



Luonnonvara- ja
biotalouden
tutkimus 73/2016

Puusta valmistettujen tuotteiden hiilivaraston muutoksen laskenta kasvihuonekaasuinventaariossa

Menetelmäkehitys Suomen kasvihuonekaasuinventaarioon

Leena Hamberg, Helena M. Henttonen ja Tarja Tuomainen

Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 73/2016

Puusta valmistettujen tuotteiden hiilivaraston muutoksen laskenta kasvihuonekaasuinventaariossa

Menetelmäkehitys Suomen kasvihuonekaasuinventaarioon

Leena Hamberg, Helena M. Henttonen ja Tarja Tuomainen



ISBN: 978-952-326-339-0 (Painettu)

ISBN: 978-952-326-340-6 (Verkkajulkaisu)

ISSN 2342-7647 (Painettu)

ISSN 2342-7639 (Verkkajulkaisu)

URN: <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-326-340-6>

Copyright: Luonnonvarakeskus (Luke)

Kirjoittajat: Leena Hamberg, Helena M. Henttonen ja Tarja Tuomainen

Julkaisija ja kustantaja: Luonnonvarakeskus (Luke), Helsinki 2016

Julkaisuvuosi: 2016

Kannen kuva: Juha-Pekka Hamberg

Painopaikka ja julkaisumyynti: Juvenes Print, <http://luke.juvenesprint.fi>

Tiivistelmä

Leena Hamberg, Helena Henttonen ja Tarja Tuomainen

Luonnonvarakeskus (Luke), Latokartanonkaari 9, 00790 Helsinki
leena.hamberg@luke.fi, helena.henttonen@luke.fi, tarja.tuomainen@luke.fi

Tämän tutkimuksen päätavoite oli kehittää puutuotelaskentamenetelmä, jolla voidaan tuottaa estimaatit Suomen kasvihuonekaasujen inventaarioraportointiin. Laskentamenetelmän oli perustuttava ilmastopöytäkirjan ja Kioton pöytäkirjan osapuolikokousten päätöksiin. Tässä tutkimuksessa puutuotteilla tarkoitetaan puusta valmistettuja puolivalmisteita, joita ovat sahatavara, puulevyt, paperi ja kartonki sekä muut puolivalmisteet, kuten hirret ja puhelinpylväät. Kioton pöytäkirjan laskennassa puutuotteiden alkuperän selvittäminen oli yksi tärkeimmistä tavoitteista. Alkuperällä tarkoitetaan tässä tapauksessa sitä, onko puutuotteisiin käytetty puu peräisin Kioton pöytäkirjan aktiviteeteistä (metsänhoito, metsitys, metsänhävitys) vai näiden kolmen luokan ulkopuolisilta alueilta. Tavoitteena oli arvioida hakkuupoistumat näissä luokissa vuodesta 1990 alkaen.

Tutkimuksessa tuotettiin erilaisilla laskentavaihtoehdoilla aikasarjat ilmastopöytäkirjan ja Kioton pöytäkirjan mukaisiin laskentoihin käyttäen tuotantoon perustuvaa laskentaa, jossa huomioidaan kotimaassa tuotetut ja vientiin menneet puutuotteet, jotka on valmistettu kotimaisesta puusta. Laskennan luotettavuutta saatiin parannettua kokoamalla vuosia 1900–1960 koskeva kansallinen aineisto sekä selvittämällä suomalaisille puutuotteille soveltuvat kansalliset hiilenmuuntokertoimet. Sahatavara, puulevyt ja puumassat (paperin ja kartongin hiilitaseiden arvioimiseksi) jaettiin laskennassa mielekkäisiin alaryhmiin, jotta puutuotteiden hiilitaseista saataisiin luotettavimmat tulokset. Laskennassa käytettiin kullekin alaryhmälle sopivia hiilenmuuntokertoimia, ja kullekin puutuoteryhmälle omia kotimaisuusasteitaan.

Tutkimuksen tulokset antavat tietoa siitä, kuinka puutuotteet on tarkoituksenmukaisinta laskea Suomen kasvihuonekaasuinventaarioraportointiossa ottaen huomioon ilmastopöytäkirjan päätösten ja IPCC:n raportointiohjeiden asettamat vaatimukset.

Asiasanat: Ilmastonmuutokset, puutuotteet, hiilidioksidi, kasvihuonekaasupäästöt

Sisällys

1. Johdanto	6
1.1. Puutuotelaskenta kasvihuonekaasuinventaariossa	6
1.2. Puutuotelaskennan historia	9
1.3. Tutkimuksen tavoitteet.....	10
2. Aineisto ja menetelmät	11
2.1. Hakkuupoistumat.....	11
2.1.1. Metsitys- ja metsänhävitysalat	11
2.1.2. VMI-aineistojen esikäsittely	12
2.2. Hakkuukertymän ja poistuman laskentamenetelmä.....	12
2.2.1. Metsänhävitysalat	12
2.2.2. Metsitysalat.....	13
2.3. Puutuotteiden kohdentaminen Kioton pöytäkirjan aktiviteeteille	14
2.4. Puutuoteaineistot	15
2.4.1. Tuotanto- ja vientitilastot	15
2.4.2. Puunkäyttötilastot.....	17
2.5. Laskennan vaiheet	18
2.5.1. Muuntokertoimet	18
2.5.2. Puutuotteiden puoliintumisajat	20
2.5.3. Puutuotteiden hiilivaraston muutoksen laskentamenetelmä	20
2.6. Laskentavaihtoehdot	21
2.7. Epävarmuudet.....	22
2.8. Puutuotteet ja metsänhoidon vertailutaso	22
3. Tutkimuksen tulokset	23
3.1. Keskimääräiset hakkuukertymät ja hakkuupoistumat.....	23
3.1.1. Metsänhävitys.....	23
3.1.2. Metsitysalojen vuotuiset hakkuukertymät	24
3.1.3. Kokonaispoistuma	24
3.2. Puutuotteiden hiilivaraston muutokset.....	25
3.2.1. Ilmastopimuksen laskennan tulokset	25
3.2.2. Puutuotteet Kioton pöytäkirjan laskennassa	26
3.2.3. Epävarmuudet.....	28
4. Tulosten tarkastelu.....	29
4.1. Hakkuukertymät	29
4.2. Puutuotteiden hiilivaraston muutokset.....	29
5. Johtopäätökset.....	30
5.1. Keskimääräiset hakkuukertymät ja hakkuupoistumat.....	30
5.2. Puutuotteiden hiilivaraston muutokset.....	30
LIITE 1. Puunkäyttötutkimukset sahatavaran tuotantotilaston täydentämisessä	34
LIITE 2. Maankäytön muutoksista aiheutuvat keskimääräiset poistumat.....	35
LIITE 3. Ilmastopimuksen laskennan tulokset	36
LIITE 4. Kioton pöytäkirjan laskennan tulokset	41

Keskeiset lyhenteet ja käsitteet

Lyhenteet

AR	Metsitys ja uudelleenmetsitys, Kioton pöytäkirjan aktiviteetti <i>Afforestation and Reforestation</i>
CMP	Kioton pöytäkirjan osapuolikokous, <i>Conference of the Parties serving as the Meeting of the Parties to the Kyoto Protocol</i>
D	Metsämaan hävitys eli metsän ottaminen muuhun käyttöön, Kioton pöytäkirjan aktiviteetti <i>Deforestation</i>
FAO	YK:n elintarvike- ja maatalousjärjestö, <i>Food and Agriculture Organization</i>
FL	Metsämaa, IPCC:n maankäyttöluokka <i>Forest land</i>
FM	Metsän hoito, Kioton pöytäkirjan aktiviteetti <i>Forest Management</i>
FMRL	Metsänhoidon vertailutaso, <i>Forest Management Reference Level</i>
FOD	Ensimmäisen asteen hajotusfunktio, <i>First Order Decay function</i>
FRA	FAO:n suorittama maailman metsävarojen arvioni, <i>Forest Resources Assessment</i>
FRA-luokka	FRA:ssa käytetty luokitus (metsämaa, muu puustoinen maa, muu maa, puustoinen muu maa)
HWP	Puutuotteet, <i>Harvested Wood Products</i>
IPCC	Hallitusten välinen ilmastonmuutospaneeli, <i>Intergovernmental Panel on Climate Change</i>
IPCC-luokka	Kasvihuonekaasuinventaarion LULUCF-sektorin maankäyttöluokat (FL= <i>Forest land</i> , CL= <i>Cropland</i> , GL= <i>Grass land</i> , WL= <i>Wet land</i> , S= <i>Settlement</i> , OL= <i>Other land</i>)
KHK	Kasvihuonekaasu(t)
KP	Kioton pöytäkirja
LULUCF	Kasvihuonekaasuinventaarion sektori Maankäyttö, maankäytön muutokset ja metsätalous, <i>Land Use, Land-Use Change and Forestry</i>
MELA	Ohjelmisto, jolla laaditaan laskelmia ja ennusteita metsien kehityksestä
UNFCCC	Yhdistyneiden kansakuntien ilmastonmuutoksen puitesopimus ns. Ilmastopopimus, <i>United Nations Framework Convention on Climate Change</i>
VMI	Valtakunnan metsien inventointi

Käsitteet

Periytyvät päästöt	Laskentavuotta edeltävinä vuosina valmistetuista puutuotteista aiheutuvat päästöt
Poistuma	1. Tapahtuma, jossa ilmakehästä esim. puuston kasvun seurauksena sitoutuu biomassa kasvihuonekaasua 2. Hakkuun tai puun kuoleman seurauksena elävästä puustosta poistuva runkopuun tilavuus
Puoliintumisaika	Puutuoteryhmän hiilivaraston puolittumiseen kuluva aika (v.)
Puutuote	Tässä raportissa puutuotteilla tarkoitetaan puusta valmistettuja puolivalmisteita, joita ovat sahatavara, puulevyt, paperi ja kartonki sekä muut puolivalmisteet, kuten hirret ja puhelinpylväät
Päästö	Tapahtuma, jossa ilmakehään vapautuu kasvihuonekaasua
Välitön päästö	1. Puutuotelaskennassa välitön päästö tarkoittaa sitä, että hiilivarastoon tulevan hiilen määrä on yhtä suuri kuin siitä poistuva hiilimäärä 2. Hakkuussa elävän puuston hiilivarastosta poistuva hiili lasketaan kokonaisudessaan päästökseen hakkuuvuonna

1. Johdanto

1.1. Puutuotelaskenta kasvihuonekaasuinventaariossa

Puutuotteilla tarkoitetaan tässä tutkimuksessa puusta valmistettuja puolivalmisteita, joita ovat sahatavara, puulevyt, paperi ja kartonki sekä muut puolivalmisteet, kuten hirret ja puhelinpylväät. Kasvihuonekaasujen (KHK) inventaariossa puutuotteet veloitetaan ottamaan mukaan YK:n ilmastopöytäkirjan (UNFCCC) ja Kioton pöytäkirjan raportointiin (IPCC 2006, 2014, UNFCCC 2011, 2012). Puun energiakäytöstä aiheutuvat päästöt eivät sisälly laskelmiin.

Ilmastopöytäkirjan alaisessa raportoinnissa on sovittu käytettävän IPCC:n vuoden 2006 ohjeita (IPCC 2006). Niiden mukaan laskennassa tarkastellaan kattavasti puutuotteisiin sitoutuneita hiilivarastomuutoksia kaikkien käytössä olevien ja kaatopaikoille läjitettyjen puutuotteiden osalta (taulukko 1). Ilmastopöytäkirjan raportoinnissa maa voi valita laskentalähestymistavan ja haluamansa laskentamenetelmän. Eri laskentalähestymistavat ovat tuotantoon perustuva (*Production Approach, PA*), varaston muutos (*Stock Change Approach, SCA*), hiilivirrat ilmakehään ja ilmakehästä (*Atmospheric Flow Approach, AFA*) ja yksinkertaisen hajoamisen malli (*Simple Decay Approach, SDA*). Erilaisia laskentamenetelmiä ovat ensimmäisen asteen hajotusfunktio (*first order decay function, FOD*), muutosten arviointi puutuoteinventoinneilla (*stock method*), hiilivarastoon tulevan ja lähtevän hiilen seuranta (*input-output track*) ja vuo-data -menetelmä käyttäen tietoa varastosta lähtevästä hiilimäärästä (*flux data with direct output*) (IPCC 2006). Hiilivaraston muutoksen raportointiin voidaan käyttää oletusta, että muutosta ei tapahdu, jos vuotuisen muutoksen arvioidaan olevan merkityksetön. Samaa oletusta voidaan käyttää myös kaatopaikoille sijoitetuille puutuotteille. Muutoin kaatopaikoille läjitetyt puutuotteet on otettava mukaan laskentaan, paitsi jos puutuotteet on läjitetty ulkomaisille kaatopaikoille.

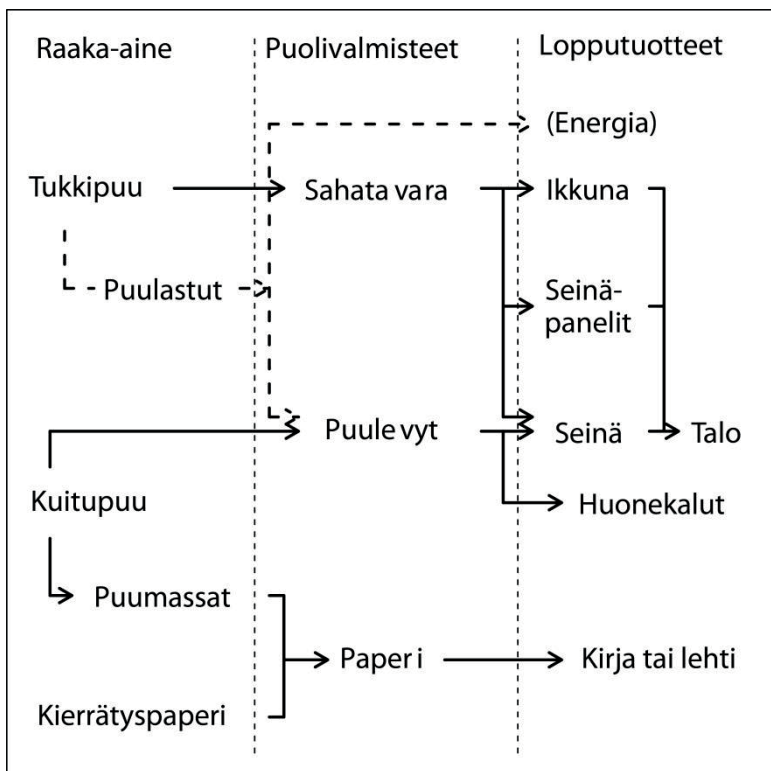
Kioton pöytäkirjan alla puutuotteet on yksi hiilivarastoista, joiden muutokset raportoidaan aktiiviteetti- ja luokittain (taulukko 1). Puutuotelaskennan kannalta tärkeimmät luokat ovat metsänhoito (*Forest Management, FM*) sekä metsittäminen ja uudelleenmetsittäminen (*Afforestation and Reforestation, AR*). Lisäksi tulee raportoida metsänhävityksen (*Deforestation, D*) alla metsästä muuhun maankäyttöön siirtyneiltä aloilta hakatun puuston tilavuus tai biomassa. Kioton pöytäkirjan laskennassa on käytettävä tuotantoon perustuvaa laskentalähestymistapaa (*Production Approach, PA*). Puutuotteiden hiilivaraston muutokset lasketaan kotimaassa kotimaisesta puusta valmistetuista tuotteista. Puun tulee olla peräisin FM- ja AR-luokkien metsistä. Sekä kotimaassa kulutetut tuotteet että vientituotteet ovat mukana laskennassa. Tuontituotteet ja tuontipuusta valmistetut tuotteet ovat laskennan ulkopuolella. Metsänhävitysaloilta peräisin olevat puutuotteet ja kaatopaikoille läjitetyt puutuotteet lasketaan välittömän päästön periaatteella. Energiaksi käytetty puu ei ole mukana laskennassa. Laskennassa ovat mukana sahatavara, puulevyt sekä paperi ja kartonki (kuva 1). Laskennan tarkentamiseksi puutuoteryhmät voidaan jakaa alaryhmiin sen mukaan, mitä tuotteita maassa valmistetaan. Kioton pöytäkirjan laskennassa päästöt lasketaan ensimmäisen asteen hajotusfunktiolla (*first order decay function, FOD*) (UNFCCC 2011).

Taulukko 1. Ilmastopimuksen (UNFCCC) ja Kioton pöytäkirjan toisen velvoitekauden (KP2) raportointien yhtäläisyydet ja erot puutuotelaskennassa.

