- ja energiataseen laskennassa käytetyn LCA-työkalun systeemin rajaus.

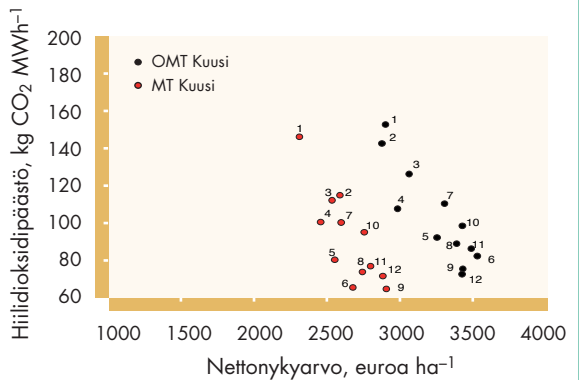
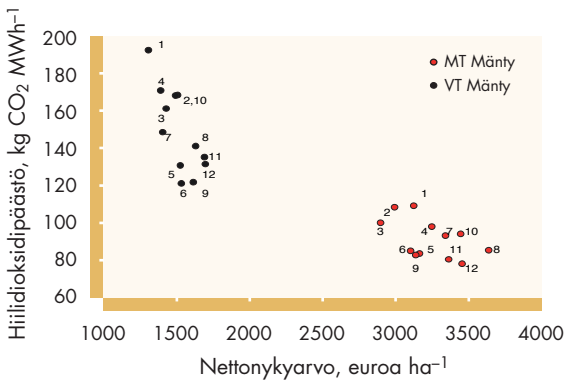
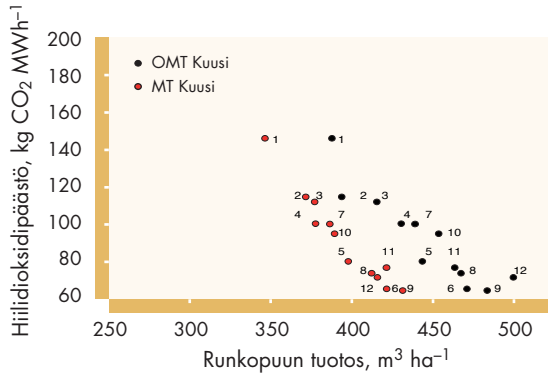
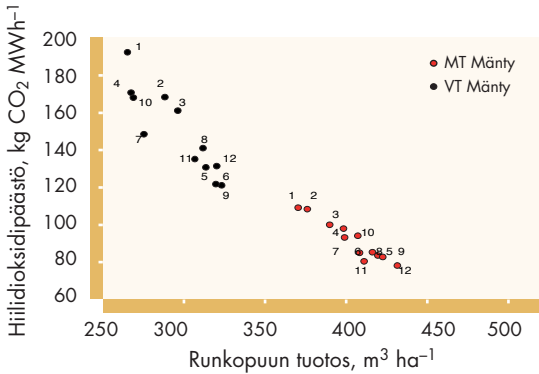
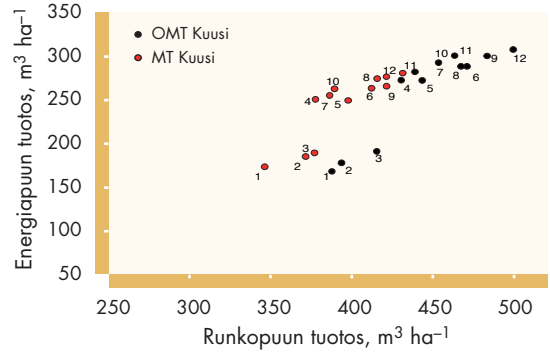
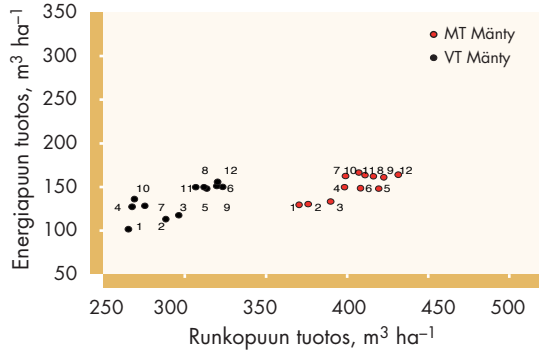
me laskelmia vain lähimpien vuosikymmenien mit-takaavassa. Pitkällä aikavälillä puubiomassan käyttö energiantuotannossa on ilmasto vaikutusnäkökulmasta tarkasteltuna ratkaisevasti parempi vaihtoehto kuin fossiiliset polttoaineet.

