

This is a self-archived version of an original article. This version may differ from the original in pagination and typographic details.

Author(s): Hukkinen, Janne I.; Kotiaho, Janne Sakari; Vesala, Timo

Title: Kirje, joka nostatti myrskyn : esipuhe tutkijoiden metsäjulkilausumalle

Year: 2017

Version: Published version

Copyright: © Kirjoittajat & Alue ja Ympäristö 2017

Rights: In Copyright

Rights url: <http://rightsstatements.org/page/InC/1.0/?language=en>

Please cite the original version:

Hukkinen, J. I., Kotiaho, J. S., & Vesala, T. (2017). Kirje, joka nostatti myrskyn : esipuhe tutkijoiden metsäjulkilausumalle. *Alue ja ympäristö*, 46(1), 46-51.
<https://aluejaymparisto.journal.fi/article/view/64907>

Epifyytti

Janne I. Hukkinen^a, Janne S. Kotiaho^b ja Timo Vesala^c

Kirje, joka nostatti myrskyn – esipuhe tutkijoiden metsäjulkilausumalle

Suomalaisten tutkijoiden metsäjulkilausuma, jonka laatijoita ja allekirjoittajia olemme, sai ilmestyessään maaliskuussa 2017 paljon julkisuutta. Kuudenkymmenen kahdeksan suomalaisen metsäalan tutkijan allekirjoittama kirje ja sen julkinen jälkipuinti herättävät kysymyksiä ei ainoastaan Suomen biotalousstrategiasta, vaan myös päätösten tietoperustasta, tiedepolitiikasta ja kestäväen kehityksen tutkimuksesta.

Kevättalvella 2016 suomalainen BIOS-tutkimusyksikkö kutsui koolle kymmenkunta metsäalan tutkijaa keskustelemaan Suomen metsänkäyttösuunnitelmista viimeaikaisen ilmastonmuutos- ja monimuotoisuustutkimuksen valossa. BIOS, joka tutkimuksen lisäksi pyrki edesauttamaan tutkijoiden, päättäjien ja median vuoropuhelua, oli ymmällään. Virallinen Suomi pyrki biotalousstrategiallaan lisäämään merkittävästi hakkuita ja puunkäyttöä lähivuosisikymmeninä, mikä kuitenkin uusimman tutkimustiedon perusteella näytti hyvin kyseenalaiselta linjaukselta. Ensimmäistä kokousta seurasi runsaan vuoden kestänyt fyysisten ja sähköpostitapaamisten sarja, joiden kuluessa hahmottui ajatus tutkijoiden julkisen kirjeen laadinnasta. BIOS:in rooli työn aikana oli kirjeen laadinnan fasilitointi ja kirjeestä viestiminen. Ympäristötiedon foorumi tarjosi kirjeen julkistamiselle keskusteluareenan.

Kirje herätti sekä myönteistä että kielteistä vastakaikua. Jäsenämme seuraavassa reaktiot sen perusteella, mitä kysymyksiä ne nostavat Suomen biotalousstrategiasta, tutkimustietoon perustuvasta päätöksenteosta, suomalaisesta tiedepolitiikasta ja kestäväen kehityksen tutkimuksesta.

Vaikka kirjeen tavoitteena oli nostaa päättäjien ja julkisen keskustelun tietoisuuteen tuorein tutkimustieto metsienkäytön vaikutuksista ilmastonmuutokseen ja luonnon monimuotoisuuteen, tulkittiin se useissa reaktioissa hyökkäyksenä *Suomen biotalousstrategian* metsänkäyttösuunnitelmia vastaan. Joissain sosiaalisen median kommentteissa asetettiin allekirjoittaneiden tutkijoiden isänmaallisuus kyseenalaiseksi. Reaktio on ymmärrettävä. Tarkkaavainen lukija kuitenkin ymmärtää kirjeen luettuaan, että ilmastonmuutoksen hillitsemisen ja luonnon monimuotoisuuden säilyttämisen kannalta suomalaisen puunjalostuksen olisi välittömästi ruvettava lyhytikäisen sellun, paperin ja energian sijaan tuottamaan pitkäikäisiä puutuotteita. Pystyykö tunnetusti hidassoutuinen puunjalostusteollisuus muuttamaan nopeasti suuntaa? Haluaako se edes?