	UNFCCC	KP2
Laskentalähestymistapa	eri vaihtoehtoja	tuotantoon perustuva
Menetelmä	eri vaihtoehtoja	ensimmäisen asteen hajotusfunktio
Raaka-aineen alkuperä	riippuu valitusta laskentalähestymistavasta	kotimainen, AR- ja FM-metsistä ^a
Tuotanto	riippuu valitusta laskentalähestymistavasta	kotimaan tuotanto
Kotimassa käytössä olevat	ovat mukana, rajausta riippuu laskentalähestymistavasta	ovat mukana, alkuperä kotimaan AR- tai FM-metsät
Tuonti ja vienti	riippuu valitusta laskentalähestymistavasta	vientituotteet mukana, tuonti ei
Puutuoteryhmät	kaikki puolivalmisteina olevat puutuotteet	sahatavara, puulevyt, paperi ja kartonki
Puutuotteet kaatopaikalla	eri menetelmiä	välitön päästö ^b
Puu, joka on peräisin metsänhävityksestä (D)^a	sisältyy puutuotelaskentaan	välitön päästö
Periytyvät päästöt	suositellaan aloitettavaksi riittävän varhaisesta ajankohdasta, esim. vuodesta 1900	FM: voi valita esim. vuodesta 1900, 1961, 1990, 2013 AR: 1990 alkaen
Raportointi	oma päästoluokka riippuu valitusta laskentalähestymistavasta, esim. tuotantoon perustuvassa laskentalähestymistavassa halutut puutuoteryhmät, kotimaan kulutus, vientituotteet	aktiiviteetti-luokittain (FM, AR) kotimaan kulutus ja vienti erikseen kussakin tuoteryhmässä sekä hakkuukertymät eriteltyinä aktiiviteetti-luokittain (FM, AR, D, muut)

^a FM = Metsän hoito, *Forest Management*, AR = Metsitys ja uudelleenmetsitys, *Afforestation/Reforestation*, D = Metsämaan hävitys, *Deforestation*

^b Hiilivarastoon tulevan hiilen määrä on yhtä suuri kuin siitä poistuva hiilimäärä eli hiilivarastossa ei tapahdu muutosta vuoden aikana



Kuva 1. Puutuotteiden jalostusvaiheet. Kioton pöytäkirjan laskentaan voidaan sisällyttää vain kuvan puolivalmisteet. Lähde: IPCC 2014.

Kasvihuonekaasuinventaariossa ilmastopimuksen ja Kioton pöytäkirjan tiedot lasketaan ja raportoidaan erikseen (taulukko 2). Laskentamenetelmän tulee tuottaa tiedot koko aikasarjalle vuodesta 1990 alkaen. Ilmastopimuksen lähtötiedot (tuotanto, vienti) raportoidaan kuitenkin siitä vuodesta lähtien, jolloin tuotanto- ja vientitiedot on saatavilla.

Taulukko 2. Ilmastopimuksen ja Kioton pöytäkirjan alla raportoitavat tiedot puutuotteiden tuotantoon perustuvassa laskentalähestymistavassa.

Raportointi	Luokka	Puutuoteryhmä	Muuttujat
Ilmastopimus	1. Kotimaassa tuotetut ja kulutetut puutuotteet	1. Kiinteät puutuotteet Sahatavara Puulevyt	Käytössä olevat kotimaan metsistä peräisin olevat puutuotteet: Tuleva hiili, t C
	2. Kotimaassa tuotetut ja vientiin menneet puutuotteet	2. Paperi ja kartonki 3. Muut puutuotteet	Poistuva hiili, t C Puoliintumisaika, v Vuosittainen muutos hiilivarastossa, kt C Nettopäästöt tai -poistumat käytössä olevista puutuotteista, kt CO ₂
	3. Puutuotteet kaatopaikoilla	Alaluokat, kuten ne on määritelty 2006 IPCC Guidelines - ohjeessa	Kotimaan metsistä peräisin olevat puutuotteet kaatopaikoilla: Tuleva hiili, t C Poistuva hiili, t C Puoliintumisaika, v Vuosittainen muutos hiilivarastossa, kt C Nettopäästöt tai -poistumat kaatopaikoille läjitetyistä puutuotteista, kt CO ₂
	4. Lähtötiedot 1961–	Sahatavara Puulevyt Paperi ja kartonki	Tuotanto, m ³ Vienti, m ³
5. Hiilenmuuntokertoimet	1. Kiinteät puutuotteet Sahatavara Puulevyt 2. Paperi ja kartonki 3. Muut puutuotteet		
Kioton pöytäkirja	1. FM-metsistä (erikseen kotimaassa kulutetut ja vientiin menneet)	1. Sahatavara 2. Puulevyt 3. Paperi ja kartonki	Hakkuut, m ³ tai kt C Puoliintumisaika, v Hiilivarasto vuoden alussa, kt C Muutos hiilivarastossa: Tuleva hiili, kt C Poistuva hiili, kt C Nettomuutos hiilivarastossa, kt C Nettopäästöt tai -poistumat, kt CO ₂
	2. AR-metsistä (erikseen kotimaassa kulutetut ja vientiin menneet)		
	3. Metsänhävitysaloilta (D) korjatut puut		Hakkuut, kg tai m ³
	4. Hakkuut muualta		

Kioton toisella kaudella LULUCF-sektorin (kasvihuonekaasuinventaarion sektori Maankäyttö, maankäytön muutokset ja metsätalous, *Land Use, Land-Use Change and Forestry*) vaikutus päästövähennysvelvoitteeseen lasketaan velvoitekauden lopussa (*accounting*). Metsänhoidon vaikutus lasketaan

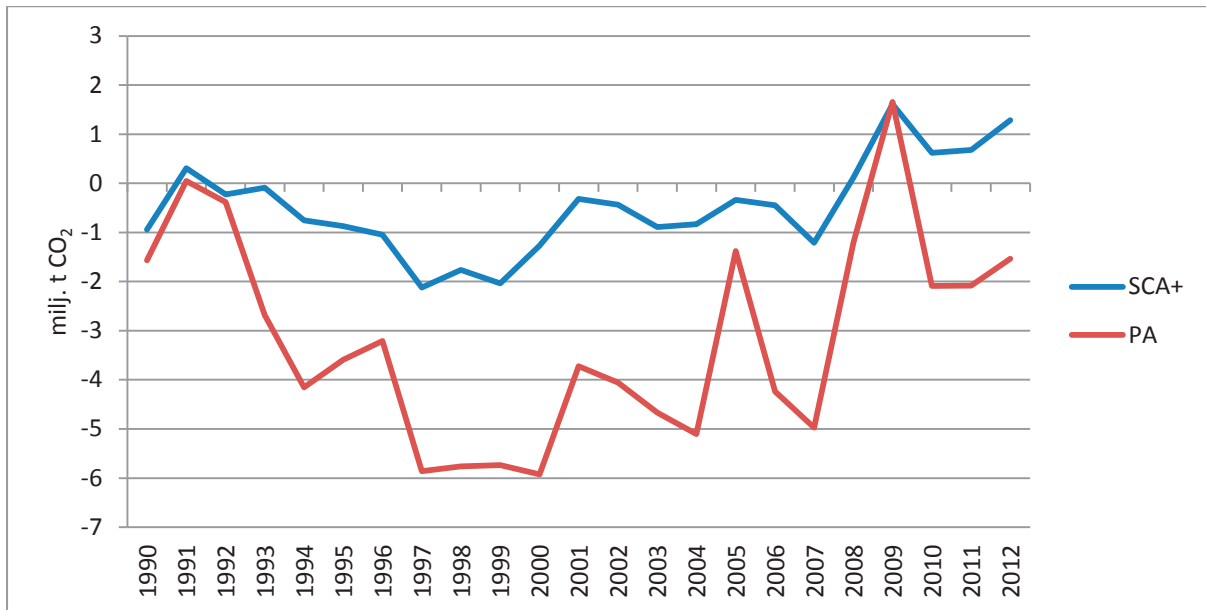
vertaamalla velvoitekaudelle raportoituja nettopäästöjä/-poistumia niin sanottuun **metsänhoidon vertailutasoon** (*Forest Management Reference Level, FMRL*). Vertailutaso kuvaa metsänhoidon keskimääräistä vuotuista nettopäästöä tai -poistumaa vuosina 2013–2020. Maiden metsänhoidon vertailutasot päätettiin Durbanin osapuolikokouksessa ja ne on lueteltu kokouksen päätöksen 2/CMP.7 liitteessä (UNFCCC 2011). Vertailutasoja voi maalle olla kaksi, toinen ilman puutuotteita ja toinen puutuotteiden kanssa. Koska puutuotteiden laskentavasta sovittiin vasta samassa kokouksessa kuin päätettiin vertailutasot, on muun muassa Suomen vertailutasoa korjattava niin, että puutuotteiden laskenta vastaa sovittuja sääntöjä. Tästä seuraa, että puutuotteiden vaikutus tulee laskea uudelleen vuosille 2013–2020 ja korjata päätöksen FMRL:ää saadulla tuloksella. Korjauslaskennat ja niiden vaikutus vertailutasoon raportoidaan kansallisessa inventaarioraportissa (*National Inventory Report, NIR*).

1.2. Puutuotelaskennan historia

Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories (IPCC 1997) suositteli puutuotteiden sisällyttämistä kasvihuonekaasuinventaarioon vain siinä tapauksessa, että pitkäikäisten puutuotteiden varasto todistettavasti kasvaa. Muutoin oletettiin, ettei puutuotteisiin sitoutuneessa hiilivarastossa tapahdu muutosta. Hakkuista seurannut puustobiomassan muutos raportoitiin hakkuuvuonna eli niin sanotun välittömän päästön periaatteella. Maankäyttö, maankäytön muutokset ja metsätalous -sektorille (LULUCF) laaditussa ohjeessa (IPCC 2003) puutuotteiden hiilivaraston muutoksen laskentaan annettiin useita laskentalähestymistapoja. Menetelmäohje oli kuitenkin sijoitettu liitteeseen, mikä tarkoitti sitä, että puutuotteiden hiilivaraston raportointi oli maille vapaaehtoista. IPCC katsoi, ettei se voinut antaa maita sitovaa raportointiohjeistusta, koska UNFCCC:n elimissä ei ollut tehty asiasta päätöstä (IPCC 2003, Luku 1, s. 1.9 ja 1.11). UNFCCC:n tieteellinen elin kuitenkin suositteli vuosina 2006 ja 2007 maita raportoimaan puutuotteista aiheutuvat hiilivaraston muutokset, vaikka yhteistä linjaa käytettävästä menetelmästä ei vielä ollut (UNFCCC 2006, kohta 68, UNFCCC 2007, kohdat 59–61).

Seuraavassa IPCC-ohjeessa vuodelta 2006 (IPCC 2006) puutuotteiden laskentamenetelmät liitettiin osaksi varsinaista ohjetta, mutta eri laskentalähestymistavat esiteltiin edelleen liitteessä. Vuoden 2015 inventaariolähetysissä otettiin käyttöön *2006 IPCC Guidelines*-ohje sekä ilmastosopimuksen että Kioton pöytäkirjan raportoinneissa (IPCC 2006, UNFCCC 2013a, b).

Suomi raportoi puutuotteisiin sitoutuneen hiilivaraston muutokset ensimmäisen kerran vuoden 2008 kasvihuonekaasuinventaariossa. Ilmastosopimuksen raportointiin liittyvä laskenta perustui *varaston muutos* -laskentalähestymistapaan (SCA) ja se käsitti Suomessa käytössä olevat massiivipuutuotteet (sahatavara, puulevyt, pitkäikäinen pyöreä puutavara) ja paperituotteet (paperi, kartonki). Kaatopaikoilla olevien tuotteiden varaston muutosta ei arvioitu, vaan varaston oletettiin pysyvän samansuuruisena vuodesta toiseen. Kasvihuonekaasujen päästöjen ja poistumien laskennassa käytettiin ensimmäisen asteen hajotusfunktioita ja puutuoteinventaarioissa kerättyjä puutuotevarantotietoja vuosilta 1995, 2000 ja 2005. Massiivipuutuotteille käytettiin puutuoteinventarioiden tietoihin perustuvia ajan suhteen muuttuvia kansallisia puoliintumisaikoja (aika, jossa tuoteryhmän hiilivarasto puolittuu). Kiinteille puutuotteille (sahatavara ja puulevyt) puoliintumisaika vuosina 1900–1995 oli 14,8 vuotta, 1995–2000 16,0 vuotta ja vuodesta 2000 eteenpäin 10,5 vuotta. Paperituotteille käytettiin IPCC:n kahden vuoden oletuspuoliintumisaikaa. Suomen oloihin soveltuvaa menetelmää käytettiin vuoteen 2014 asti (Statistics Finland 2008). Vuodesta 2015 alkaen siirryttiin tuotantoperusteiseen laskentalähestymistapaan (PA), jotta laskenta saatiin mahdollisimman yhdenmukaiseksi Kioton pöytäkirjan laskennan kanssa. Laskentakehyksen vaihtuminen vaikuttaa puutuotteisiin varastoituneen hiilen määrän muutoksiin (kuva 2), koska tuotantoperusteisessa laskennassa (PA) ovat mukana vientituotteet, mutta ei tuontia ja varastonmuutosmenetelmässä (SCA+) on mukana tuonti, mutta ei vientiä.



Kuva 2. Ilmastopimuksen raportoinnissa vuosina 2008–2012 käytetyllä kansallisella varaston muutos - laskentalähestymistavalla (SCA+) laskettu kotimaassa käytössä olevien (kotimainen tuotanto ja tuonti) puutuotteiden hiilivaraston muutos vuosina 1990–2012 (Statistics Finland 2014) verrattuna vuoden 2015 lähetyksestä alkaen käytettyyn tuotantoon perustuvaan laskentalähestymistapaan (PA), johon sisältyvät kotimaassa valmistetut kotimaassa käytössä olevat ja vientiin menneet tuotteet. Molemmat laskennat sisältävät sahatavaran, puulevyt, paperin ja kartongin. Positiiviset (+) arvot ovat päästöä ja negatiiviset (-) poistumaa eli negatiiviset arvot kuvaavat puutuotteisiin sitoutuvaa hiilen määrää.

1.3. Tutkimuksen tavoitteet

Tämän tutkimuksen päätavoite oli kehittää puutuotelaskentamenetelmä, jolla voidaan tuottaa estimaatit Suomen kasvihuonekaasujen inventaarioraportointiin. Laskentamenetelmän kehittämiseen kuului varsinaisen päästölaskentamenetelmän lisäksi lähtötietojen ja laskennassa käytettävien parametrien selvittäminen. Laskentamenetelmän oli perustuttava Kioton pöytäkirjan ja ilmastopimuksen osapuolikokousten päätöksiin. Lisäksi tavoitteena oli selvittää laskentamenetelmään liittyvä epävarmuus.

Kioton pöytäkirjan laskennassa puutuotteiden alkuperän selvittäminen oli yksi tärkeimmistä tavoitteista. Alkuperällä tarkoitetaan tässä tapauksessa sitä, ovatko puutuotteisiin käytetyt puut peräisin metsistä (metsänhoito, metsitys), metsästä muuhun käyttöön siirtyneiltä alueilta (metsänhävitys) vai näiden kolmen alkuperäluokan ulkopuolisilta alueilta Suomessa. Tämän vuoksi tavoitteena oli arvioida vuodesta 1990 alkaen Suomen vuotuiset hakkuupoistumat kussakin luokassa erikseen. Lisäksi tavoitteena oli laskea Kioton pöytäkirjan laskentavaihtoehtojen mukaiset korjaukset metsänhoidon vertailutasoon.

Tutkimuksen tulokset antavat tietoa siitä, kuinka puutuotteet on tarkoituksenmukaisinta laskea Suomen kasvihuonekaasuinventaariossa ottaen huomioon ilmastopimuksen ja Kioton pöytäkirjan osapuolikokousten päätösten ja raportointiohjeiden asettamat vaatimukset sekä laskentaan ja raportointiin käytettävissä olevat resurssit.

2. Aineisto ja menetelmät

2.1. Hakkuupoistumat

2.1.1. Metsitys- ja metsänhävitysosalat

Aineistona olivat valtakunnan metsien inventoinnin (VMI) pysyvät koealat ja päivitetyt kertakoealat (taulukko 3). Pysyviä koealoja on mitattu Pohjois-Suomessa vuodesta 1992 (VMI8) ja Etelä-Suomessa vuodesta 1996 (VMI9) alkaen (Tomppo ym. 2011).

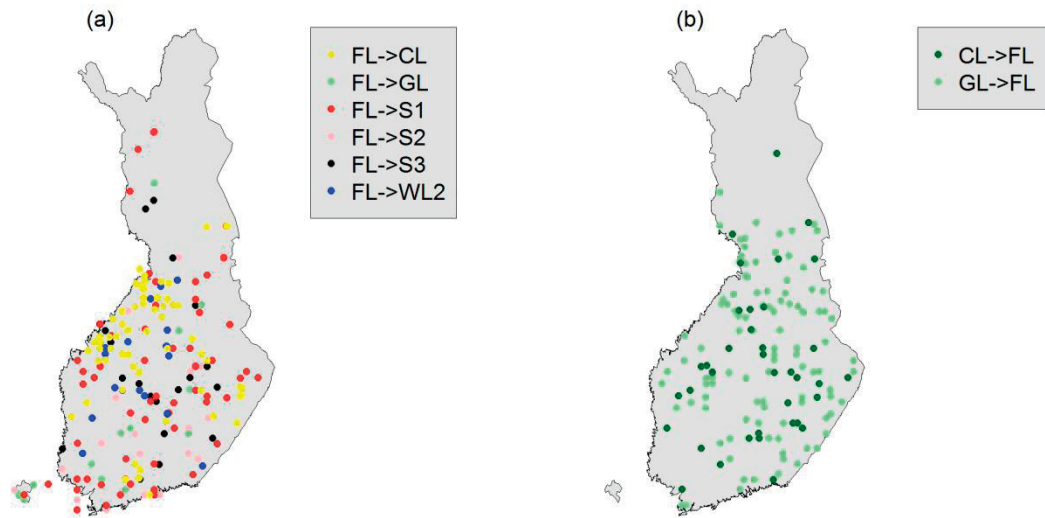
Maankäyttöä ja sen muutoksia seurataan kaikilla pysyvillä koealoilla. Metsä- ja kitumaan ulkopuolisen maankäytön puumittauksissa, joita tarvitaan puuston kasvun ja poistuman seurannassa, on eri inventoinneissa ollut erilaisia käytäntöjä. VMI11:n aikana mitattiin myös muiden maankäyttöluokien kuin metsä- ja kitumaan puut (Metsäntutkimuslaitos 2011).