Itä-Suomen yliopistossa kehitetyllä ekosysteemi-mallilla (SIMA) tehtyjen simulointien avulla arvioitiin erilaisten metsänhoitokäsittelyjen vaikutusta aines- ja energiapuun tuotokseen käyttäen erilaisia taimikonhoidon jälkeisiä lähtöpuuston tiheyksiä, harvennusten ajoituksia ja voimakkuuksia sekä typpilannoitusta eri kiertoajoilla. Energiapuun han-kintaketjun ja polton aiheuttamia hiilidioksidipääs-töjä analysoitiin elinkaarianalyysin (LCA-työkalu) avulla (kuva 1). Analyysiin sisällytettiin ainespuu (tukki, kuitu) ja energiapuu (pieniläpimittainen puu ja hakkuutähteet; latvakappaleet, oksat ja neulas) ensiharvennuksesta ja hakkuutähteet ja kannot päätähakkuusta.

Erilaisten metsänhoitomenetelmien vertailu osoiti, että taimikonhoidon jälkeisiä tiheyksiä kasvat-tamalla ja typpilannoitusta käyttämällä saadaan

sekä aines- että energiapuun tuotos kasvamaan, jolloin myös hiilen sitoutuminen puustoon lisään-tyy (kuva 2). Myös metsänkasvatuksen taloudellinen kannattavuus oli parempi kiertoajan yli laskettuna sekä kuusella että männyllä riippumatta kasvu-paikkatyypistä tai käytetystä kiertoajasta. Aines- ja energiapuun tuotokseen vaikuttaa myös energia-puuhakkuun ajoitus. Typpilannoitus lisäsi kuusella runkopuun tuotosta 80 vuoden simulointijaksolla keskimäärin 16 % MT- ja 10 % OMT-kasvupaikoil-la. Vastaava lisäys männyllä oli 4 % MT- ja 17 % VT-kasvupaikoilla.

Energiapuun käytöstä aiheutuneet hiilidioksidipäästöt olivat selvästi pienempiä, silloin kun taimikonhoidon jälkeinen tiheys oli suuri ja metsän kasvatuksessa käytettiin typpilannoitusta. Hyvä puuntuotos indikoi myös keskimäärin parempaa taloudellista kannattavuutta ja pienempiä hiili-dioksidipäästöjä tuotettua energiayksikköä kohden. Hiilidioksidipäästöt olivat keskimäärin suurimmat ilman lannoitusta liittyen matalampaan kasvuun. Tässä tutkimuksessa lannoitus alensi hiilidioksidi-



- 1 Perus
- 2 Perus, 2 x 150 kg N ha⁻¹
- 3 Perus, 3 x 150 kg N ha⁻¹
- 4 Yhdistetty, taimikonhoidon jälkeinen tiheys 3000 t ha⁻¹
- 5 Yhdistetty, taimikonhoidon jälkeinen tiheys 3000 t ha⁻¹, 2 x 150 kg N ha⁻¹
- 6 Yhdistetty, taimikonhoidon jälkeinen tiheys 3000 t ha⁻¹, 3 x 150 kg N ha⁻¹

- 7 Yhdistetty, taimikonhoidon jälkeinen tiheys 3500 t ha⁻¹
- 8 Yhdistetty, taimikonhoidon jälkeinen tiheys 3500 t ha⁻¹, 2 x 150 kg N ha⁻¹
- 9 Yhdistetty, taimikonhoidon jälkeinen tiheys 3500 t ha⁻¹, 3 x 150 kg N ha⁻¹
- 10 Yhdistetty, taimikonhoidon jälkeinen tiheys 4000 t ha⁻¹
- 11 Yhdistetty, taimikonhoidon jälkeinen tiheys 4000 t ha⁻¹, 2 x 150 kg N ha⁻¹
- 12 Yhdistetty, taimikonhoidon jälkeinen tiheys 4000 t ha⁻¹, 3 x 150 kg N ha⁻¹

Kuva 2. Metsänhoidon vaikutus runko- ja energiapuun tuotokseen (yläkuva), hiilidioksidipäästöihin (keskellä) ja nettonykyarvoon (alakuva) männyllä (vasemmalla) ja kuusella (oikealla) erilaisilla kasvupaikoilla.

päästöjä kuusella OMT ja MT kasvupaikoilla 17 % ja 23 %. Männyllä vähennys oli puolestaan 12 % MT ja 19 % VT kasvupaikoilla. Männyllä eri kasvupaikkojen välillä (MT ja VT) oli suuria eroja runkopuun tuotoksessa ja hiilidioksidipäästöissä siten, että tuottavuus oli pienempi ja hiilidioksidipäästöt suuremmat (41 %) VT kasvupaikoilla kuin MT kasvupaikoilla. Kuusella kasvupaikkojen väliset erot olivat vähäisempiä. Yleisesti ottaen metsäenergian hankintaketjun päästöt ovat erittäin pieniä suhteessa tuotettuun energiaan: hankintaketjujen energiakulutus oli vain 2–3 % tuotetun energian määrästä ja hiilidioksidipäästöt olivat 4–7 kg CO₂ MWh⁻¹ tuotettua energiaa kohti.