Kirjeen julkistamisen käänne nostavat kysymyksiä *tutkimustietoon perustuvan päätöksenteon* mahdollisuuksista Suomessa. Eduskunnan ulkoasianvaliokunnan jäsenet, joiden kuultavana T. Vesala oli kirjeen johdosta, tekivät rakentavia ja asiaan hyvin perehtyneitä kysymyksiä. Sen sijaan tietoomme tulleet maa- ja metsätalousministeriön virkamiesten reaktiot kirjeeseen olivat kaikki kielteisen epäileviä. Kirjeen perusargumentteihin ei yksinkertaisesti haluta uskoa, tai ainakaan niitä ei tunnusteta. Ympäristöministeriön reaktiot olivat tasapainoilevampia. Kävi kuitenkin selväksi, että ympäristöministeriön virkamiehistö koki kovin kiusalliseksi ministeriön jäsenyyden Ympäristötiedon foorumissa – siitäkin huolimatta, että foorumin ainoana roolina oli tarjota kirjeen julkaisemiselle neutraali keskusteluareena. Kun tutkimustietoon

a. Helsingin yliopisto, janne.i.hukkinen@helsinki.fi; b. Jyväskylän yliopisto; c. Helsingin yliopisto

perustuvaa päätöksentekoa korostetaan yhä enemmän valtionhallinnossa, onko ministeriöiden virkamiehistön toimittava palomuurina tutkijoiden ja poliittisten päättäjien välissä ja varmistettava, että päätösten pohjaksi tarjottu tieto on yhteensopivaa vallitsevien strategioiden kanssa? Eikö virkamiehistön ensisijainen rooli tulisi olla tutkimustiedon – myös strategioista poikkeavan – välittämisen päättäjille ymmärrettävässä muodossa?

Mutkainen polku kirjeen laadinnan ensi metreiltä sen lopulliseen julkistamiseen avaa paikoin huolestuttavia näkymiä *suomalaiseen tiedepolitiikkaan*. Kirjettä runsaan vuoden ajan laatinut tutkijajoukko sisälsi sekä yliopistojen että sektoritutkimuslaitosten tutkijoita. Ensiksi mainituista jokainen allekirjoitti kirjeen mutta jälkimmäisistä vain osa. Vaikka suurin osa lopullisen kirjeen allekirjoituspyynnöistä suuntautui yliopistojen tutkijoille, jäi vaikutelmaksemme, että varsin suuri osa pyydyistä sektoritutkimuslaitosten tutkijoista ei halunnut kirjettä allekirjoittaa, vaikka heidän käsityksensä asiasta oli yhtenevä kirjeen sisällön kanssa. Viime vuosina paljastuneet sensuuritapaukset valtiollisissa tutkimuslaitoksissa ovat todennäköisesti johtaneet tutkijoiden julkituloja säätelevien periaatteiden selkiintymiseen, mutta takaavatko periaatteet tutkijan vapauden kaikissa esiin nousevissa tulkintatilanteissa? Ja mikä merkitys on määräaikaisen tai ulkopuolisesta rahoituksesta riippuvaisen tutkijan itsensuurilla?

Kirjeen pohjana oleva ilmastonmuutos- ja monimuotoisuus tutkimus on osa laajempaa *kestävän kehityksen tutkimusta*. Viimeiset kolme vuosikymmentä on kestävä kehitys totuttu ajattelemaan ekologisen, sosiaalisen ja taloudellisen ulottuvuuden harmonisena kolmiyhteytenä. Kirjeen perustana oleva tutkimustieto rikkoo harmonian nostamalla esiin sen tosiasian, että metsienkäyttö, jolle kenties on löydettävissä sosiaalisesti ja taloudellisesti kestävä perustelut, voi ekologisessa ja fysikaalisessa mielessä olla ehdottomasti kestämatöntä. Tämä on niin epämukava totuus, että jotkut metsienkäytön ympäristöpolitiikan ja kestävyuden tutkijat kieltäytyivät allekirjoittamasta vedoten kirjeen kapea-alaiseen luonnontieteelliseen painotukseen. Onko kestävä kehityksen tutkimukseen päässyt juurtumaan moniulotteisen harmonisoinnin normatiivinen vaatimus siinä määrin, ettei empiirisesti havaittavissa olevia ulottuvuuksien välisiä ristiriitoja haluta lähtökohtaisesti tunnustaa?