Taulukko 3. VMI:n kertakoealojen ja pysyvien koealojen lukumäärät VMI11:ssä.

IPCC-luokka suomenkielinen nimi	englanninkielinen nimi ja lyhenne	Koealakeskipisteet	
		pysyvät	kerta
Metsämaa	Forest land (FL)	12 100	40 890
Viljelysmaa	Cropland (CL)	1 631	5 696
Ruohikkoalueet	Grassland (GL)	186	593
Kosteikot	Wetlands (WL)	1 048	3 357
Rakennettu maa	Settlements (S)	925	3 123
Muu maa	Other land (OL)	172	737
Yhteensä		16 062	54 396
Osuus kaikista koealoista		23 %	

Tässä työssä käytettiin Etelä-Suomessa VMI9, VMI10, VMI11 ja VMI12 (vuodet 2014 ja 2015) pysyvien koealojen mittauksia. Pohjois-Suomesta mukana olivat myös VMI8:n mittaukset (Metsäntutkimuslaitos 1992). Kaikkien VMI11 (2009–2013) kertakoealojen IPCC-maankäyttöluokka on päivitetty vuoteen 2013 KHK-inventaariohankkeessa (Statistics Finland 2016). Näitä koealoja käytettiin pysyvien koealojen lisäksi puuston poistumien laskennassa. VMI11 aineisto on vielä melko tuore ja muutoksia on sen vuoksi vähän, joten sen lisäksi päivitettiin VMI10:n vuoden 2005 maasto-otoksen koealojen maankäyttö Maanmittauslaitoksen karttapaikan ilmakuvia käyttäen. Tulosten laskentavaiheessa huomattiin, että pysyvien koealojen aineistossa useimmissa IPCC-muutosluokissa koealoille jää puustoa. Vain pellonraivaukset ja soiden siirtyminen turvetuotantoon olivat muutoksia, joissa koko puusto poistuu. Koska päivitetuille kertakoealoille ei käytettävissä olleilla resursseilla pystynyt arvioimaan maankäytön muutoksen jälkeen jäävää puustoa, päivitetystä koealoista käytettiin vain niitä, jotka olivat muuttuneet pelloiksi (IPCC-luokka CL) tai turvetuotantoon (WL tarkenne 2).

Metsänhävitysalojen keskipisteiden sijainnit ja lukumäärät ositteissa on esitetty kuvassa 3a. Kuvassa 3b on esitetty vuonna 1990 ja sen jälkeen metsitettyjen ja metsittyneiden maatalousmaiden (*Cropland* ja *Grassland*) alueellinen jakauma.



Kuva 3. Metsänhävitysalojen poistuman laskennassa käytetyt pysyvät koalakeskipisteet ja laskentaositteet (a) ja maatalousmaasta siirtyneet metsitysosalat (b). FL = metsämaa, CL = viljelysmaa, GL = ruohikkoalue, WL2 = turvetuotantoalue, S1 = rakennettu maa (ei puustoa), S2 = rakennettu maa (puustoa), S3 = rakennettu maa (tiet, voimalinjat)

2.1.2. VMI-aineistojen esikäsittely

Pysyvien koalojen aineistosta tarkistettiin aluksi tuoreimman muutosarvion ja mittausaikasarjan yhteensopivuus. Eroja löytyi sekä IPCC-muutosluokituksesta että muutosten ajankohdista. Kirjausvirheiden poissulkemiseksi koalat tarkistettiin kartoista ja ilmakuvista. Jos virhettä ei löytynyt eikä ollut syytä olettaa, että koalalla oli tapahtunut useita muutoksia, IPCC-luokkana pidettiin tuoreinta arviota ja muutosajankohtana ensimmäistä muutoksen jälkeen tehtyä arviota.

Pysyvien koalojen esikäsittelyssä tarkistettiin myös muutosta edeltävät hakkuut. Jos koalalla oli maastossa kirjattu uudistushakkuu 10 vuoden sisällä ennen arvioitua muutosajankohtaa eikä maanmuokkauksesta tai metsänviljelystä ollut merkintää, muutosajankohdaksi katsottiin uudistushakkuun ajankohta ja poistumaksi hakkuussa poistunut puumäärä. Ne koalat, joissa tällainen uudistushakkuu ennen maaluokan muutosta oli tehty ennen pysyvien koalojen ensimmäistä mittausa, jätettiin pois poistuman laskennasta.

2.2. Hakkuukertymän ja poistuman laskentamenetelmä

2.2.1. Metsänhävitysosalat

Poistuneen puuston tilavuuden keskiarvo ($\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$) laskettiin koalojen puista erikseen tukki- ja kuitupuulle. Luonnonpoistumapuut poistettiin aineistosta. Laskentaa varten koalat ositettiin IPCC-muutosluokkien, niiden tarkenteiden ja koalan FRA-luokan mukaan (ks. alla). Osituksella pyrittiin jakamaan aineisto poistuman suhteen homogeenisiin luokkiin, koska erityyppisissä muutoksissa esimerkiksi jäävän puuston osuus on erilainen ja erityyppiset muutokset kohdentuvat erilaisiin metsiin. Maankäytön muutoksille käytettiin LULUCF-sektorin kasvihuonekaasuinventaarion luokitusta (Statistics Finland 2016): metsämaa (*Forest land*, FL) viljelysmaa (*Cropland*, CL), ruohikkomaa (*Grassland*, GL), kosteikkoihin luettavat turvetuotantoalueet (*Wetlands*, WL2) ja rakennettu maa (*Settlements*, S). Rakennettu maa jaettiin kolmeen alaluokkaan niiden uuden maankäyttömuodon mukaan. Puuttomia maankäyttömuotoja ovat tiet ja voimalinjat (S3), muut puuttomat (S1) ja puustoiset rakennetut maat

(S2), joihin luetaan esimerkiksi puustoiset tontit. Maastossa on määritelty kullekin koealakuviolle kansainvälistä FAO:n metsävaraselvitystä varten niin sanottu FRA-luokka (1 = metsämaa, 2 = muu puustoinen maa, 3 = muu maa, 4 = muu maa, mutta puustoa). Tätä muuttujaa käytettiin hyväksi tunnistettaessa rakennetun maan puustoisia alueita (FRA-luokka 4). Metsänhävitysluokat olivat:

FL->CL	Forest land -> Cropland
FL->GL	Forest land -> Grassland
FL->WL2	Forest land -> Wetland, tarkenne 2 (turvetuotanto)
FL->S1	Forest land -> Settlements, FRA-luokka \neq 4, ei tie eikä sähkölinja
FL->S2	Forest land -> Settlements, FRA-luokka = 4
FL->S3	Forest land -> Settlements, FRA-luokka \neq 4, on tie tai sähkölinja

FRA-luokassa 4 (muu maa, mutta puustoa) puusto täyttää latvuspeittävyytensä ja/tai pituutensa puolesta metsän määritelmän. Luokkaan kuuluvalla kuviolla on myös 0,5 ha:n minimipinta-alavaatimus ja sen leveyden on oltava vähintään 20 m. Myös luokissa S1 ja S3 voi siis olla vähäinen määrä puustoa, mutta ne eivät täytä em. ehtoja.

Puuston poistuman laskennassa puutavaralajien (tukki-, kuitu-, hukkapuu) tilavuudet päivitettiin mittausajankohdasta hakkuun ajankohtaan. Päivitys tehtiin lineaarisilla malleilla, joissa selitettävänä muuttujana oli (*puutavaralajin tilavuus poistumahetkellä - puutavaralajin tilavuus mittaushetkellä*)/*päivitysjakson pituus/puun poikkileikkauksen ala*. Selittäjinä olivat ko. puutavaralajin tilavuus mitaushetkellä (muunnos (tilavuus/puun poikkileikkauksen ala)), puulaji, puun läpimitta, puuluokka (VMI-muuttuja, joka jakaa puut erilaisiin tukki- ja kuitupuihin), latvuserros, kasvupaikkatyyppi, ojitustilanne, metsikön ikä, metsikön perustamistapa ja päivitysjakson pituus. Mallien parametrit estimoitiin erikseen mineraalimaille ja turvemaille VMI:n otanta-alueilla (6 aluetta). Estimoinnissa aineistona olivat pysyvien alojen puut VMI9-, VMI10-, VMI11- ja VMI12-aineistoissa. Parametriestimaatit ja ennusteet laskettiin SAS-ohjelmalla MIXED. Osa puista oli mitattu tai poistunut kesken kasvukauden. Näille puille arvioitiin mittaus- ja poistuma-ajankohdan perusteella kuinka suuri osa vajaan kasvukauden kasvusta oli kertynyt mittauksen jälkeen tai ennen hakkuuta (Henttonen ym. 2009). Koska tarkat poistuma-ajankohdat eivät ole tiedossa, poistuma jaettiin kuukausille tilastoitujen markkinahakkuiden jakauman perusteella (stat.luke.fi, Teollisuuspuun hakkuut kuukausittain).

Keskimääräinen hakkuupoistuma ($\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$) ositteille laskettiin erikseen Etelä- ja Pohjois-Suomelle ositteen koealojen keskiarvona. Keskiarvojen laskennassa ei pyritty vuositason arvioihin. KHK-inventaariosta (Statistics Finland 2016) saatiin vuotuiset pinta-alat (ha) samoille ositteille. Vuotuiset kokonaispoistumat (m^3) arvioitiin keskimääräisten hakkuupoistumien ja vuotuisten pinta-alojen tulona.

2.2.2. Metsitysaloit

Tavoitteena oli laskea vuonna 1990 ja sen jälkeen metsitettyjen tai metsittyneiden alojen poistumat puutavaralajeittain. Nämä alueet ovat suurelta osin vasta saavuttamassa sen kehitysvaiheen, jossa niillä tehdään hakkuuta ja saadaan hakkuukertymää. Samanlainen laskentamenetelmä, jota käytettiin metsänhävitysaloilla, ei siis tullut kyseeseen, koska se olisi aliarvioinut viime vuosien hakkuukertymiä ja poistumia.

Metsitysaloilta laskettiin vuodesta 2005 alkaen sekä vuotuiset hakkuupinta-alat että vuotuiset poistumat puulajeittain ja puutavaralajeittain pelkästään pysyvien koealojen aineistosta. Puiden puutavaralajittaiset tilavuudet päivitettiin mittausajankohdasta hakkuuajankohtaan malleilla (luku 2.1.2).

2.3. Puutuotteiden kohdentaminen Kioton pöytäkirjan aktiviteeteille

Aktiviteettiluokista FM, AR tai D tulleen tukki- ja kuitupuun määrät on jaettu eri puutuoteryhmien kesken samassa suhteessa kuin kussakin puutuoteryhmässä on käytetty tukki- ja kuituraakapuuta kaikkien puutuoteryhmien käyttämästä kuitu- ja tukkipuusta. Ensin tukki- ja kuitupuun poistuma (m³) aktiviteettiluokissa AR ja D laskettiin VMI-aineistosta (ks. luvut 2.1 ja 2.2). AR-luokkaan laskettiin vuosittaiset puuston poistumatiedot, mutta D-luokkaan kuuluvalla raakapuulle laskettiin keskimääräiset poistumat vuosilta 1992–2015, ja nämä määrät kerrottiin ko. aktiviteettiluokan vuosittaisilla pinta-aloilla. Näistä tilavuuksista laskettiin varsinaisen ainespuun osuus eli energiaksi menevän tukki- ja kuitupuun osuus vähennettiin AR ja D-aloilta tulleesta puumäärästä Luonnonvarakeskuksen hakkuukertymä-, aines- ja energiapuutilastojen avulla (Metsätilastollinen vuosikirja 2014, taulukko 4).

Taulukko 4. Ainespuuksi käytettyjen puiden määrät vuonna 2014 aktiviteettiluokissa FM, AR ja D.

Aktiviteettiluokka	Tukkipuu	Kuitupuun	Yhteensä
	m ³		
FM	-	-	55 900 000 ^a
AR	0	206 012 ^b	206 012
D	316 617	712 633	1 029 250

^a Metsätilastollinen vuosikirja 2014

^b 27 445 m³ ainespuuksi käytettyä tukkipuuta luettiin kuitupuuksi ja ohjattiin puumassoille

Kunkin puutuoteryhmän (sahatavara, viilu ja vaneri, lastulevyt, kuitulevyt, mekaaninen ja puoli-kemiallinen puumassa, kemiallinen puumassa) käyttämä tukkipuun määrä (m³) jaettiin kaikkien puutuoteryhmien käyttämän tukkipuun määrällä (Metsätilastollinen vuosikirja 2014), jotta saatiin selville kunkin puutuoteryhmän osuudet em. ryhmien tukkipuun kokonaiskäyttömäärästä. Vastaavasti laskettiin kuitupuunkäyttöosuudet. Vuonna 2014 lastu- ja kuitulevyille käytettiin keskimääräisiä puumääriä vuosilta 2009–2013, sillä tietoa vuodelle 2014 ei ollut saatavilla. Puutuoteryhmien puunkäyttöosuuksien avulla laskettiin erikseen tukki- ja kuitupuun käyttömäärä (m³) kussakin puutuoteryhmässä, aktiviteettiluokissa AR ja D. Kullekin puutuoteryhmälle laskettiin tukki- ja kuitupuun määrät (m³) yhteensä luokissa AR ja D, ja tämä määrä jaettiin ko. puutuoteryhmän käyttämän tukki- ja kuitupuun kokonaismäärällä, jotta saatiin puunkäyttöosuudet aktiviteettiluokissa AR ja D. Aktiviteettiluokan FM osuus saatiin vähentämällä AR:n ja D:n osuus luvusta 1. Aktiviteettiluokkien AR ja FM osuuksia käytettiin laskettaessa puutuotteiden tuotanto- ja vientimääriä näissä luokissa.

Laskentakaava aktiviteettiluokkien AR ja D osuudelle puutuoteryhmien tuotannosta tai viennistä:

$$f_j(i) = \left[\frac{HAKKUUT_j(i)}{HAKKUUT_{TOT}(i)} \right]$$

jossa $f_j(i)$ = aktiviteettiluokan AR tai D osuus puutuoteryhmän tukki- ja kuitupuun käytöstä vuonna i , $HAKKUUT_j(i)$ = puutuoteryhmän tukki- ja kuitupuun käyttömäärä aktiviteettiluokassa AR tai D vuonna i , m³ v⁻¹, $HAKKUUT_{TOT}(i)$ = puutuoteryhmän tukki- ja kuitupuun käyttömäärä yhteensä vuonna i , m³ v⁻¹.

Laskentakaava aktiviteettiluokan FM:n osuudelle:

$$\left[\frac{HAKKUUT_{FM}(i)}{HAKKUUT_{TOT}(i)} \right] = 1 - \left[\frac{HAKKUUT_{AR}(i) + HAKKUUT_D(i)}{HAKKUUT_{TOT}(i)} \right]$$

Vuosittainen kotimaisen puutuotteen kotimaisen kulutuksen määrä (m^3 tai $Mt v^{-1}$) kussakin aktiviteettiluokassa (AR, D, FM) laskettiin seuraavasti:

$$HWP_j(i) = HWP_{DPDC}(i) \times f_j(i)$$

jossa $HWP_j(i)$ = kotimaan puusta tuotetun ja kotimaassa käytetyn puutuotteen määrä aktiviteettiluokassa (AR, D tai FM) vuonna i , m^3 tai $t v^{-1}$, $HWP_{DPDC}(i)$ = kotimaisesta puusta valmistetun puutuotteen kotimaisen kulutuksen määrä vuonna i , m^3 tai $t v^{-1}$, $f_j(i)$ = aktiviteettiluokan osuus ainespuun määrästä (AR, D tai FM) vuonna i .

Vastaavalla tavalla laskettiin kotimaan puusta tehty, mutta vientiin mennyt määrä kussakin aktiviteettiluokassa.

2.4. Puutuoteaineistot

2.4.1. Tuotanto- ja vientitilastot

Laskennassa käytettiin FAOSTAT:n puutuotteita koskevia tuotanto- ja vientitilastoja vuodesta 1961 lähtien (FAOSTAT 2015). Vuosille 1900–1960 aineisto koottiin pääosin Suomen tilastollisista vuosikirjoista (1900–2014) ja Metsätilastoista (1902–1961, taulukko 5). Myös muita lähteitä on käytetty, jotta aikasarjoista on saatu mahdollisimman täydelliset (Metsätilastollinen vuosikirja 1971, Kuisma 1993, Kunnas 1973, Osara ym. 1948, Wallden 1980).

