

Raisa Mäkipää

Ilmastonmuutos ja metsien hoito vaikuttavat metsien hiilitaseeseen

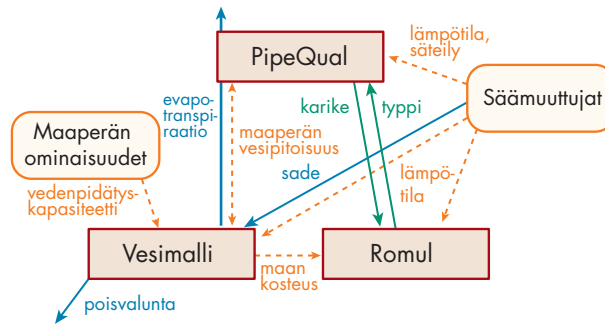
Boreaaliset metsät ovat huomattavan suuri hiilivarasto ja ne toimivat hiilinieluna sitoessaan ilmakehästä hiilidioksidia biomassan ja maaperän pitkäaikaiseen varastoon. Hiilen sitoutuminen metsiin hidastaa ilmakehän hiilidioksidipitoisuuden kasvua ja hillitsee ilmastonmuutoksen etenemistä. Kansainvälinen ilmastopöytäkirja ja sen puitteissa tehty laillisesti sitova Kioton sopimus velvoittavat seuraamaan metsien hiilivaraston muu-

toksia sekä kannustavat toimiin, joilla hiilinielua vahvistetaan.

Talousmetsien käsittely vaikuttaa metsien puuston ja maaperän hiilivarastojen suuruuteen sekä niiden muutosnopeuksiin (kuva 1). Puuston kehitystä kuvaavien simulointimallien avulla voidaan arvioida eri vaihtoehtojen edullisuutta hiilitaseiden ja metsien tuottamien muiden hyödykkeiden ja palvelujen kannalta. Puuston kasvua simuloivat yksityiskohtaiset



Kuva 1. Talousmetsien käsittely vaikuttaa sekä puuston että metsämaaperän hiilivarastoon. Metsästä poistuu hiiltä korjattavan runkopuun ja energiapuukorjuussa myös oksien ja neulasten mukana. Metsään jäävät kaadettujen puiden hakkuutähteet puolestaan lisäävät maaperän hiilivarastoa.



Kuva 2. Tutkimuksessamme metsien kehitystä simuloitiin prosessipohjaisella kasvumallilla (PipeQual), joka on yhdistetty maaperän vesimalliin sekä typen- ja hiilenkiertoa kuvaavaan malliin (Romul). Käytetty malli kuvaa miten ympäristötekijöiden vaihtelu vaikuttaa metsien kasvuun.

prosessimallit mahdollistavat puuston kasvun ja hiilensidontakyvyn ennustamisen erilaisissa ympäristöolosuhteissa ja eri tavoin käsitellyissä metsissä. Yhdistettynä maan hiilimalliin mallit kertovat miten puuston käsittely vaikuttaa maaperän hiilivarastoon ja hiilen dynamiikkaan maaperässä. Kun tutkimuksessa käytetään malleja, jotka kuvaavat ympäristöolosuhteiden vaikutusta puun kasvuun ja maan hajotustoimintaa sääteleviin prosesseihin, voidaan tällaisilla malleilla simuloida metsien kasvua ja hiilensidontaa myös nykyisistä ilmasto-oloista poikkeavissa oloissa, ja siten tutkia ilmastonmuutoksen vaikutuksia.

Tutkimusryhmämme (Mäkipää, Linkosalo, Niinimäki ym.) tutki kuinka puuston ja maaperän hiilivarasto kehittyy muuttuvissa ilmasto-oloissa, kun harvennushakkuiden ajoitusta ja voimakkuutta sekä päätehakkuuajankohtaa muutetaan. Tutkimuksessamme käytettiin Annikki Mäkelän kehittämää prosessipohjaista kasvumallia (PipeQual) yhdessä dynaamisen, typen ja hiilen kiertoa kuvaavan maamallin (ROMUL) kanssa (kuva 2). Ilmastonmuutoksen vaikutuksia simuloitaessa oletettiin, että lämpötila on keskimäärin 3 °C ja sadanta 10 % nykyistä suurempi. Metsän käsittelyn vaihtoehtoja oli kolme: nykyisiä hyvän metsänhoidon suosituksia noudattavat hakkuut, taloudellista tulosta 3 %:n korkokannalla maksimoivat hakkuut sekä vaihtoehto, jossa metsää ei lainkaan käsitelty.