Julkinen kirje 24.3.2017

Tämän julkilausuman allekirjoittajat haluavat ilmaista huolensa Suomen metsänkäyttösuunnitelmien ilmasto- ja monimuotoisuusvaikutuksista. Toteutuessaan hakkuiden ja puunkäytön lisääminen heikentää luonnon monimuotoisuutta ja kiihdyttää ilmastonmuutosta. Allekirjoittajat ovat huolissaan siitä, ettei näihin vaikutuksiin liittyvä tutkimustieto ole välittynyt päätöksentekijöille ja suurelle yleisölle oikein.

Jotta maapallon keskilämpötilan nousu saataisiin vakautettua Pariisin ilmastopöytäkirjassa tavoiteltuun alle kahteen asteeseen, on fossiilisten polttoaineiden käytöstä syntyviä päästöjä vähennettävä merkittävästi ja hiilidioksidia ilmakehästä poistavia hiilinieluja voimistettava. Jotta biologista monimuotoisuutta koskevan yleissopimuksen päätavoite monimuotoisuuden häviämisen pysäyttämiseksi voitaisiin saavuttaa, on uhanalaisten metsälajien elinolosuhteita parannettava. Suomessa puunkäytölle on asetettu voimakkaita lisäysohjeita, joita perustellaan erityisesti pyrkimyksellä hillitä ilmastonmuutosta kestäväällä tavalla. Kuitenkin:

1) Suomen suunnittelema puunkäytön lisääminen ei hillitse ilmastonmuutosta vuosikymmeniin

Julkisuudessa esiintyvä käsitys puupolttoaineiden ja puuperäisten tuotteiden ilmastomyönteisyydestä perustuu ajatukseen, jonka mukaan puun poltto olisi hiilineutraalia eikä puun korjuun aiheuttamia muutoksia metsien hiilivarastoissa tarvitsisi huomioida. Puunkorjuun lisääminen kuitenkin pienentää metsien hiilivarastoa verrattuna tilanteeseen, jossa puuta korjataan vähemmän. Tulevina vuosikymmeninä Suomen metsien hiilivaraston kasvu (nettohiilinielu) onkin sitä pienempi mitä enemmän metsiä hakataan. Ilmakehän kannalta puunkorjuun nielu pienentävä vaikutus rinnastuu päästöihin.

Hallituksen tavoitteiden ja ilmasto- ja energiastategian linjausten mukaisesti kotimaisen runkopuun vuosittaiset hakkuut nousisivat nykyisestä (2013-2015) noin 66 Mm³:stä noin 80 Mm³:iin ja metsähakkeen käyttö noin 8 Mm³:stä 14-18 Mm³:iin vuoteen 2030 mennessä. Valtaosa nykyisestä ja suunnitel-

lusta puun käytöstä suuntautuu lyhytkestoisiin tuotteisiin, kuten sellu- ja paperiteollisuuden tuotteiksi sekä bioenergiaksi. Pitkäikäisiin puutuotteisiin siirtyvä hiili muodostaa vain pienen osan metsästä kokonaisuudessaan korjatusta hiilestä. Tutkimusten mukaan tavoiteltu puun käytön lisääminen ei auta vähentämään hiilidioksidipitoisuuden nousua ilmakehässä useisiin vuosikymmeniin tai edes tämän vuosisadan aikana. Tämä johtuu siitä, että puunkorjuun lisääminen pienentää metsien hiilinielua, suurin osa metsästä korjatusta hiilestä vapautuu muutaman vuoden kuluessa ilmakehään, eivätkä uusiutumattomien materiaalien ja energian käytön korvaamisesta saatavat päästövähennykset ole nykytiedon valossa riittävän suuria.