FAOSTAT:n aineisto vuosilta 1961–2014 vastasi pääosin suomalaisia tuotanto- ja vientitilastoja (Metsätilastot 1961–2014). Suomalaisissa tilastoissa kuitulevyjen vienti on kuitenkin raportoitu tonneina (t) ja FAOSTAT:n kuutiometreinä (m^3), joten aineiston vertaamista ei voitu tältä osin tehdä. Lisäksi, joitain poikkeamia esiintyi FAOSTAT:n ja Suomen tilastojen välillä sahatavara- sekä paperi ja kartonkiaineiston osalta. Erot olivat kuitenkin vähäisiä, joten laskennassa käytettiin FAOSTAT:n tilastoja. FAOSTAT:n tietokanta on helppokäyttöinen ja lisäksi tiedot ovat muiden maiden kanssa vertailukelpoisia.

Vuodesta 1955 eteenpäin suomalaisissa sahatavaratilastoissa on mukana sekä sahateollisuuden että piensahojen tuottama sahatavara (Metsätilastollinen vuosikirja 2014), mutta vuosina 1900–1954 vain sahateollisuuden tuotanto. Tälle ajanjaksolle sahatavaratilastoa on täydennetty kotitarvesahojen tuotantoluvuilla (teollisuussahojen ulkopuolinen puu maaseutuväestön sahaamana). Koska suoranaista tietoa piensahojen sahatavaratuotannosta vuosina 1900–1954 ei ollut saatavilla, tehtiin korjaus sahatavaratilastoon vuosien 1927, 1938 ja 1955 puunkäyttötutkimuksiin perustuen (Osara ym. 1948, Pöntynen 1962, Saari 1934). Vaikka maaseudun kotitarvepuun käyttö on vaihdellut vuosittain, ovat muutokset olleet pieniä vanhoilla maatiloilla (noin 89 % maatiloista vuosina 1950 ja 1955). Puun käytön voidaan siten olettaa olleen suhteellisen tasaista vuodesta toiseen (Pöntynen 1962). Sodanjälkeinen asutustoiminta ja uusien maatilojen perustaminen (noin 11 % aineistosta) kuitenkin lisäsi maaseutuväestön puun käyttöä. Liitteessä 1 on tarkempi kuvaus siitä kuinka puunkäyttötutkimuksia käytettiin.

Taulukko 5. Suomessa vuosina 1900–2014 valmistetut puutuotteet ja niiden valmistusvuodet sekä FAOSTAT:n tilastoissa kyseisille tuotteille käytössä olevat identifiointitunnisteet (FAOSTAT-ID).

Puutuoteryhmä	Tuotantovuodet	FAOSTAT-ID
Sahatavara	1900–2014	1872
Puulevyt		
vaneri	1912–2014	1640
viilu	1962–2014	1634
lastulevyt	1956–2014	1646
kuitulevyt^a		1649
HDF	1938–2014	1647
MDF	1938–2000	1648
LDF	1938–2014	1650
Paperi ja kartonki	1900–2014	1876
Puumassat		
mekaaniset	1900–2014	1654
puolikemialliset	1955–2014	1655
kemialliset	1900–2014	1656
Muut puutuotteet^b	1900–2014	1871

^a HDF = kovat kuitulevyt, MDF = puolikovat kuitulevyt, LDF = eristelevyt

^b Muuta teollisuuden käyttämää raakapuuta on käytetty mm. pylvästuotantoon vuoteen 2014 asti, vaikka sen virallinen tuotannon tilastointi on lopetettu Suomessa vuoteen 1996 ja viennin tilastointi vuoteen 1989

Vanhoissa tilastoissa vuosina 1900–1960 viilu ja vaneri on raportoitu yhtenä luokkana. Koska viilun tuotanto ja vienti olivat FAOSTAT:n tilaston mukaan vähäistä vuodesta 1961 alkaen, vuosien 1900–1960 tilastoissa esiintyvät tuotanto- ja vientimäärät puutuoteryhmälle ”viilu ja vaneri” on käsitelty laskennassa vanerina. Vanerin tuotantomäärät puuttuivat vuosina 1912–1925, joten tuotantomäärät laskettiin vanerin valmistamiseen käytettyjen raakapuumäärien avulla. Raakapuun määrä kerrottiin luvulla 0,377, joka on keskimääräinen muutokerroin raakapuusta vaneriksi vuosien 1980–2014 aineistosta laskettuna. Näiltä vuosilta molemmat tiedot olivat saatavissa. Vuosina 1938–1960 kuitulevyjen tuotantomäärät on tilastoitu yhtenä luokkana. Laskennallisesti luokka jaettiin puristetuihin kuitulevyihin (kovat ja puolikovat kuitulevyt eli HDF ja MDF, yhteensä 56 %) ja eristelevyihin (44 %) laskemalla suhdeluvut FAOSTAT:n vuosien 1961–1981 tilastoista. Vastaavalla tavalla laskettiin puristettujen vientiin menneiden kuitulevyjen (64 %) ja eristelevyjen osuudet (36 %) kuitulevyjen kokonaisviennistä käyttämällä tilastotietoja vuosilta 1961–1981. Puristetut kuitulevyt on jaettu edelleen kahteen luokkaan ja tilastoitu kovina (HDF) ja puolikovina kuitulevyinä (MDF) vuodesta 1995 lähtien.

Paperin ja kartongin hiilivarastomuutokset laskettiin puumassojen avulla. Jotta mekaanisten massojen tuotantomäärä saatiin selville vuosille 1900–1907, mekaanisten massojen osuus tilastoidusta tuotekombinaatiosta ”mekaaniset massat ja kartonki” (65 %) laskettiin vuosille 1913–1916, jolloin tiedot sekä mekaanisten massojen että kartongin tuotannosta olivat saatavissa. Vastaavalla tavalla laskettiin kartongin osuus ja tuotantomäärä tuotekombinaatiosta ”mekaaniset massat ja kartonki” (35 %) vuosille 1900–1911. Loput, yksittäiset puuttuvat arvot vanhoissa puutuotetilastoissa (10 tapausta) täydennettiin laskemalla keskiarvo puuttuvaa arvoa edeltävästä ja sen jälkeen esiintyvistä luvusta. Vuosien 1900–1943 puutuotteiden tuotanto- ja vientimäärät on korjattu vastaamaan Suomen nykyistä aluetta samassa suhteessa kuin puuston kokonaistilavuus olisi ollut nykyisen Suomen valtion rajojen sisäpuolella ko. ajankohtana. Siten tuotanto- ja vientimäärät on kerrottu luvulla (0,861).

Ilmastopimuksen laskentaan mukaan tulevalle *muut puutuotteet*-luokalle käytettiin vuosille 1961–2014 FAOSTAT:n tilastoa. Vuosille 1900–1960 tuonti ja vienti estimoitiin IPCC -ohjeen (IPCC 2006, Volume 4, s. 12.18) mukaisesti kaavalla:

$$V_t = V_{1961} \times e^{U(t-1961)}$$

jossa V_t on *muut puutuotteet*-luokan vuosittainen tuotanto tai vienti vuonna t (kt C v⁻¹), t on vuosi, V_{1961} on *muut puutuotteet*-luokan tuotanto tai vienti vuonna 1961 (kt C v⁻¹), ja $U = 0,0151$ on estimoitu teollisuuden raakapuun kulutuksen muutosnopeusvakio Suomessa vuosina 1900–1961 (v⁻¹).

Vanhoissa tilastoissa esiintyvät, aiemmin käytössä olleet mittayksiköt muutettiin FAOSTAT:n mittayksiköitä vastaaviksi seuraavasti:

- Sahatavaran vanha mittayksikkö standartti muutettiin kuutiometreiksi, Pietarin standartti = 4,672 m³ (Forsman ym. 1925–1928).
- Vaneritonneista (t) päästiin kuutiometreihin (m³) kertomalla tonnit luvulla 1,506, joka on keskimääräinen muuntokerroin vuosille 1939–1956, jolloin oli saatavilla sekä tonnit että kuutiometrit.
- Kuitulevyt muunnettiin tonneista (t) kuutiometreiksi (m³) kertomalla tonnit luvulla 1,606, joka on keskimääräinen muuntokerroin vuosille 1964–2011, jolloin tiedot sekä tonneista että kuutiometreistä olivat saatavilla.
- Vanhoissa tilastoissa raportoidut määrät puumassat (45 % puumassaa ja 55 % vettä, Castrén ym. 1915) muutettiin ilmakuivaksi puumassaksi (90 % puumassaa ja 10 % vettä) kertomalla märkä massa luvulla 0,495. Ensin märkämassa kerrottiin luvulla 0,45, jotta saatiin kuiva massa, ja sen jälkeen 10 %:n vesipitoisuus lisättiin kertomalla tämä luvulla 1,1.

2.4.2. Puunkäyttötilastot

Kotimaisuusasteet sahatavaralle, puulevyille ja puumassoille laskettiin puutuoteteollisuuden puunkäyttötilastoista (Metsäntutkimuslaitos 2016, Metsätilastollinen vuosikirja 1971, 2001, 2014, Osara ym. 1948, Pöntynen 1962, Suomen tilastollinen vuosikirja 1900–2014). Kotimaisuusastetta lastu- ja kuitulevyille ei ollut saatavissa vuosille 2012–2014, ja siksi keskiarvoa edeltäviltä viideltä vuodelta käytettiin näinä vuosina laskennassa. Lastu- ja kuitulevyjen sekä puumassojen valmistamisessa käytetyn kotimaisen teollisuuden tuottaman jätteen määrää laskettiin sahatavaran, viulun ja vanerin valmistamiseen käytetyn puutavaran kotimaisuusasteen avulla, sillä jätteenpää syntyy sahatavara-, viilu- ja vaneriteollisuuden tuotantoprosesseissa (Metsätilastollinen vuosikirja 2014, s. 242). Kierrätyspaperia ei ole huomioitu puumassojen kotimaisuusasteiden laskennassa, sillä tilastoissa ei ole tietoa kierrätyspaperin alkuperästä.

Sahatavaralle, viilulle ja vanerille on selvitetty, minkä verran eri puulajeja (mänty, kuusi, koivu) on käytetty niiden valmistamiseen (Metsäntutkimuslaitos 2016, Metsätilastollinen vuosikirja 1971, 2001, 2014, Osara ym. 1948, Pöntynen 1962, Suomen tilastollinen vuosikirja 1900–2014). Sahatavaraan käytetyn puuraaka-aineen puulajiosuudet perustuvat teollisuuden puunkäyttötilastoihin, sillä maaseutuväestön sahaukseen käyttämistä puulajeista ja niiden määristä ei ole saatavilla luotettavaa tietoa. Sahatavaran osalta puulajiosuudet puuttuivat vanhoista tilastoista vuosina 1900–1924, ja siksi tällöin käytettiin keskimääräisiä puulajiosuuksia männylle, kuuselle ja koivulle vuosina 1925–1929. Koska tilastotietoa ei ollut saatavissa, vuosina 1912–1954 viulun ja vanerin puulajisuhteina käytettiin keskimääräisiä puulajiosuuksia vuosilta 1955–1960 (lehtipuut 99 %, havupuut 1 %). Kotimaisuusasteiden ja puulajisuhteiden laskennassa raakapuumäärät on muutettu vastaamaan toisiaan eli kuoretomat puumäärät on muutettu tarvittaessa kuorellisiksi käyttämällä eri puulajeille soveltuvia muun- tokertoimia (Metsätilastollinen vuosikirja 2014, s. 24)

2.5. Laskennan vaiheet

2.5.1. Muuntokertoimet

Eri puutuoteryhmien tuotantomäärät muunnettiin hilleksi käyttäen kuiva-ilmakuivatiheyksiin perustuvia hiilenmuuntokertoimia. Kuiva-ilmakuivatiheysarvot (kuivamassa per ilmakeiva tilavuus), $r_{0,u}$ (kg m^{-3}) laskettiin suomalaisen sahatavaran ja viulun valmistuksessa käytetyille mänty-, kuusi- ja koivu- puulle puulajien kuiva-tuoretiheyksistä (kuivamassa per tuoretilavuus, taulukko 6) Kärkkäisen (2007) kaavalla (muokattu Kärkkäisen kaavasta 8.13, s. 140):

$$r_{0,u} = m_0/V_u = 100Ru_f / (100u_f - b_v(u_f - u))$$

jossa m_0 on kuivamassa (kg), V_u ilmakeivatilavuus kosteuspuiteisuudessa 12 % (m^3), R kuiva-tuoretiheys eli kuivamassa tuoreen puun tilavuutta kohti (kg m^{-3}), u_f saturaatiopiste (%) (piste, jossa puuaineen tilavuus ei enää kasva vaikka kosteussuhde kasvaa), b_v puun tilavuuden kutistuminen tuoreesta kuivaksi (%) ($b_v = u_f d_r = u_f (R/1000)$, missä d_r on suhteellinen puuaineen kuivamassa per tuoretilavuus (kg m^{-3}) / 1000 (kg m^{-3}) (ks. Kärkkäinen (2007) s. 193, kaava 9.15)), ja u ilmakeivan puuaineen kosteussuhde (12 %) (ks. Kärkkäinen 2007, s. 139, kaava 8.2).

Taulukko 6. Puun kuivamassa tuoretilavuutta kohti (kg m^{-3}), ja saturaatiopiste-arvot (%) männylle, kuuselle ja koivulle.

Puulaji	Tiheys (kg m^{-3}) (kuivamassa per tuoretilavuus) ^a	Saturaatiopiste (%) ^b
Mänty	403	28,1
Kuusi	380	29,3
Koivu	483	30,6

^a Hakkila (1979)

^b Koponen (1985)

Sahatavaran ja viulun valmistamiseen käytettyjen puulajien kuiva-ilmakuivatiheysarvot kerrottiin puulajien hiilipitoisuudella (Mäkinen ym. 2006), jolloin saatiin laskennassa tarvittavat hiilenmuuntokertoimet (taulukko 7). Hiilenmuuntokertoimet muille puutuoteryhmille saatiin kyseisten puutuotteiden ympäristöselosteista sekä puutuotteiden valmistajilta. IPCC:n (2006 ja 2014) antamia oletuskertoimia käytettiin MDF:n ja puumassojen hiilitaselaskennassa.

Taulukko 7. Puulajien tiheydet, hiilisisällöt ja hiilenmuuntokertoimet puutuoteryhmittäin.

Puutuoteryhmä	Tiheys Mg m ⁻³ (kuivamassa per ilmakuiva tilavuus)	Hiilen osuus	Hiilenmuuntokerroin Mg C m ⁻³ (ilmakuivalle tilavuudelle)
Sahatavara ja muut puutuotteet			
• mänty ^a	0,431	0,501	0,216
• kuusi ^a	0,407	0,501	0,204
• koivu ^a	0,531	0,496	0,263
Puulevyt			
Viilu			
• mänty ^a	0,431	0,501	0,216
• kuusi ^a	0,407	0,501	0,204
• koivu ^a	0,531	0,496	0,263
Vaneri			
• koivu ^b	0,660	0,485	0,320
• kuusi ^b	0,450	0,494	0,222
Lastulevy ^c	0,700	0,450	0,315
Kuitulevy			
• puristetut kuitulevyt ^d	0,925	0,491	0,454
• kovat kuitulevyt (HDF) ^e	0,940	0,495	0,465
• keskikovat kuitulevyt (MDF) ^f	0,691	0,427	0,295
• erityslevyt (LDF) ^b	0,300	0,495	0,149
	Mg Mg⁻¹		Mg C Mg⁻¹
	(kuivamassa per ilmakui- vamassa)		(ilmakuivalle massalle)
Puumassat ^g	0,9	0,5	0,450

^a Perustuu Kärkkäisen (2007) kaavoihin. Kuivamassa tuoretilavuutta kohti perustuu Hakkilan (1979), saturatioarvot Koposen (1985), kosteussuhde Kärkkäisen (2007), ja hiilen osuudet Mäkinen ym. (2006) julkaisuun.

^b Tuotteiden tiheydet on saatu ympäristöselosteista. Ne perustuvat ISO 14020 ja ISO 14040 standardeihin, ja ISO CD 21930 luonnoksen. Vanerin hiilipitoisuus perustuu MetsäWood:n ympäristöselosteisiin <http://www.metsawood.com/global/Tools/MaterialArchive/MaterialArchive/MetsaWood-Birch-Environmental-declaration.pdf> ja <http://www.metsawood.com/global/Tools/MaterialArchive/MaterialArchive/MetsaWood-Spruce-Environmental-declaration.pdf>

(luettu 25.11.2015), ja erityslevyjen Puuinfo Oy:n tietoihin. <http://www.woodproducts.fi/content/wood-fibre-board> (luettu 26.11.2015).

^c Koskisen Oy:ltä tiheys ja hiilipitoisuus (ainoa lastulevyjen tuottaja Suomessa).