Metsikkötasolla kuusella lyhyt kiertoaika (40–60 vuotta) tuotti keskimäärin korkeimman vuosittaisen runkopuun tuotoksen (m³ ha⁻¹ a⁻¹) sekä MT että OMT kasvupaikoilla. Myös keskimääräinen vuotuinen nettonykyarvo (€ ha⁻¹ a⁻¹, koroilla 1–4 %) oli suurin 60 vuoden kiertoaikaa käytettäessä. Toisaalta: pidempiä kiertoaikoja (80 ja 100 vuotta) käyttämällä voitiin keskimääräistä vuotuista hiilidioksidipäästöä (kg CO₂ MWh⁻¹ a⁻¹) vähentää tuntuvasti tuotettua energiamäärää kohti. Maisematasolla (metsäalueella) suurin aines- ja energiapuun tuotos ja suurin nettonykyarvo (€ ha⁻¹ a⁻¹) saatiin kun maisemaa hallitsivat vanhat metsät. Toisaalta matalimmat hiilidioksidipäästöt saatiin, kun maisemaa hallitsivat nuoret metsät ja kiertoaikana simuloinneissa käytettiin 60 ja 80 vuotta. Kun simuloinneissa käytettiin 120 vuoden kiertoaikaa, päästöt olivat pienimmät, kun metsiköiden ikärakenne maisemassa noudatti normaali-jakaamaa.

Sopiva kasvatustiheys ja lannoitus ovat avainasemassa lisättäessä metsän kasvua. Toisaalta myös alkuperävalinnalla voidaan merkittävästi vaikuttaa biomassan tuotokseen. Erilaisten kuusikloonin vertailu osoitti, että parhaiten menestyneet kuusikloonit tuottivat 70 % enemmän biomassaa kuin tutkimukseen sisällytetyt kloonit keskimäärin. Havaittujen erojen perusteella voidaankin sanoa että kloonivalinnalla voidaan vaikuttaa merkittävästi sekä kasvuun että biomassan tuotokseen.

Johtopäätökset

Taimikonhoidon jälkeisiä puuston kasvatustiheyksiä voitaisiin pitää ainakin jonkin verran nykyisiä metsänhoitosuosituksia korkeammalla männyllä ja kuusella. Tämä yhdessä ajallaan tehtyjen puuston harvennusten ja lannoitusten kanssa voisi lisätä merkittävästi puuntuotosta ja metsänkasvatuksen taloudellista kannattavuutta. Samalla myös energiapuun käytön hiilidioksidipäästöt energiayksikköä kohden pienenisivät. Lisäksi eri alkuperien biomassan tuotantopotentiaalia tulisi selvittää jatkossa tarkemmin, sillä sopivia alkuperiä käyttäen voisi olla mahdollista lisätä puuntuotosta huomattavasti yhdistetyssä aines- ja energiapuun kasvatuksessa.

Kirjallisuus

- Kellomäki, S., Väisänen, H., Hänninen, H., Kolström, T., Lauhanen, R., Mattila, U. & Pajari, B. 1992. Sima: a model for forest succession based on the carbon and nitrogen cycles with application to silvicultural management of the forest ecosystem. *Silva Carelica* 22: 1–91.
- , Peltola, H., Nuutinen, T., Korhonen, K.T. & Strandman, H. 2008. Sensitivity of managed boreal forests in Finland to climate change, with implications for adaptive management. *Philosophical Transactions of the Royal Society* 363: 2341–2351.
- Kilpeläinen, A., Alam, A., Strandman, H. & Kellomäki, S. 2011. Life cycle assessment (LCA) tool for estimating net CO₂ exchange of forest production. *GCB Bioenergy*. (Painossa).
- Routa, J. 2011. Effects of forest management on sustainability of integrated timber and energy wood production – scenario analysis based on ecosystem model simulations. *Dissertationes Forestales* 123. 31 s.
- MMT Johanna Routa, Metla, Joensuun toimipaikka. Sähköposti johanna.routa@metla.fi