Metsiä voitaisiin käyttää vähintään lähivuosikymmeninä tehokkaimmin ilmastonmuutoksen hillinnässä kasvattamalla metsien hiilivarastoa ja lisäämällä puunkäyttöä pitkäikäisiin puutuotteisiin, joissa hiili säilyisi mahdollisimman pitkään ja joiden avulla voitaisiin korvata päästöintensiivisiä uusiutumattomia materiaaleja. Tämä edellyttäisi merkittäviä muutoksia koko metsätaloudessa ja puunkäyttömäärissä ja -tavoissa. Metsien biomassamäärän lisääminen ja puiden korjaaminen suurempina kasvattaisi metsien hiilinielua, hiilivarastoa ja hakkuukertymässä saatavan tukkipuun suhteellista osuutta. Tällöin suurempi osuus metsästä korjatusta puusta olisi mahdollista käyttää pitkäikäisiksi puutuotteiksi. Panostamalla materiaalitekniikkaan ja puurakentamiseen on mahdollista varastoida nykyistä selvästi suurempi osa metsästä korjatusta hiilestä pitkäikäisiin puutuotteisiin.

2) Metsien nykyinen käyttö ja käytön lisääminen vaarantavat luonnon monimuotoisuuden

Metsien monimuotoisuus on turvattava yhteiskunnalle välttämättömien ekosysteemipalveluiden säilyttämiseksi. Lisäksi metsien kyky sopeutua ilmastonmuutoksen vaikutuksiin riippuu oleellisesti niiden monimuotoisuudesta. Suomi on sitoutunut pysäyttämään monimuotoisuuden kapenemisen vuoteen 2020 mennessä.

Suomen metsälajien uhanalaisuus ei ole lisääntynyt kahden viimeksi tehdyn uhanalaisarvioinnin aikana. Todettu 814 metsälajin uhanalaisuus kuitenkin tarkoittaa, että ilman lisätoimia näiden lajien elinolojen parantamiseksi lajien todennäköisyys kuolla sukupuuttoon on korkea. Kansainvälisten uhanalaisuus-kriteerien mukaan voimme arvioida, että seuraavan 50 vuoden aikana Suomen metsäluonnon monimuotoisuus kaventuu, koska uhanalaisista lajeista vähintään 74 mutta jopa 243 tulee kuolemaan sukupuuttoon. Tämän vuoksi edes nykyinen metsätalous ei ole kestävä, ja on todennäköistä, että suunnitellut hakkuumäärien lisäykset uudelleen käynnistävät metsälajien uhanalaisuuden lisääntymisen.

Lahopuun ja vanhojen metsien väheneminen ovat tärkeimmät syyt niin metsälajien uhanalaisuudelle kuin lajien sukupuuttoon kuolemislle.

Lahopuun väheneminen johtuu metsätaloudesta. Luontaisissa suomalaisissa metsissä lahopuun määrä vaihtelee alle 60:stä yli 120:een kuutiometriin hehtaarilla. Nykyinen lahopuun määrä on Suomessa keskimäärin noin viisi kuutiometriä hehtaarilla. Yleisestä uskomuksesta poiketen lahopuun määrä on Suomen metsien inventointimittausten mukaan valtakunnallisesti edelleen hieman laskenut viimeisen reilun vuosikymmenen aikana, ja on alle kymmenesosa luontaisesta määrästä. Metsälajien uhanalaisuus ja monimuotoisuuden lasku suomalaisessa metsässä johtuvat siitä, että metsätalous leikkaa huomattavasti lahopuusta riippuvaisten lajien elämän resursseja.

Myös vanhojen metsien väheneminen on seurausta metsätaloudesta. Vanhojen metsien määrä on vähentynyt erittäin nopeasti. Viimeisten 15 vuoden aikana metsätalouden käytössä olevalla pinta-alalla yli 160-vuotiaiden metsien pinta-ala on hakkuiden seurauksena vähentynyt peräti 42 % ja 100-160-vuotiaiden metsien pinta-ala on vähentynyt 15 %. Koska Suomessa puuntuotannon pinta-ala on vähentynyt vain 2-3 %, Suomen metsät ovat hakkuiden seurauksena nuorentuneet voimakkaasti. Näiden lukujen valossa on ilmeistä, että kymmeniä tai mahdollisesti satoja vanhoista metsistä riippuvaisia lajeja häviää lähivuosikymmeninä jo siinäkin tapauksessa, että metsien hakkuita ei lisätä nykyisestä.