<http://www.koskisen.fi/tuotteet/lastulevytuotteet/koskipan-vakiolastulevy> (katso KoskiPan (pdf), EN (English), luettu 25.11.2015). Nämä perustuvat seuraaviin sertifikaatteihin EN ISO 9001, EN ISO 14001, OHSAS 18001, PEFC ST 2002:2010 ja PEFC 2001:2008. Katso myös Puuinfo Oy. <http://www.woodproducts.fi/content/particle-board> (luettu 26.11.2015).

^d Muuntokerroin puristetuille kuitulevyille on laskettu HDF:n (94 %) ja MDF:n (6 %) suhteellisista osuuksista mikä vastaa HDF:n ja MDF:n tuotantoa vuosina 1995-2000 (ajanjakso, jolloin tietoa kummankin puutuoteryhmän tuotannosta oli saatavilla erikseen).

^e Suomen Kuitulevy Oy tiheydelle (ainoa kuitulevyjen tuottaja Suomessa). <http://www.kuitulevy.fi/en/buildingboards/lionstandard> (katso Technical properties, luettu 28.8.2015). Tämä perustuu standardiin EN 622-2. Hiilipitoisuus perustuu Puuinfo Oy:n tietoihin. <http://www.woodproducts.fi/content/wood-fibre-board> (luettu 26.11.2015).

^f Oletusarvot tiheydelle ja hiilipitoisuudelle (IPCC 2014, s. 2.122). MDF:n tuotannosta erillisenä puutuoteryhmänä on tietoa vain vuosilta 1995–2000.

^g Paperin ja kartongin valmistamiseen käytetyt puumassat (muuhun kuin paperin ja kartongin valmistamiseen käytetty liukosellu ei ole mukana laskennassa; sen osuus puumassoista on <0.4 %; arvo on keskiarvo vuosille 2000–2014, FAOSTAT 2015). IPCC (2006), s. 12.19, antamaa arvoa on käytetty paperin ja kartongin hiilitaseiden laskennassa.

2.5.2. Puutuotteiden puoliintumisajat

Puutuotteiden hiiliaselaskennassa käytettiin oletuspuoliintumisaikoja (aika, jossa tuoteryhmän hiilivara- rasto puolittuu). Sahatavaran oletuspuoliintumisaika on 35, puulevyjen 25, ja paperin ja kartongin 2 vuotta (UNFCCC 2011, IPCC 2014). Tuotannosta suurin osa menee vientiin, joten tässä vaiheessa ei läh- detty kehittämään kansallisia puoliintumisaikoja. Viime vuosina sahatavarasta on mennyt vientiin 63 %, puulevyistä 77 % ja paperista ja kartongista noin 90 % (FAOSTAT 2015). Kansallisia puoliintumisaikoja voitaisiin käyttää vain kotimaassa kulutetuille tuotteille.

2.5.3. Puutuotteiden hiilivaraston muutoksen laskentamenetelmä

Tässä tutkimuksessa sekä ilmastopimuksen että Kioton pöytäkirjan mukainen laskenta perustuu koti- maassa kotimaisesta puusta valmistettujen tuotteiden hiilivarastoissa tapahtuviin muutoksiin (*producti- on approach*, PA). Hiilivaraston muutosten laskentamenetelmä kuvaa puutuotevarastoihin tulevia ja niistä poistuvia hiilivirtoja (*flow data method*).

Käytössä olevien puutuotteiden hiilivarastot vuoden lopussa laskettiin puutuoteryhmittäin ensim- mäisen asteen hajotusfunktiolla (*first order decay function*, FOD) (IPCC 2014, s. 2.120):

$$C_{WP}(i+1) = e^{-k}C_{WP}(i) + \left[\frac{(1 - e^{-k})}{k} \right] \times Inflow_{WP}(i)$$

jossa i on vuosi, $C_{WP}(i)$ puutuoteryhmän WP hiilivarasto vuoden i alussa (kt C), k puutuoteryhmän WP hajoamisvakio vuotta kohden ($k = \frac{\ln(2)}{HL}$, jossa HL on ao. puutuoteryhmän varaston puoliintumisaika vuosina), ja $Inflow_{WP}(i)$ puutuoteryhmän WP hiilivarastoon vuoden i aikana tuleva hiilen määrä (kt C).

Puutuoteryhmän hiilivarastossa vuoden i aikana tapahtuva muutos $\Delta C_{WP}(i)$ (kt C) laskettiin vuoden loppu- ja alkutilanteen erotuksena (IPCC 2014, s. 2.120):

$$\Delta C_{WP}(i) = C_{WP}(i+1) - C_{WP}(i)$$

Puutuoteryhmän WP hiilivarastosta vuoden i aikana poistuva hiilen määrä $Outflow_{WP}(i)$ (kt C) saatiin siten kaavalla:

$$Outflow_{WP}(i) = Inflow_{WP}(i) - e^{-k}C_{WP}(i) - \left[\frac{(1 - e^{-k})}{k} \right] \times Inflow_{WP}(i) + C_{WP}(i)$$

Vuotuinen hiilivaraston muutos (kt C) muunnettiin hiilidioksidiksi (IPCC 2014, s. 2.122):

$$CO_{2\ WP}(i) = -44/12 \times \Delta C_{WP}(i)$$

jossa $CO_{2\ WP}(i)$ on vuonna i tapahtuva puutuoteryhmän WP päästö tai poistuma (kt CO_2 v^{-1}), ja $\Delta C_{WP}(i)$ vuonna i tapahtuva puutuoteryhmän WP hiilivaraston muutos (kt C).

Laskennat tehtiin erikseen kotimaassa käytössä oleville tuotteille ja vientituotteille puutuoteryhmit- täin. Kotimaan kulutuksen osuus laskettiin vähentämällä vientiin mennyt tuotanto kokonaistuotannosta:

$$WP_{DPDC}(i) = WP_{DP}(i) - WP_{DPEX}(i)$$

jossa $WP_{DPDC}(i)$ on kotimaisesta puusta kotimaassa valmistetun puutuoteryhmä WP :n kotimaan kulutus vuonna i (m^3 v^{-1}), $WP_{DP}(i)$ kotimaisesta puusta kotimaassa valmistetun puutuoteryhmä WP :n tuotanto vuonna i (m^3 v^{-1}), ja $WP_{DPEX}(i)$ kotimaisesta puusta kotimaassa valmistetun puutuoteryhmä WP :n vienti vuonna i (m^3 v^{-1}).

2.6. Laskentavaihtoehdot

IPCC suosittaa laskennan aloittamista vuodesta 1900. FAOSTAT:n tilastoimia tietoja puutuotteiden tuotannosta, viennistä ja tuonnista on kuitenkin saatavilla vasta vuodesta 1961 alkaen. Kioton pöytäkirjan mukainen laskenta on mahdollista aloittaa myös vuoden 1961 jälkeen. Aloitusvuoden vaikutuksen selvittämiseksi laskettiin tulokset useammalla aloitusvuosivaihtoehdolla.

Laskennat tehtiin seuraavilla aloitusvuosivaihtoehdoilla ilmastopimuksen laskentaan:

1. $C(1900) = 0$: aloitus vuonna 1900 käyttämällä Suomen tilastoista kerättyä aineistoa vuoteen 1960 asti ja sen jälkeen FAOSTAT:n tilastoa, hiilivarasto on oletettu nolaksi vuonna 1900
2. $C(1961) = Inflow_{aver}/k$: aloitus vuonna 1961 käyttämällä FAOSTAT:n tilastoa, aloittamalla laskenta hiilivaraston arvolla, joka on viiden ensimmäisen laskentavuoden keskiarvo, ja joka on jaettu ensimmäisen asteen hajotusfunktiossa käytetyllä kertoimella k (IPCC 2014, s. 2.121):

$$C(t_0) = Inflow_{aver}/k$$

jossa $Inflow_{aver} = (\sum_{i=t_0}^{t_4} Inflow(i)) / 5$, k = hajoamisvakio kullekin ryhmälle (HWP_j) (v^{-1}) ($k = \ln(2) / HL$, missä HL on puutuoteryhmän hiilivaraston puoliintumisaika vuosina) eli tämä kuvaa sitä, kuinka nopeasti hiili poistuu kyseisestä puutuoteryhmästä tietyssä vuonna (tuote ei enää käytössä).

Lisäksi Kioton pöytäkirjan laskennassa vaihtoehtoina FM-luokan laskennassa olivat:

3. $C(1961) = 0$: aloitus vuonna 1961 käyttämällä FAOSTAT:n tilastoa, aloittamalla laskenta hiilivaraston oletusarvosta nolla
4. $C(1990) = Inflow_{aver}/k$: aloitus vuonna 1990 käyttämällä FAOSTAT:n tilastoa, aloittamalla laskenta hiilivaraston arvolla, joka on viiden ensimmäisen laskentavuoden keskiarvo, ja joka on jaettu ensimmäisen asteen hajotusfunktiossa käytetyllä kertoimella k ($k = \ln(2) / HL$) (IPCC 2014, s. 2.121)
5. $C(1990) = 0$: aloitus vuonna 1990 käyttämällä FAOSTAT:n tilastoa, aloittamalla laskenta hiilivaraston oletusarvosta nolla
6. $C(2013) = 0$: aloitus vuonna 2013 käyttämällä FAOSTAT:n tilastoa, aloittamalla laskenta hiilivaraston oletusarvosta nolla.

Kioton sopimuksen laskennassa AR-luokan laskenta on aloitettu vuodesta 1990 hiilivaraston oletusarvosta nolla ($C(1990) = 0$).

Kioton pöytäkirjan laskennassa laskettiin hiilitaseet sahatavaralle, puulevyille sekä paperille ja kartongille. Puutuotteiden hiilitaseet laskettiin erikseen FM- ja AR-metsistä peräisin oleville tuotteille. Metsänhävitysaloilta peräisin oleva puumäärä laskettiin ja vähennettiin käytetystä kokonaispuumäärästä. Ennen vuotta 1990 kaikki puutuotteet katsottiin kohdistuvan FM-luokkaan. Vuodesta 1990 alkaen puutuotteita kerrytettiin myös metsitysaloilta (AR). Kioton pöytäkirjan ensimmäisellä kaudella 2008–2012 FM-metsistä hakattu puu laskettiin välittömänä päästönä, päästön kohdistuessa hakkuuvuodelle. Näin vuosina hakatusta puusta valmistettujen puutuotteiden päästö on jo laskettu (*accounted*) kertaalleen. Tästä syystä päätös 2/CMP.7 antaa mahdollisuuden jättää nämä päästöt pois laskennasta toisella kaudella 2013–2020 (UNFCCC 2011). Koska Suomi oli valinnut metsänhoidon laskennan jo ensimmäisellä kaudella, asetettiin Kioton pöytäkirjan laskentavaihtoehdoissa vuosiin 2008–2012 kohdistuvien puutuotteiden syöte (*inflow*) nolaksi. Kuitenkin vanhojen ennen vuotta 2008 kertyneiden varastojen päästöt on laskettu mukaan myös toisella kaudella.

2.7. Epävarmuudet

Puutuotelaskenta sisältää useita epävarmuuden lähteitä: vanhat tilastot, uudemmat tilastot, VMI-tiedot, muuntokertoimet, puoliintumisajat, laskentamenetelmä ja -oletukset. Epävarmuuden laskenta edellyttää omaa menetelmäkehitystyötä. Tästä syystä tulosten epävarmuudelle esitetään asiantuntija-arvio. Tämä on kasvihuonekaasuinventaariossa IPCC-ohjeiden mukainen menettely. Arvion laadinnassa käytettiin *2006 IPCC Guidelines* ja *2013 KP Supplement* -ohjeita (IPCC 2006, 2014).

2.8. Puutuotteet ja metsänhoidon vertailutaso

Puutuotteet sisältyvät metsänhoidon velvoitekauden päästöihin ja poistumiin, ja siten niiden on oltava mukana myös metsänhoidon vertailutasossa. Puutuotteiden hiilivaraston muutokset vuosille 2013–2020 laskettiin samalla menetelmällä kuin on edellä kuvattu. Laskennan lähtötiedot tuotettiin vuoteen 2020 asti alkuperäisen metsänhoidon vertailutason laadinnassa käytettyihin skenaarioihin perustuen sekä historiatietoa käyttäen. Metsänhoidon vertailutason laadinnassa puutuotteille on käytetty sahatavaran, puulevyjen ja paperin tuotantomääristä vuonna 2020 seuraavia arvioita (Submission of information... 2011):

- sahatavaran tuotanto 10,2 milj. m³,
- puulevyjen 2,1 milj. m³, ja
- paperin ja kartongin 14,9 milj. tonnia.

Sahatavaran tuotantolukua käytettiin sellaisenaan. Puulevyjen tuotanto jaettiin taulukon 5 mukaisiin luokkiin samassa suhteessa kuin tuotantoa oli ollut vuonna 2009. Massan tuotannolle ei ollut käytettävissä arviota vuoden 2020 tuotannosta. Se johdettiin paperintuotannosta kasvattamalla massantuotantoa samassa suhteessa kuin paperintuotannon oli ennakoitu kasvavan vuoteen 2020. Lopuksi tuotanto jaettiin eri massaluokille vastaavalla tavalla kuin levyt. Puulajittaiset hakkuukertymät saatiin samoista MELA-ohjelmistolla tuotetuista puuston kehitys- ja hakkuulaskelmaskenaarioista, joita on käytetty metsänhoidon vertailutason laskennassa. Sen sijaan vientimääristä ei ollut käytettävissä arvioita, joten vienin oletettiin pysyvän samalla tasolla kuin keskimäärin vuosina 2005–2008. Kotimaisuusaste, käytettyjen puulajien osuudet sahatavaran ja puulevyjen tuotannossa sekä FM-metsistä peräisin olevan puun osuuden oletettiin pysyvän samalla tasolla vuosina 2013–2020 kuin ne olivat keskimäärin vuosina 2000–2009. Historiatiedot vuosille 1900–2009 olivat samat, jotka on kuvattu edellä varsinaisen puutuotelaskennan lähtötietoina.

3. Tutkimuksen tulokset

3.1. Keskimääräiset hakkuukertymät ja hakkuupoistumat

3.1.1. Metsänhävitys

Taulukossa 8 on esitetty tukki-, kuitu- ja hukkapuun keskimääräinen poistuma luvun 2.1.1 ositteille. Liitteessä 2 ovat samat tulokset puulajeittain.

Taulukko 8. Tukki-, kuitu- ja hukkapuun keskimääräinen poistuma ($\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$) maankäytön muutoksissa metsämaasta muuhun käyttöön.

Alue	Muutososite ^a	Keskipisteitä	Poistuma					
			Yhteensä, $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$	Tukki, $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$	Kuitu, $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$	Hukka, $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$	Tukki-osuus, %	Kuitu-osuus, %
E-Suomi	FL->CL	51	161,3	59,0	90,4	11,8	37	56
E-Suomi	FL->GL	16	130,6	28,7	85,5	16,4	22	65
E-Suomi	FL->WL2	18	78,0	6,3	58,4	13,3	8	75
E-Suomi	FL->S1	47	78,9	21,3	47,1	10,6	27	60
E-Suomi	FL->S2	16	94,3	29,4	51,6	13,3	31	55
E-Suomi	FL->S3	18	126,8	29,9	88,4	8,6	24	70
P-Suomi	FL->CL	25	90,8	8,9	67,4	14,5	10	74
P-Suomi	FL->GL	2	25,1	0,0	8,7	16,4	0	35
P-Suomi	FL->WL2	3	13,0	0,0	7,8	5,1	0	60
P-Suomi	FL->S1	16	66,9	16,0	44,6	6,3	24	67
P-Suomi	FL->S2	8	21,2	3,0	17,5	0,7	14	82
P-Suomi	FL->S3	5	40,6	1,7	31,9	7,0	4	79

^a FL = metsämaa, CL = viljelysmaa, GL = ruohikkoalue, WL2 = turvetuotantoalue, S1 = rakennettu maa (ei puustoinen), S2 = rakennettu maa (puustoinen), S3 = rakennettu maa (tiet, voimalinjat)

Useimmissa ositteissa puuston poistuma maankäytön muutoksissa on selvästi pienempi kuin puuston keskitilavuus, koska useimmissa muutoksissa merkittävä osa puustosta jää jäljelle ja siirtyy muun maankäytön puustoksi. Taulukossa 9 on esitetty jäävän puuston osuus puuston kokonaistilavuudesta. Luvut on laskettu koealan viimeisimmän mittauksen puustotiedoilla ilman päivitystä poistumajaksoihin.

Taulukko 9. Maankäytön muutoksissa jäävän puuston osuus puuston tilavuudesta.