Tutkimuksemme mukaan ilmastonmuutos lisäsi kuusen kasvua kaikissa käsiteltyvaihtoehdoissa,

kun vertailukohtana oli sama käsittely nykyilmastossa. Tulos on samansuuntainen kuin professori Kellomäen tutkimusryhmässä kehitetyllä FinFormallilla lasketut ennusteet kuusen kasvuun. Myös Ruotsissa tehdyt tutkimukset ovat ennustaneet kuusen hyötyvän ilmastonmuutoksesta. Tuloksemme osoittivat, että sekä kasvillisuuteen että maaperään sitoutuneet hiilivarastot olivat muuttuvassa ilmastossa suurempia kuin nykyilmastossa. Vaikka ilmastonmuutoksen seurauksena kohoava lämpötila ja sadanta kiihdyttävät maaperässä orgaanisen aineksen hajoamista, kasvaa biomassatuotanto ja karikesyöte tätä voimakkaammin ja maaperään sitoutuu muuttuvassa ilmastossa nykyistä enemmän hiiltä.

Tutkimuksemme mukaan metsien käsittely vaikuttaa metsien hiilitaseeseen voimakkaammin kuin ilmastonmuutos. Samansuuntaisen tuloksen on päädytty myös Seppo Kellomäen ryhmän tekemissä tutkimuksissa. Tutkimuksessamme käsiteltyketju, jossa tavoiteltiin mahdollisimman suurta taloudellista kannattavuutta voimakkaiden ja tavanomaista aikaisemmin tehtyjen hakkuiden avulla, johti puuston hiilivaraston pienentymiseen. Sen seurauksena väheni myös karikesyöte maaperään, eikä maaperä enää ollut hiilinielu, kuten se tuloksemme mukaan on tavanomaisesti käsitellyissä tai luonnontilaisissa metsissä myös muuttuneessa ilmastossa. Eri käsiteltyketjujen vertailu osoitti myös, että luonnontilaisen metsän hiilivarasto on suurempi kuin käsitellyn talousmetsän. Tulos on

yhdenmukainen MOTTI-mallilla tehtyjen simuloitien kanssa.

Taloustmetsien käsittelyvalinnoilla voidaan vaikuttaa metsien hiilitaseeseen ja hillitä ilmastonmuutosta. Toisaalta metsänkasvatusketjua koskevien valintojen avulla voidaan myös sopeutua ilmastonmuutokseen, jos tunnetaan miten muuttuvat olosuhteet vaikuttavat eri puulajien kasvuun ja menestymiseen. Metsäntutkimuslaitoksessa ja Helsingin yliopistossa työskentelevä ryhmämme jatkaa aiheen tutkimista osana Suomen Akatemian rahoittamaa ja koordinoimaa ”Ilmastonmuutos – vaikutukset ja hallinta” -tutkimusohjelmaa (FICCA 2011–2014). Tutkimuksessamme ”Metsänkasvatuksen taloudellinen optimointi muuttuvassa ilmastossa” etsitään taloudellisesti kannattavimmat ilmastonmuutokseen sopeutumista edistävät metsien käsittelyvaihtoehdot. Edelleenkehitämme kasvumallia kuuselle, männylle ja koivulle sekä siihen liitettyä maamallia siten, että ne ottavat entistä realistisemmin huomioon maan vesitalouden vaihtelun sekä puuston kasvua rajoittavan tyypin kierron. Metsänkäsittelyn taloudellisessa optimoinnissa otamme huomioon puuntuotannon ja bioenergiankorjuun tavoitteiden lisäksi metsien hiilitaseen. Kehitämme myös mallia metsäluonnon monimuotoisuuden indikaattoreiden tuomiseksi mukaan metsänkäsittelyn taloudelliseen optimointiin.

Kirjallisuutta

- Bergh, J., Linder, S. & Bergström, J. 2005. Potential production of Norway spruce in Sweden. *Forest Ecology and Management* 204: 1–10.
- Chertov, O.G. Komarov, A.S., Nadporozhskaya, M.A., Bykhovets, S.A. & Zudin, S.L. 2001. ROMUL – a model of forest soil organic matter dynamics as a substantial tool for forest ecosystem modelling. *Ecological Modelling* 138(1–3): 289–308.
- Garcia-Gonzalo, J., Peltola, H., Briceno-Eliondo, E. & Kellomäki, S. 2007. Changed thinning regimes may increase carbon stock under climate change: a case study from a Finnish boreal forest. *Climatic Change* 81: 431–454.
- Jansson, P.-E., Svensson, M., Kleja, D. B. & Gustafsson, D. 2008. Simulated climate change impacts on fluxes of carbon in Norway spruce ecosystems along a climatic transect in Sweden. *Biogeochemistry* 89: 81–94.
- Mäkipää, R., Linkosalo, T., Niinimäki, S., Komarov, A., Bykhovets, S., Tahvonen, O. & Mäkelä, A. 2011. How forest management and climate change affect the carbon sequestration of a Norway spruce stand. *Journal of Forest Planning* 16: 107–120.

■ MMT Raisa Mäkipää, Metla, Vantaan toimipaikka. Sähköposti raisa.makipaa@metla.fi