Yhteenveto

Tutkimustulokset metsien käytön vaikutuksista ilmastoon ja luonnon monimuotoisuuteen tulee huomioida metsien käyttöä koskevassa strategisessa päätöksenteossa ja ohjaukskeinojen laadinnassa. Muussa tapauksessa vaarana on, että ilmastonmuutos kiihtyy ja metsäluonto köyhtyy entisestään. Erityisen tärkeää on löytää ratkaisuja, jotka sekä hillitsevät ilmastonmuutosta että turvaavat luonnon monimuotoisuutta.

Näissä ratkaisuisa kasvatetaan metsien hiilinielua ja hiilivarastoa lisäämällä metsiin ja puutuotteisiin sitoutuneen hiilen määrää. Toivomme, että tämä julkilausuma herättää kansallista ja kansainvälistä keskustelua siitä, miten puunkäyttö voidaan asemoida ilmastovelvoitteiden täyttämiseksi siten, että se palvelee globaalien ilmastotavoitteiden saavuttamista vaarantamatta luonnon monimuotoisuutta.

Allekirjoittajat (aakkosjärjestyksessä, 68 kpl)

Eeva Berglund Ympäristöpolitiikan ja kaupunkitutkimuksen dosentti
 Frank Berninger Associate Professor Applied Forest Ecology, PhD
 Heidi Björklund FT
 Patrik Byholm Ekologian ja evoluutiobiologian dosentti
 Jaana Bäck Professori
 Yrjö Haila Ympäristöpolitiikan professori (emeritus)
 Jari Haimi Dosentti
 Panu Halme Luonnonsuojelubiologian dosentti
 Jussi Heinonsalo Akatemiatutkija, mikrobiologian dosentti
 Toini Holopainen Ekologisen ympäristötieteen professori
 Janne I. Hukkinen Ympäristöpolitiikan professori
 Nina Janasik-Honkela Tutkijatohtori, FT
 Pekka Jokinen Professori
 Veijo Jormalainen Professori
 Tuomo Kalliokoski Tutkijatohtori, MMT
 Patrik Karell Biotalousalan erikoistutkija, ekologian ja evoluutiobiologian dosentti
 Anne Kasurinen Akatemiatutkija
 Saana Kataja-Aho FT
 Minna Kivimäenpää Ympäristöekologian dosentti
 Matti J. Koivula Yliopistotutkija, ekologian ja luonnonsuojelubiologian dosentti
 Atte Komonen Maa- ja metsätaloustieteen tohtori
 Kaisa Korhonen-Kurki Ympäristöpolitiikan dosentti, VTT
 Erkki Korpimäki Professori
 Raine Kortet Professori
 Janne Kotiaho Ekologian professori
 Jari Kouki Professori
 Markus Kröger Yliopistonlehtori, dosentti
 Markku Kuitunen Ympäristötieteen professori (emeritus)
 Liisa Kulmala MMT
 Jan Kunnas Ympäristöhistorian tohtori
 Timo Kuuluvainen Yliopistonlehtori, MMT, metsäekologian dosentti
 Anssi Lensu Ympäristötieteen yliopistonlehtori, FT
 Matti Leppäranta Professori
 Andreas Lindén Erikoistutkija, ekologian ja evoluutiobiologian dosentti
 Tapio Linkosalo MMT
 Anna Lintunen MMT
 Sirkku Manninen Ympäristöekologian dosentti
 Annamari Markkola Kasvi- ja maaperäekologian dosentti
 Tuomas J. Mattila Erikoistutkija, tekniikan tohtori
 Lauri Mehtälä Apulaisprofessori, metsäbiometriikan dosentti
 Juha Mikola Yliopistonlehtori
 Annikki Mäkelä Professori
 Sanna Mäkeläinen FT
 Mikko Mönkkönen Professori
 Pekka Niemelä Professori (emeritus)
 Eero Nikinmaa Professori (emeritus)