Alue	Muutososite ^a	Jäävän puuston osuus, %	Alue	Muutososite	Jäävän puuston osuus, %
E-Suomi	FL->CL	0	P-Suomi	FL->CL	0
E-Suomi	FL->GL	30	P-Suomi	FL->GL	42
E-Suomi	FL->WL2	0	P-Suomi	FL->WL2	0
E-Suomi	FL->S1	36	P-Suomi	FL->S1	14
E-Suomi	FL->S2	57	P-Suomi	FL->S2	59
E-Suomi	FL->S3	0	P-Suomi	FL->S3	17

^a FL = metsämaa, CL = viljelysmaa, GL = ruohikkoalue, WL2 = turvetuotantoalue, S1 = rakennettu maa (ei puustoinen), S2 = rakennettu maa (puustoinen), S3 = rakennettu maa (tiet, voimalinjat)

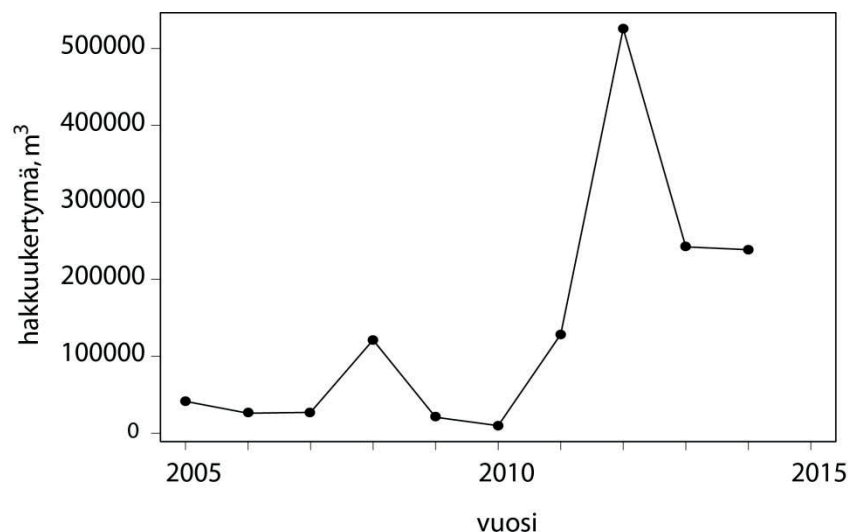
3.1.2. Metsitysalojen vuotuiset hakkuukertymät

Taulukossa 10 ja kuvassa 4 on esitetty vuotuiset hakkuukertymät metsitysaloilla. Kaikki hakkuissa poistunut ja korjattu puu oli koivua. Pohjois-Suomessa VMI-aineiston ensimmäiset kertymät vuonna 1990 ja sen jälkeen metsitetyiltä aloilta ovat vuodelta 2011.

Taulukko 10. VMI:n pysyvistä koealoista laskettu hakkuukertymä (m³) vuonna 1990 ja sen jälkeen metsitetyiltä aloilta.

Vuosi	Puulaji ^a	Tukkia, m ³	Kuitua, m ³
2005	3	0	41 402
2006	3	0	25 978
2007	3	0	27 087
2008	3	0	121 144
2009	3	0	20 734
2010	3	0	9 793
2011	3	0	128 383
2012	3	0	525 852
2013	3	0	242 153
2014	3	31 765	206 678

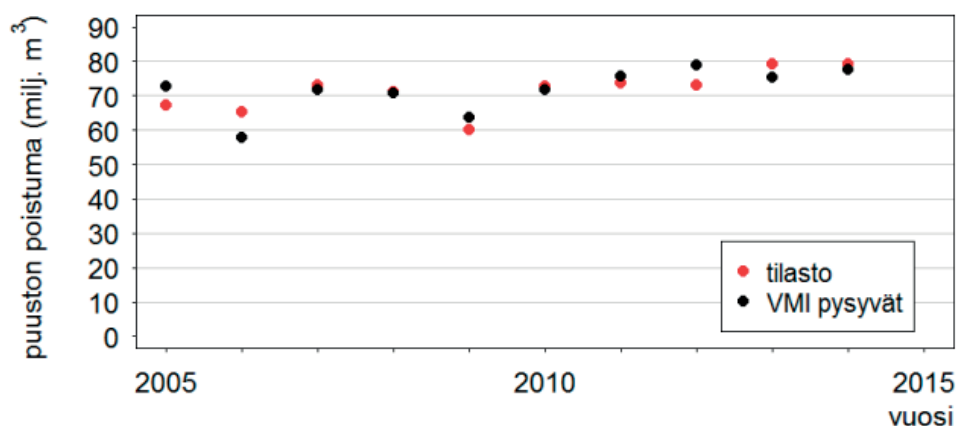
^a Puulajikoodi: 3=koivu



Kuva 4. VMI:n pysyvistä koealoista laskettu hakkuukertymä (m³) vuosina 2005–2014 vuonna 1990 ja sen jälkeen metsitetyiltä aloilta.

3.1.3. Kokonaispoistuma

Maankäytön muutosalojen poistumien lisäksi VMI:n pysyviltä koealoilta laskettiin myös kokonaispoistumat vuosille 2005–2014 ja niitä verrattiin tilastoituihin poistumiin. Nämä luvut sisältävät myös luonnonpoistumapuut. Keskimäärin VMI-koealoista laskettu poistuma oli tällä jaksolla 71,55 milj. m³ v⁻¹ ja tilastoitu poistuma 71,46 milj. m³ v⁻¹. Vuositasolla erot ovat luonnollisesti suurempia, mutta molemmissa on nähtävissä samansuuntaisia muutoksia (kuva 5). Aikasarjan loppupäässä on käytettävissä vain vähän mitattuja koealoja, joten tulokset tarkentuvat tulevaisuudessa inventoinnin edetessä. Lisäksi laskentamenetelmää voi kehittää esim. käyttämällä jälkiositusta (kaukokartoitustieto, metsänkäyttöilmoitukset) tai suuremman koealajoukon (VMI:n kertakoealat) perusteella arvioituja vuotuisia hakkuupinta-aloja.



Kuva 5. Tilastoitu kokonaispoistuma ja pysyvistä koelaloista laskettu kokonaispoistuma vuosina 2005–2014.

Tärkeänä tavoitteena pysyvien koelajojen poistumatarkastelussa oli arvioida mineraalimaiden ja turvemaiden osuus poistumasta. Tätä tietoa ei saa tilastoista. Jaksolla 2005–2014 mineraalimaiden osuus kokonaispoistumasta oli Etelä-Suomessa 83 % ja Pohjois-Suomessa 73 %.

3.2. Puutuotteiden hiilivaraston muutokset

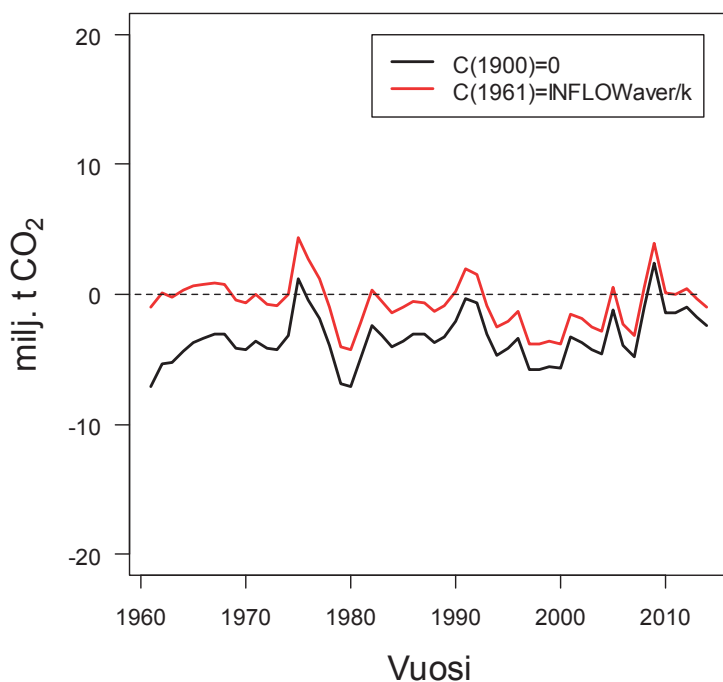
3.2.1. Ilmastopimuksen laskennan tulokset

Vuoden 2014 hiilidioksidimäärä kaikille kotimaan puusta tehdyille puutuotteille on -2,389 milj. t CO₂, kun laskenta aloitetaan vuodesta 1900 siten, että hiilivarasto on nolla (taulukko 11, kuva 6, liitetaulukko 3.1 ja kuvat L_3.1–L_3.4). Vuodesta 1900 aloitetussa laskennassa hyödynnettiin kotimaisista tilastoista saatavia puutuotteiden tuotanto- ja vientimääriä vuosina 1900–1960 toisin kuin muissa laskentavaihtoehdoissa. Sen perusteella laskettu aikasarja ja hiilitase vuonna 2014 kuvannevat mahdollisimman todennukaista puutuotteiden hiilivarastoa koskien Suomessa kasvaneista puista tehtyjä puutuotteita. Hiilen poistuma on pienempi, kun laskenta aloitetaan vuodesta 1961 aloitusarvolla, joka on viiden ensimmäisen laskentavuoden keskiarvo jaettuna ensimmäisen asteen hajotusfunktiossa käytetyllä kertoimella k ($k = \ln(2) / HL$) (IPCC 2014, s. 2.121).

Taulukko 11. Puutuoteryhmien hiilitase ilmastopimuksen laskennassa vuonna 2014 (milj. t CO₂). Laskelma sisältää kotimaan puusta valmistetut puutuotteet eli sahatavaran, puulevyt, paperin ja kartongin sekä muut puolivalmisteet eli muun teollisuuden käyttämän raakapuun. Paperin ja kartongin hiilitase on arvioitu puumassojen kautta. Sekä kotimaan kulutus että vienti ovat mukana laskelmassa. Aloitusvuonna 1900, sulkua ennen oleva luku kuvaa tulosta laskennasta, jossa piensahatuotanto on mukana vuodesta 1900 alkaen, ja suluissa vuodesta 1955 alkaen. Positiiviset (+) arvot ovat päästöä ja negatiiviset (-) poistumaa eli negatiiviset arvot kuvaavat puutuotteisiin sitoutuvan hiilen määrää.

Laskentavaihtoehdot	Kotimaa	Vienti	Yhteensä
	milj. t CO ₂		
C(1900)=0	0,062 (-0,057)	-2,451	-2,389 (-2,508)
C(1961)=Inflow_{aver}/k	0,673	-1,659	-0,987

Ilmastopimuksen laskenta, puutuotteet yhteensä



Kuva 6. Puutuotteiden hiilitase vuosina 1960–2014 Ilmastopimuksen laskennassa (milj. t CO₂). Laskelma sisältää kotimaan puusta valmistetut puutuotteet. Paperin ja kartongin hiilitase on arvioitu puumassojen kautta. Sekä kotimaan kulutus että vienti ovat mukana laskelmassa. Sahatavaratuotannossa on mukana piensahojen tuotanto vuosina 1900–2014. Positiiviset (+) arvot ovat päästöä ja negatiiviset (-) poistumaa eli negatiiviset arvot kuvaavat puutuotteisiin sitoutuvan hiilen määrää.

3.2.2. Puutuotteet Kioton pöytäkirjan laskennassa

Vuonna 2014 suurin osa, 98 %, puutuotteiden puuraaka-aineesta oli peräisin FM-metsistä, ja selvästi alle 1 % AR-metsistä (taulukko 12). Metsänhävitysaloilta (D) puutuotteiden raaka-aineista tuli 1,8 %. Metsänhävitysaloilta tulleita puutuotteita ei ole laskettu mukaan puutuotteiden hiilitaseisiin, vaan ne on tulkittu välittömiksi päästöiksi.

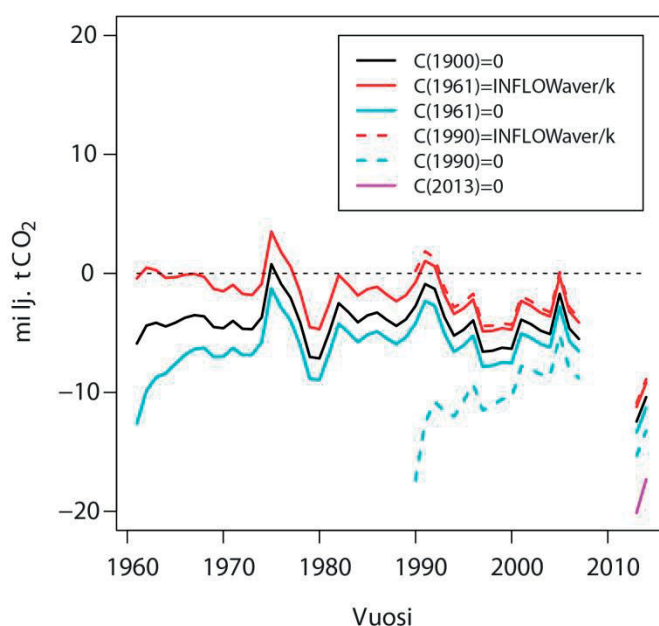
Eri laskentavaihtoehdoilla saadaan erilaiset tulokset puutuotteiden hiilitaseesta (taulukko 12, kuva 7, ja liitteen 4 liitetaulukko 4.1 ja kuvat L_4.1–L_4.3). Suurimman poistuman tuottaa laskentavaihtoehto, jossa puutuotteiden hiilitaseita aletaan laskea vuodesta 2013 eli Kioton pöytäkirjan toisen velvoitekauden alusta lähtien, ja jolloin aiempia hiilivarastoja ei huomioida ollenkaan. Pienimmän poistuman tuottavat laskentavaihtoehdot, joissa laskenta aloitetaan laskennallisesta hiilivaraston määrästä (keskiarvo vuosilta 1961–1965 tai 1990–1995 jaettuna kertoimella k , jossa $k = \ln(2) / HL$, ja HL on puutuotteen eliniän puolikas). Laskelmat, jotka aloitetaan vuosina 1961 tai 1990 olettamalla hiilivarastot nolaksi näiden vuosien alussa, tuottavat suuremman poistuman kuin laskelma, joka perustuu tilastoaineistoihin vuodesta 1900 alkaen olettaen, että hiilivarasto on nolla vuoden 1900 alussa.

Taulukko 12. Puutuoteryhmien hiilitase Kioton pöytäkirjan laskentavaihtoehtojen mukaan vuonna 2014 (milj. t CO₂) sekä puutuotteiden vaikutus metsänhoidon vertailutasoon (ks. sarake ”Keskimäärin vuosina 2013–2020”). Laskelma sisältää kotimaan puusta valmistetut puutuotteet (sahatavara, puulevyt sekä paperi ja kartonki), jotka ovat peräisin FM- ja AR-metsistä. Paperin ja kartongin hiilitase on arvioitu puumassojen kautta. Aloituvuonna 1900, ilman sulkua olevassa luvussa on mukana piensahojen tuotanto vuodesta 1900 alkaen, ja suluissa olevassa luvussa vuodesta 1955 alkaen. Positiiviset (+) arvot ovat päästöä ja negatiiviset (-) poistumaa eli negatiiviset arvot kuvaavat puutuotteisiin sitoutuvan hiilen määrää.

Laskentavaihtoehdot	Kotimaa		Vienti		Kotimaa ja vienti yhteensä		Keskimäärin vuosina 2013–2020
	FM	AR	FM	AR	FM	AR	
	milj. t CO ₂ v ⁻¹						
C(1900)=0	-1,062 (-1,181)	-0,002	-9,338	-0,056	-10,400 (-10,519)	-0,059	-7,99
C(1961)=Inflow_{aver}/k	-0,638	-0,002	-8,563	-0,056	-9,201	-0,059	-7,28
C(1961)=0	-1,360	-0,002	-9,939	-0,056	-11,300	-0,059	-8,85
C(1990)=Inflow_{aver}/k	-0,583	-0,002	-8,311	-0,056	-8,894	-0,059	-7,83
C(1990)=0	-2,067	-0,002	-11,153	-0,056	-13,220	-0,059	-10,67
C(2013)=0	-3,075	-0,002	-14,251	-0,056	-17,326	-0,059	-13,92

Puutuotteiden vaikutus vertailutasoon on samansuuntainen kuin yllä esitetty eri laskentatapojen vertailun tulos (taulukko 12). Laskelmassa ei ole mukaan Kioton pöytäkirjan ensimmäisellä kaudella hakatuista puista valmistettujen puutuotteiden päästöjä. Jos kyseiseltä kaudelta periytyvät päästöt otetaan mukaan ja aloitetaan laskenta vuodesta 1900 (alkuvarasto on nolla), vuonna 2014 nieluun suuruus olisi 3,2. Vuosina 2013–2020 nielu olisi keskimäärin 3,7 milj. t CO₂ v⁻¹. Aloitettaessa vastaava laskenta vuodesta 1961 viiden vuoden keskiarvolla, nielu raportoinnissa olisi 2,5 milj. t CO₂ v⁻¹ vuonna 2014 ja 3,0 milj. t CO₂ v⁻¹ keskimäärin vuosina 2013–2020. Muutos kaikissa vaihtoehdoissa oli samansuuntainen.

Kioton pöytäkirjan laskenta, puutuotteet yhteensä, FM



Kuva 7. Kaikkien puutuoteryhmien hiilitase yhteensä Kioton pöytäkirjan laskennassa vuonna 2014 (milj. t CO₂). Laskelma sisältää kotimaan puusta valmistetut puutuotteet (sahatavara, puulevyt sekä paperi ja kartonki) FM-metsistä. Vuosien 2008–2012 puutuotteet on jätetty pois laskelmasta. Kuviossa ovat mukana sekä kotimaan kulu- tus että vienti. Paperin ja kartongin hiilitase on arvioitu puumassojen kautta. Sahatavaratuotannossa on mukana piensahojen tuotanto vuodesta 1900 alkaen. Positiiviset (+) arvot ovat päästöä ja negatiiviset (-) poistumaa eli negatiiviset arvot kuvaavat puutuotteisiin sitoutuvan hiilen määrää.