Jenni Nordén FT
 Kai Norrdahl Professori
 Nina Nygren Ympäristöpolitiikan yliopistonlehtori, HT
 Ossi I. Ollinaho Ympäristösosiologi, tekniikan tohtori
 Otso Ovaskainen Professori
 Pauli Paasonen Yliopistotutkija, fysiikan dosentti
 Markus Piha FT
 Mari Pihlatie Akatemiatutkija
 Anna Maria Pirttilä Yliopistotutkija, dosentti, FT
 Timo Pukkala Professori, MMT
 Kaisa Raitio Ympäristökommunikaation dosentti, YTT
 Taina Ruuskanen Ilmakehätieteen yliopistonlehtori, FT
 Aleksi Räsänen Tutkijatohtori, FT
 Laura Saikku Ympäristötieteen dosentti, FT
 Ilkka Savolainen Tutkimusprofessori (emeritus)
 Sampo Soimakallio Erikoistutkija, ympäristötieteen dosentti, TkT
 Teemu Tahvanainen Yliopistonlehtori, dosentti
 Olli Tahvonen Professori
 Päivi Tiiva FT
 Timo Vesala Meteorologian akatemiaprofessori, FT
 Tarmo Virtanen Yliopistonlehtori, ympäristötieteen dosentti
 Anna-Liisa Ylisirniö Erikoistutkija, ympäristötieteen dosentti, FT

Liite julkilausumaan 24.3.2017 / Keskeistä tieteellistä kirjallisuutta

- Agostini, A., Giuntoli, J., Boulamanti A., Marelli, L. (ed.) 2013. Carbon accounting of forest bioenergy. Conclusions and recommendations from a critical literature review. JRC technical reports. Report EUR 25354 EN. JRC, Italy.
- Heinonen, T., Pukkala, T., Mehtätalo, L., Asikainen, A., Kangas, J., Peltola, H. 2017. Scenario analyses for the effects of harvesting intensity on development of forest resources, timber supply, carbon balance and biodiversity of Finnish forestry. *Forest Policy and Economics* 80, 80–98.
- Helin, T., Salminen, H., Hynynen, J., Soimakallio, S., Huuskonen, S., Pingoud K. 2016. Global warming potentials of stemwood used for energy and materials in Southern Finland: Differentiation of impacts based on type of harvest and product lifetime. *GCB Bioenergy* 8, 334–345.
- Holtmark, B. 2012. Harvesting in boreal forests and the biofuel carbon debt. *Climatic Change* 112, 415–428.
- Juslén, A., Pykälä, J., Kuusela, S., Kaila, L., Kullberg, J., Mattila, J., Muona, J., Saari, S., Cardoso, P. 2016. Application of the Red List Index as an indicator of habitat change. *Biodiversity and Conservation* 25, 569–585.
- Kallio, A.M.I., Salminen, O., Sievänen, R. 2013. Sequester or substitute - Consequences of increased production of wood based energy on the carbon balance in Finland. *Journal of Forest Economics* 19, 402–415.
- Körner C. 2017. A matter of tree longevity. *Science* 355, 130–131
- Liukko, U-M, Uddström, A., Rytteri, T. (eds) 2017. *Opas eliölajien uhanalaisuuden arviointiin – Kansainvälisen luonnonsuojeluliiton (IUCN) arviointiohjeet ja kansalliset täydennykset. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 1/2017. Valtioneuvoston kanslia, 16.1.2017*
- Mäkipää, R., Linkosalo, T., Komarov, A., Mäkelä, A. 2014. Mitigation of climate change with biomass harvesting in Norway spruce stands: are harvesting practices carbon neutral? *Can. J. For. Res.* 45, 217–225.
- 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.
- Matthews, R., Sokka, L., Soimakallio, S., Mortimer, N., Rix, J., Schelhaas, M.-J., Jenkins, T., Hogan, G., Mackie, E., Morris, A., Randle, T. 2014. Review of literature on biogenic carbon and life cycle assessment of forest bioenergy. Final Task 1 report, EU DG ENER project ENER/C1/427, ‘Carbon impacts of biomass consumed in the EU’. Forest Research: Farnham.
- Mathies, B.D., Kalliokoski, T., Eyvindson, K., Honkela, N., Hukkinen, J.I., Kuusinen, N.J., Räisänen, P., Valsta, L.T. 2016. Nudging service providers and assessing service trade-offs to reduce the social inefficiencies of payments for ecosystem services schemes. *Environmental Science & Policy* 55, 228–237
- Mathies, B.D., Kalliokoski, T., Ekholm, T., Hoen, H.F., Valsta, L.T. 2015. Risk, reward, and payments for ecosystem services: A portfolio approach to ecosystem services and forestland investment. *Ecosystem Services* 16, 1–12.
- Mitchell S.R., Harmon M.E., O’Connell K.E.B. 2012. Carbon debt and carbon sequestration parity in forest bioenergy production. *Global Change Biology Bioenergy* 4, 818–827.
- Pingoud, K., Ekholm, T., Savolainen, I. 2012. Global warming potential factors and warming payback time as climate indicators of forest biomass use. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change* 17, 369–386.