3.2.3. Epävarmuudet

Hiilivaraston muutoksen epävarmuudet tehtiin asiantuntija-arviona. Laskennassa käytettiin puutuotteille oletuspuoliintumisajoja, mikä aiheuttaa epävarmuutta laskennan tuloksiin (puoliintumisajan epävarmuus ± 50 %). Hiilenmuuntokertoimia varten kerättiin mahdollisimman täsmällisesti kutakin suomalaista puutuotetta ja sen alaryhmiä vastaavaa tietoa luotettavuuden parantamiseksi. Hiilenmuuntokertoimiin liittyvä epävarmuus arvioidaan olevan ± 15 %, paitsi puumassoille ± 10 %. Ilmastosopimuksen laskennassa suurin epävarmuus puutuotteiden osalta liittyy muihin puutuotteisiin (muu teollisuuden käyttämä raakapuu, ± 50 %) jo siitä syystä, että tämän puutuoteryhmän tilastointi ei ole ollut johdonmukaista. Tilastointia tämän puutuoteryhmän osalta ei enää tehdä. Lisäksi tämän puutuoteryhmän kohdalla tuotanto- ja vientimäärät ennen vuotta 1961 on laskettu takautuvasti käyttäen IPCC 2006-ohjeen kaavaa 12.6, johon sisältyvään U:n arvoon (teollisen raakapuun käytössä tapahtuva muutos 1900–1961, vakio) liittyvän epävarmuuden arvioidaan olevan ± 50 %. Muiden puutuoteryhmien osalta epävarmuutta arvioidaan olevan ± 15 %, ja vanhojen ennen vuotta 1961 koskevien aineistojen osalta epävarmuus voi olla suurempaakin, ja puutuotemäärät todellista määrää pienempiä (epävarmuus ± 25 %). Vuosille 1900–1960 kerätty tilastoaineisto antaa kuitenkin suuntaa todellisista puutuotteiden tuotanto- ja vientimääristä.

4. Tulosten tarkastelu

4.1. Hakkuukertymät

Tutkimuksessa havaittiin, että metsänhävitysalojen puuston poistuma on selvästi pienempi kuin puuston keskitilavuus, koska useimmissa muutoksissa merkittävä osa puustosta jää jäljelle ja siirtyy uuden maankäytön puustoksi. Siten nykyisen kasvihuonekaasuinventaariossa käytetyn oletuksen (jonka mukaan useimmissa tapauksissa koko puusto poistetaan) seurauksena puuston poistumasta aiheutuva päästö on yliarvio. Puutuotelaskennan kannalta tämä tarkoittaa pienempää välittömänä päästönä laskettavaa puutuotemäärää. Hakkuita alkaa kohdistua metsitysaloille kun puusto saavuttaa noin 15–20-vuoden iän. Vaikka suurin osa harvennuksessa korjatusta puusta käytetään sellun valmistukseen, on AR-puutuotteet syytä erottaa FM:n puutuotteista, koska metsitysalojen puuston järeytyessä yhä suurempi osa käytetään tulevaisuudessa paperia pitkäikäisempiin puutuotteisiin.

4.2. Puutuotteiden hiilivaraston muutokset

Ilmastopimuksen laskennassa vuoden 2014 poistumat (nielut) ovat selvästi pienempiä kuin Kioto pöytäkirjan mukaisessa laskennassa FM:lle esitetyt poistumat (taulukot 11 ja 12). Ilmastopimuksen laskentavaihtoehto $C(1900) = 0$ tuotti -2,389 milj. t CO₂ nielun ja vaihtoehto $C(1961) = Inflow_{aver}/k$ -0,987 milj. t CO₂ nielun, kun taas Kioto pöytäkirjan laskennassa vastaavat laskentavaihtoehdot antoivat nieluiksi -10,400 ja -9,201 milj. t CO₂. Suurin syy tulosten erilaisuuteen on se, että FM-laskennasta on jätetty pois päätöksen 2/CMP.7 mukaisesti ensimmäisen velvoitekauden 2008–2012 puutuotteiden päästöt, koska ne on laskettu ensimmäisellä velvoitekaudella välittömänä päästönä.

Aloitussvuoden varastolla on suuri merkitys laskettuun aikasarjaan, mikä nähdään verrattaessa esimerkiksi aloitusta laskennallisella varastolla ($C(1961) = Inflow_{aver}/k$) ja nolla-varastolla ($C(1961) = 0$) (kuva 7). Alussa ero on noin 12 milj. tonnia CO₂, mutta 15 vuoden kuluttua ero on enää alle 5 milj. tonnia. Edelleen kun aloitussvuodesta on kulunut 45 vuotta, ollaan jo melko lähellä tulosta, joka saadaan aloittamalla laskenta vuodesta 1900. Vuodesta 2013 alkava FM:n puutuotelaskenta on sallittu, mutta se ei anna todellista kuvaa puutuotevarastosta ja siinä tapahtuvista muutoksista. Laskenta on hyvä aloittaa vähintään 50 vuotta ennen raportoitavaa vuotta, sillä etenkin pitkäikäisillä puutuotteilla, kuten sahata-varalla ja puulevyillä, ero eri laskentavaihtoehtojen välillä säilyy pitkään toisin kuin paperituotteilla, joilla samaan lopputulokseen päästään noin kymmenen vuoden kuluessa huolimatta laskentavaihtoehdosta (Kuvat L_4.1-4.3.).

Eri vaihtoehdoilla lasketut hiilivaraston muutosta kuvaavat käyrät lähenevät toisiaan ajan kuluessa (kuva 7). Vuodesta 1900 aloitettu laskenta tuottaa käyrän, jota kohti muut vaihtoehdot näyttävät lähentyvän. Siten tämä vaikuttaa sopivimmalta menetelmältä puutuotteiden hiilivarastomuutoksen laskentaan. Tätä puoltaa myös se seikka, että tässä vaihtoehdossa laskenta on voitu aloittaa jo niin kauan ennen raportointivuotta kuin mahdollista, vuodesta 1900 alkaen, ja tällöin aloitussvuodesta tai aloitusvarastosta syntyvä haitta on mahdollisimman vähäinen.

5. Johtopäätökset

5.1. Keskimääräiset hakkuukertymät ja hakkuupoistumat

Hankkeessa kehitetty menetelmä maankäytön muutoksen seurauksena poistettavan puuston estimointiin voidaan ottaa käyttöön kasvihuonekaasuinventaariossa sellaisenaan. Tällä hetkellä inventaarion raportoima puuston poistamisesta aiheutuva päästö metsänhävitysaloilta on tämän tutkimuksen perusteella yliarvio. Samoin menetelmä metsitysalueiden puuston hakkuupoistuman arviointiin voidaan viedä kasvihuonekaasuinventaarioon. Kasvihuonekaasujen inventaarion lisäksi menetelmää voidaan käyttää raportoitaessa puutuotteiden vaikutusta EU:n LULUCF-sektorin tilinpitoon. Laskennat ohjelmoitiin sekä R- että SAS-ohjelmistoilla, ja niitä voidaan muokata erilaisiin laskentatarpeisiin, esimerkiksi laskettaessa arvioita mahdollisten tulevien uusien laskentatapojen ja sääntöjen vaikutuksista LULUCF-sektorin laskentaan.

Aineiston esikäsittelyvaiheessa ilmeni, että maankäytön muutosten ajankohtien arvioissa on saman koealan uudelleenmittauksessa suurta vaihtelua, vaikka muutos olisikin tunnistettu samaksi. Lisäksi osa muutosaloista oli mittauksessa kirjattu uudistusaloiksi ja todellinen muutos paljastui vasta seuraavassa mittauksessa. Nämä epätarkkuudet puoltavat muutosarvioinnin menetelmän kehittämistä reaaliaikaiseen suuntaan. Tällaisen menetelmäkehityksen mahdollisuudet paranevat kaukokartoitusmenetelmien kehityksen ja viranomaisyhteistyön (esim. metsänkäyttöilmoitukset) parantuessa.

Muutosaloille jäävän puuston määrä ja muutosalojen myöhemmät hakkuut vaikuttavat siihen, mikä on maankäytön muutosten merkitys hiilivaraston muutoksille. Tässä selvityksessä osalle muutosaloista jäi huomattava määrä puustoa, jonka hakkuuta tulevaisuudessa ei nyky menetelmällä pysty arvioimaan, koska VMI:ssa on luovuttu metsä- ja kitumaan ulkopuolisen maankäytön puiden mittauksesta. Myös puuston seurannassa muutosaloilla on siis uuden menetelmäkehityksen tarve.

Tavoitteena ollut puulajittainen ja puutavaralajittainen hakkuukertymän tilavuuden arviointi muutosluokissa valmistui. Sen sijaan biomassan muutoksia ei ehditty laskea. Näiden mukaan ottaminen on kuitenkin vain tekninen muutos laskentaan, jos käytetään VMI:n lukupuille laskettuja biomassakomponenttien arvioita.

Suurin puute on se, että VMI-aineistoon perustuvien tulosten luotettavuustarkastelut ja -arviot jäivät kokonaan tekemättä. Laskenta-aineiston kuntoon saaminen vei niin suuren osan käytettävissä olevasta työajasta, että siihen ei ollut mahdollista syventyä.

5.2. Puutuotteiden hiilivaraston muutokset

Puutuotteiden hiilitaseiden laskentamenetelmä kehitettiin ilmastopimuksen osapuolikokousten päätösten ja IPCC:n laskentaohjeiden mukaiseksi. Ilmastopimuksen puolella laskennan luotettavuutta saatiin parannettua suomalaisille puutuotteille soveltuvilla kansallisilla hiilenmuuntokertoimilla ja koaamalla vuosia 1900–1960 koskeva kansallinen aineisto. Lisäksi kehitettiin laskentamenetelmä, joka vastaa IPCC:n Kioton pöytäkirjan raportointiin laatimaa ohjetta puutuotteiden hiilitaseiden laskennasta aktiiviteettiluokissa FM ja AR. Hankkeessa laskettiin aikasarjat eri aloitusvuosi- ja laskentavaihtoehdoilla, jotka ovat IPCC-ohjeiden mukaisia.

Tutkimuksen tuloksia voidaan käyttää päätettäessä kuinka puutuotteiden hiilivaraston muutokset lasketaan Suomen kasvihuonekaasujen inventaariossa. Kehitettyä menetelmää voidaan käyttää myös arvioitaessa puutuotteiden merkitystä metsien kasvihuonekaasutaseeseen tulevaisuudessa. Hankkeessa kerättyä tietoa kotimaan tuotannosta ja puun käytöstä voidaan käyttää kehitettäessä vaihtoehtoisia menetelmiä kasvihuonekaasuinventaarioon tai myös muissa alan tutkimuksissa. Hankkeessa saatua tietoa ja kokemusta puutuotteiden laskentamenetelmistä voidaan myös hyödyntää, kun IPCC aloittaa puutuotelaskentaohjeen päivittämisen.

Puutuotteiden laskennan aloitusvuodella on suuri merkitys hiilivaraston muutokseen. Mitä pienempi aikaväli aloitus- ja raportointivuoden väliin jää, sitä suuremmalla todennäköisyydellä saatu tulos ei vastaa todellisuutta. Laskennan aloitus hiilivaraston arvolla nolla tuottaa todennäköisesti liian suuren, kun taas aloitus laskennallisella keskiarvolla liian pienen nielun todellisuuteen nähden. Tämän tutkimuksen perustella näyttääkin siltä, että mitä pidempi aikaväli aloitus- ja raportointivuoden väliin jää, sitä luotettavampi tulos saadaan. Koska eri laskentavaihtoehtojen tuottamat aikasarjat näyttivät lähentyvän ajan myötä vuodesta 1900 aloitettua aikasarjaa, jossa aineistona on käytetty tässä projektissa kerättyä kansallista aineistoa vuoteen 1960 asti ja FAOSTAT:n tilastoa vuosille 1961–2014, vaikuttaa vuonna 1900 aloitettu laskentavaihtoehto luotettavimmalta vaihtoehdolta. Myös *2006 IPCC Guidelines*-ohje suosittaa laskennan aloittamista mahdollisimman varhaisesta ajankohdasta.

Päätöstä lopullisen laskentavaihtoehdon valinnasta ilmastopimuksen ja Kioton laskennan osalta ei ole vielä tehty, joten myös tarkemmat epävarmuusarviot tehdään myöhemmin. Jatkossa kannattaisi keskittyä puutuotteiden täsmällisempien puoliintumisaikojen tutkimiseen sekä vaihtoehtoisten laskentamenetelmien kehittämiseen, sillä suurimmat epävarmuudet laskennassa liittyvät puoliintumisaikoihin sekä ensimmäisen asteen hajotusfunktion (FOD) käyttöön. Suomessa vuosina 1995, 2000 ja 2005 tehdyistä puutuoteinventaariorista on aiemmin laskettu ajan suhteena muuttuvat puoliintumisajat sahavaralle ja puulevyille. Samasta aineistosta voisi laskea puoliintumisajat erikseen näille kahdelle ryhmälle. Kansallisen tiedon ylläpitämiseksi olisi harkittava uuden puutuoteinventaarion toteuttamista. Pelkästään kasvihuonekaasuinventaarion tarpeisiin erillisen selvityksen tekeminen olisi kallista, joten inventaarioaineiston laajempia käyttömahdollisuuksia olisi selvitettävä. Aiemmin puutuoteinventaarioria on tehty viiden vuoden välein, mutta 10 vuoden aikavälikin voisi olla riittävä. Potentiaalinen vaihtoehto FOD-mallille voisi olla käytöstä poistuvien puutuotteiden huomioiminen kansallisten tilastojen avulla (kaatopaikat, poltto, kierrätys jne.), joka olisi nykyisissä IPCC:n ohjeissa esitetyistä menetelmistä poikkeava lähestymistapa.

Tähän tutkimukseen ei alkuun sisällytetty laskentavaihtoehtoa, jossa ensimmäisellä kaudella hakatusta puutavarasta valmistetut tuotteet olisivat mukana toisen kauden laskennassa. Koska EU:n sisällä on esitetty ajatus, ettei ensimmäiseltä Kioton pöytäkirjan kaudelta periytyviä päästöjä jätettäisi pois laskennasta, otettiin tämä vaihtoehto mukaan tarkasteluun, kun laskettiin eri vaihtoehtojen vaikutusta metsänhoidon vertailutasoon. EU tavoittelee raportointien yhdenmukaisuuden ja vertailtavuuden lisäämistä jäsenmaiden välillä, ja siksi se antaa jäsenmaille suosituksia laskentatavasta, kuten aloitusvuodesta ja periytyvistä päästöistä. Vielä ei ole selvää kuinka puutuotteet ovat mukana tulevissa EU:n sisäisissä päästövähennysvelvoitteissa ja maailman laajuudessa ilmastopimuksessa. Puutuotteet ovat kuitenkin tulevaisuudessakin kasvihuonekaasuinventaariorissa yksi LULUCF -sektorin hiilivarastoista. Menetelmä, joka kuvaa todellisuutta mahdollisimman hyvin, on pitkällä tähtäimellä kestävin valinta sekä Kioton pöytäkirjan toisen kauden että ilmastopimuksen raportointiin.

Ilmastopimuksen puutuotelaskentaan sisältyvät kaatopaikolla olevat puutuotteet. Laskennalla on yhteys jätesektorin laskentaan, jossa lasketaan muun muassa kaatopaikoille sijoitetun puun ja paperituotteiden metaanipäästöt. Tätä osuutta ei saatu hankkeen aikana valmiiksi, mutta työtä tulee jatkaa yhteistyössä jätesektorin laskijoiden kanssa.