- Pingoud, K., Ekholm, T., Soimakallio, S., Helin, T. 2016. Carbon balance indicator for forest bioenergy scenarios. *GCB Bioenergy* 8, 171–182.
- Rassi, P., Hyvärinen, E., Juslén, A. & Mannerkoski, I. (eds.) 2010. Suomen lajien uhanalaisuus - Punainen kirja 2010. Ympäristöministeriö & Suomen ympäristökeskus.
- Ros, J.P.M., van Minnen, J.G., Arets, E.J.M.M. 2013. Climate effects of wood used for bioenergy. PBL Netherlands Environmental Assessment Agency, The Hague/Bilthoven.
- Sievänen, R., Salminen, O., Lehtonen, A., Ojanen, P., Liski, J., Ruosteenoja, K., Tuomi, M. 2014. Carbon stock changes of forest land in Finland under different levels of wood use and climate change. *Annals of Forest Science* 71, 255–265.
- Sievänen, R., Salminen, O., Lehtonen, A., Ojanen, P., Liski, J., Ruosteenoja, K., Tuomi, M. 2013. Carbon stock changes of forest land in Finland under different levels of wood use and climate change. *Annals of Forest Science* 71, 255–265.
- Soimakallio, S. 2014. Toward a More Comprehensive Greenhouse Gas Emissions Assessment of Biofuels: The Case of Forest-Based Fischer-Tropsch diesel Production in Finland. *Environmental Science & Technology* 48, 3031–3038.
- Soimakallio, S., Saikku, L., Valsta, L., Pingoud, K. 2016. Climate change mitigation challenge for wood utilization – the case of Finland. *Environmental Science & Technology* 50, 5127–5134.
- Ter-Mikaelian, M.T., Colombo, S.J., Chen, J. 2015. The Burning Question: Does Forest Bioenergy Reduce Carbon Emissions? A Review of Common Misconceptions about Forest Carbon Accounting. *Journal of Forestry*. 113, 57–68.
- Thompson, I., Mackey, B., McNulty, S., Mosseler, A. 2009. Forest Resilience, Biodiversity, and Climate Change. A synthesis of the biodiversity/resilience/stability relationship in forest ecosystems. Secretariat of the Convention on Biological Diversity, Montreal. Technical Series no. 43, 67 pages.
- Valtakunnan metsien inventointi – metsävaratiedot <http://www.metla.fi/metinfo/vmi/> sekä taulukkoliite <https://www.luke.fi/wp-content/uploads/2015/03/Taulukkoliite.pdf>
- Verkerk, P.J., Mavsar, R., Gieregiczny, M., Lindner, M., Edwards, D., Schelhaas, M.J. 2014. Assessing impacts of intensified biomass production and biodiversity protection on ecosystem services provided by European forests. *Ecosystem Services* 9, 155–165.