Kirjallisuus

- Castrén, J., Forsman, J., Grotenfelt, K., Hendell, L., Hjelt, E., Saxén, U., Setälä, E.N., Välikangas, I. & Wichmann, Y. (toim.) 1915. Tietosanakirja VII, s. 1196. Tietosanakirja-osakeyhtiö, Helsinki. 1759 s. Viitattu: 3.12.2015. Saatavissa internetistä: <http://runeberg.org/tieto/7/0638.html>
- FAOSTAT 2015. Saatavissa internetistä: <http://faostat3.fao.org/home/E>
- Forsman, J., Wecksell, J.A., Havu, I. & Salovaara, H. (toim.) (1925–1928). Pieni tietosanakirja, 4. osa, s. 301. Kustannusosakeyhtiö Otava, Helsinki. Viitattu 29.1.2016. Saatavissa internetistä: <http://runeberg.org/pieni/4/0167.html>; Katso myös: Petrograd Standard. Viitattu 10.12.2015. Saatavissa internetistä: https://en.wikipedia.org/wiki/Petrograd_Standard
- Hakkila, P. 1979. Wood density survey and dry weight tables from pine, spruce and birch stems in Finland. *Communications Instituti Forestalis Fenniae* 96.3.
- Henttonen, H.M., Mäkinen, H. & Nöjd, P. 2009. Seasonal dynamics of the radial increment of Scots pine and Norway spruce in the southern and middle boreal zones of Finland. *Canadian Journal of Forest Research* 39: 606–618.
- IPCC 1997. Houghton, J. T., Meira Filho, L.G., Lim, B., Treanton, K., Mamaty, I., Bonduki, Y., Griggs, D. J. & Callander, B. A. (Eds.). Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Vol 1–3. London: IPCC, OECD and IEA. Saatavissa internetistä: <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gl/invs1.html>
- IPCC 2003. Penman, J., Gytarsky, M., Hiraishi, T., Krug, T., Kruger, D., Pipatti, R., Buendia, L., Miwa, K., Ngara, T., Tanabe, K. & Wagner, F. (Eds.). Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry. IPCC National Greenhouse Gas Inventories Programme. UNEP.
- IPCC 2006. Eggleston, H.S., Buendia, L., Miwa, K., Ngara, T. & Tanabe, K. (Eds.). 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme. Published: IGES, Japan. Volume 4. Agriculture, Forestry and Other Land Use.
- IPCC 2014. Hiraishi, T., Krug, T., Tanabe, K., Srivastava, N., Baasansuren, J., Fukuda, M. & Troxler, T.G. (Eds.). 2013 Revised Supplementary Methods and Good Practice Guidance Arising from the Kyoto Protocol. Published: IPCC, Switzerland.
- Koponen, H. 1985. Sorption isotherms of Finnish birch, pine and spruce. *Paperi ja puu* 67(2): 70–77.
- Kuisma, M. 1993. Metsäteollisuuden maa: Suomi, metsät ja kansainvälinen järjestelmä 1600–1920. Helsinki, Suomalaisen Kirjallisuuden Seura. ISBN 951-8915-88-1.
- Kunnas, H.J. 1973. Metsätaloustuotanto Suomessa 1860–1965 (Forestry in Finland). Suomen Pankki. 192 s.
- Kärkkäinen, M. 2007. Puun rakenne ja ominaisuudet, Metsäkustannus. 468 s.
- Metsäntutkimuslaitos 1992. Valtakunnan metsien 8. inventointi. Kenttätyön ohjeet. Metsäntutkimuslaitos. Moniste.
- Metsäntutkimuslaitos 2011. Valtakunnan metsien 11. inventointi (VMI11). Maastotyön ohjeet 2011. Koko Suomi. Metsäntutkimuslaitos. Moniste.
- Metsäntutkimuslaitos 2016. Puunkäyttötillastot. Generoitu: 29.1.2016. Saatavissa internetistä: http://statdb.luke.fi/PXWeb/pxweb/fi/LUKE/LUKE__04%20Metsa__04%20Talous__08%20Metsateollisuuden%20puunkaytto/02_metsateol_puunk_toimialoittain.px/?rxid=dc711a9e-de6d-454b-82c2-74ff79a3a5e0
- Metsätillasto 1902–1961.
- Metsätillastot 1961–2014. Metsäntutkimuslaitos.
- Metsätillastollinen vuosikirja 1971. (Folia Forestalia 165). Suomen virallinen tilasto. 228 s.
- Metsätillastollinen vuosikirja 2001. Metsäntutkimuslaitos. 374 s.
- Metsätillastollinen vuosikirja 2014. Metsäntutkimuslaitos. 428 s. Saatavissa internetistä: <http://www.metla.fi/metinfo/tilasto/julkaisut/vsk/taulukot/2014/>
- Mäkinen, H., Hynynen, J., Siitonen, J. & Sievänen, R. 2006. Predicting the decomposition of Scots pine, Norway spruce, and birch stems in Finland. *Ecological Applications* 16(5): 1865–1879.
- Osara, N.A., Pöntynen, V. & Erkkilä, E.E. 1948. Suomen puun käyttö ja metsätase. Helsinki: Metsätieteellisen tutkimuslaitoksen julkaisuja 36.4. 166 s.
- Pöntynen, V. 1962. Suomen puun käyttö vuosina 1947-61 (Finland's wood utilization in 1947-61). Helsinki: Metsäntutkimuslaitoksen julkaisuja 56.3. 185 s.
- Saari, E. 1934. Puun käyttö Suomessa. (Wood utilization in Suomi (Finland), Summary in English). Helsinki: Metsätieteellisen tutkimuslaitoksen julkaisuja 14.

- Statistics Finland 2008. Greenhouse gas emissions in Finland 1990-2006. National Inventory Report under the UNFCCC and the Kyoto Protocol. 11 April 2008. Saatavissa internetistä: https://unfccc.int/national_reports/annex_i_ghg_inventories/national_inventories_submissions/items/4303.php
- Statistics Finland 2014. Greenhouse gas emissions in Finland 1990-2012. National Inventory Report under the UNFCCC and the Kyoto Protocol. 15 April 2014. Statistics Finland. Saatavissa internetistä: https://unfccc.int/national_reports/annex_i_ghg_inventories/national_inventories_submissions/items/8108.php
- Statistics Finland 2016. Greenhouse gas emissions in Finland 1990-2014. National Inventory Report under the UNFCCC and the Kyoto Protocol. 15 June 2016. Statistics Finland. Saatavissa internetistä: https://unfccc.int/national_reports/annex_i_ghg_inventories/national_inventories_submissions/items/9492.php
- Submission of information on forest management reference levels by Finland 2011. Ministry of Agriculture and Forestry, Ministry on the Environment, Forest Research Institute. 25.2.2011. Saatavissa internetistä: http://unfccc.int/files/meetings/ad_hoc_working_groups/kp/application/pdf/awgkp_finland_2011.pdf
- Suomen tilastollinen vuosikirja (1900–2014). Viitattu: 15.12.2015–12.1.2016. Saatavissa internetistä: http://www.doria.fi/handle/10024/67152/browse?order=ASC&rpp=20&sort_by=1&etal=-1&offset=20&type=title
- Tomppo, E., Heikkinen, J., Henttonen, H.M., Ihalainen, A., Katila, M., Mäkelä, H., Tuomainen, T. & Vainikainen, N. 2011. Designing and Conducting a Forest Inventory – case: 9th National Forest Inventory of Finland. *Managing Forest Ecosystems*. Volume 21. Springer. ISSN 1568–1319.
- UNFCCC 2006. Report of the Subsidiary Body for Scientific and Technological Advice on its twenty-fourth session, held at Bonn from 18 to 26 May 2006. FCCC/SBSTA/2006/5*. Saatavissa internetistä: <http://unfccc.int/resource/docs/2006/sbsta/eng/05.pdf>
- UNFCCC 2007. Report of the Subsidiary Body for Scientific and Technological Advice on its twenty-sixth session, held at Bonn from 7 to 18 May 2007. FCCC/SBSTA/2007/4. Saatavissa internetistä: <http://unfccc.int/resource/docs/2007/sbsta/eng/04.pdf>
- UNFCCC 2011. Report of the Conference of the Parties serving as the meeting of the Parties to the Kyoto Protocol on its seventh session, held in Durban from 28 November to 11 December 2011. Addendum. Part Two: Action taken by the Conference of the Parties serving as the meeting of the Parties to the Kyoto Protocol at its seventh session. FCCC/KP/CMP/2011/10/Add.1. Decision 2/CMP.7. Land use, land-use change and forestry. Saatavissa internetistä: <http://unfccc.int/resource/docs/2011/cmp7/eng/10a01.pdf>
- UNFCCC 2012. Report of the Conference of the Parties serving as the meeting of the Parties to the Kyoto Protocol on its eighth session, held in Doha from 26 November to 8 December 2012. Addendum. Part Two: Action taken by the Conference of the Parties serving as the meeting of the Parties to the Kyoto Protocol at its eighth session. FCCC/KP/CMP/2012/13/Add.1. Decision 2/CMP.8. Implications of the implementation of decisions 2/CMP.7 to 5/CMP.7 on the previous decisions on methodological issues related to the Kyoto Protocol, including those relating to Articles 5, 7 and 8 of the Kyoto Protocol. Saatavissa internetistä: <http://unfccc.int/resource/docs/2012/cmp8/eng/13a01>
- UNFCCC 2013a. Report of the Conference of the Parties on its nineteenth session, held in Warsaw from 11 to 23 November 2013. Addendum. Part two: Action taken by the Conference of the Parties at its nineteenth session. FCCC/CP/2013/10/Add.3. Decision 24/CP.19. Saatavissa internetistä: <http://unfccc.int/resource/docs/2013/cop19/eng/10a03.pdf>
- UNFCCC 2013b. Report of the Conference of the Parties serving as the meeting of the Parties to the Kyoto Protocol on its ninth session, held in Warsaw from 11 to 23 November 2013. Addendum. Part two: Action taken by the Conference of the Parties serving as the meeting of the Parties to the Kyoto Protocol at its ninth session. FCCC/KP/CMP/2013/9/Add.1. Decision 6/CMP.9. Guidance for reporting information on activities under Article 3, paragraphs 3 and 4, of the Kyoto Protocol.
- Wallden, T. 1980. Suomen paperi- ja massateollisuuden tuotannon ja viennin rakenne vuosina 1955–1975 sekä kehitysarvio vuoteen 1985. Elinkenoelämän tutkimuslaitos ETLA. Sarja C 15 Series. 222 s.

LIITE 1. Puunkäyttötutkimukset sahatavaran tuotantotilaston täydentämisessä

Vuodesta 1955 eteenpäin suomalaisissa sahatavaratilastoissa on sekä sahateollisuuden että piensahojen tuottama sahatavara (Metsätilastollinen vuosikirja 2014), mutta vuosina 1900–1954 vain sahateollisuuden tuotanto. Tälle ajanjaksolle sahatavaratilastoa on täydennetty kotitarvesahojen tuotantoluvuilla (teollisuussahojen ulkopuolinen puu maaseutuväestön sahaamana). Koska suoranaista tietoa piensahojen sahatavaratuotannosta vuosina 1900–1954 ei ollut saatavilla, tehtiin korjaus sahatavaratilastoon vuosien 1927, 1938 ja 1955 puunkäyttötutkimuksiin perustuen (Osara ym. 1948, Pöntynen 1962, Saari 1934).

Näissä puunkäyttötutkimuksissa on raportoitu erikseen sahateollisuuden käyttämä raakapuun määrä sekä maaseutuväestön rakentamiseen käyttämä raakapuun määrä. Maaseutuväestön rakentamiseen käyttämästä puumäärästä on poistettu sahateollisuudelta ostettu puu kaksinkertaisen tilastoinnin välttämiseksi. Vuosien 1927 ja 1955 puunkäyttötutkimusten perusteella muiden piensahojen, kuten Valtion rautateiden ja Tie- ja vesirakennushallituksen, puunkäyttö on pientä suhteessa maatalousväestön puun käyttöön. Koska näiden pienten erien selvittäminen luotettavasti on epävarmaa, jätettiin muun kuin maatalousväestön puunkäyttö pois tästä tarkastelusta.

Maaseutuväestön käyttämästä raakapuusta rakentamiseen käytettiin vuonna 1927 16,9 %, vuonna 1938 19,8 % ja vuonna 1955 25,0 % (Osara ym. 1948, Pöntynen 1962, Saari 1934). Rakennuspuut ovat maataloilla olleet pääasiassa rakennushirsiä tai niistä valmistettua sahatavaraa (Pöntynen 1962). Pieni osa tästä saattaa sisältää myös sähkö- ja puhelinpylväitä, mutta koska puunkäyttötutkimusten mukaan maaseudun puunkäyttömäärä on ennemminkin ali- kuin yliarvio, ei sähkö- ja puhelinpylväistä tuleva virhe ole suuri.

Maaseutuväestön puunkäytön vuosien 1923–1947 ja 1955 kokonaismääristä (Osara ym. 1948) saatiin rakentamiseen käytetyt raakapuuosuudet kertomalla kokonaismäärät puunkäyttötutkimuksista saaduilla rakentamiseen käytetyn puun osuuksilla. Vuoden 1927 puunkäyttötutkimuksen rakentamiseen käytetyn puun osuus oli 16,9 % ja sitä käytettiin vuosille 1923–1930, vuoden 1938 tutkimuksessa 19,8 % ja sitä käytettiin vuosille 1931–1946, ja vuoden 1955 tutkimuksessa 25,0 % ja sitä käytettiin vuosille 1947 ja 1955 (vuosina 1948–1954 absoluuttisia puunkäyttömääriä ei ollut saatavilla). Maaseutuväestön rakentamiseen käyttämät raakapuumäärät lisättiin teollisuuden sahatavaratuotannon käyttämiin raakapuumääriin (molemmat kuoretonta puuta). Tätä kautta laskettiin, kuinka suuren osan teollisuuden sahatavaratuotanto kattaa koko Suomen sahatavaratuotannosta (teollisuus ja maaseudun piensahat yhteensä) edellä mainittuina vuosina.

Näillä tiedoilla korjattiin Suomen sahateollisuuden sahatavaratuotannon määrä vastaamaan koko Suomen sahatavaramäärää (teollisuuden ja maaseudun piensahojen tuottama sahatavaran määrä yhteensä). Vuosille 1900–1922 ei ollut saatavilla absoluuttisia maaseutuväestön puunkäyttölukuja ja rakentamiseen käytettyjä raakapuumääriä. Näille vuosille käytettiin vuosien 1923–1927 keskimääräisiä korjauskertoimia, joilla sahateollisuuden tuotanto korjattiin kattamaan myös maaseudun piensahojen tuotanto. Myöskään vuosien 1948–1954 absoluuttisia maaseutuväestön puunkäyttölukuja ja rakentamiseen käytettyjä raakapuumääriä ei ollut saatavilla. Tälle ajanjaksolle käytettiin keskiarvoa vuosien 1947 ja 1955 korjauskertoimista (vuoden 1955 kertoimessa ei ole mukana sahateollisuuden puun käyttö), jolla sahateollisuuden sahatavaratuotanto muunnettiin kattamaan myös maaseudun piensahojen tuotanto.

LIITE 2. Maankäytön muutoksista aiheutuvat keskimääräiset poistumat

Liitetaulukko 2.1. Tukki-, kuitu- ja hukkapuun keskimääräinen poistuma ($\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$) maankäytön muutoksissa puulaeittain.

Alue	Muutos ^a	Puulaji ^b	yhteensä $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$	tukki $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$	kuitu $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$	hukka $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$	tukkiosuus %	kuituosuus %
E-Suomi	FL->CL	1	49,0	19,3	27,8	1,9	39	57
E-Suomi	FL->CL	2	66,7	34,2	28,9	3,7	51	43
E-Suomi	FL->CL	3	40,9	5,2	31,3	4,4	13	76
E-Suomi	FL->CL	5	4,5	0,3	2,4	1,8	7	53
E-Suomi	FL->GL	1	34,6	7,7	24,6	2,3	22	71
E-Suomi	FL->GL	2	67,0	18,1	46,9	2,0	27	70
E-Suomi	FL->GL	3	13,0	2,9	8,0	2,2	22	62
E-Suomi	FL->GL	5	16,0	0,1	5,9	10,0	1	37
E-Suomi	FL->WL2	1	60,6	6,3	47,2	7,2	10	78
E-Suomi	FL->WL2	2	2,6	0,0	1,1	1,5	0	43
E-Suomi	FL->WL2	3	14,7	0,0	10,0	4,7	0	68
E-Suomi	FL->S1	1	32,8	13,2	18,6	0,9	40	57
E-Suomi	FL->S1	2	16,3	5,1	10,5	0,7	31	64
E-Suomi	FL->S1	3	17,4	2,4	10,5	4,4	14	61
E-Suomi	FL->S1	5	12,4	0,6	7,4	4,5	5	59
E-Suomi	FL->S2	1	15,2	4,8	10,1	0,3	32	66
E-Suomi	FL->S2	2	36,2	16,7	16,7	2,8	46	46
E-Suomi	FL->S2	3	26,1	7,7	14,9	3,5	30	57
E-Suomi	FL->S2	5	16,8	0,2	9,9	6,7	1	59
E-Suomi	FL->S3	1	36,7	9,5	25,9	1,3	26	71
E-Suomi	FL->S3	2	45,6	14,2	29,4	2,0	31	64
E-Suomi	FL->S3	3	14,2	0,4	12,6	1,2	3	89
E-Suomi	FL->S3	5	30,4	5,8	20,5	4,1	19	67
P-Suomi	FL->CL	1	41,7	5,9	31,7	4,1	14	76
P-Suomi	FL->CL	2	14,2	2,9	10,0	1,3	21	70
P-Suomi	FL->CL	3	33,5	0,1	25,2	8,2	0	75
P-Suomi	FL->CL	5	1,4	0,0	0,5	0,9	0	36
P-Suomi	FL->GL	1	14,8	0,0	1,5	13,3	0	10
P-Suomi	FL->GL	2	3,1	0,0	2,9	0,1	0	96
P-Suomi	FL->GL	3	7,3	0,0	4,3	3,0	0	59
P-Suomi	FL->WL2	1	9,9	0,0	6,4	3,5	0	65
P-Suomi	FL->WL2	2	1,2	0,0	0,0	1,2	0	0
P-Suomi	FL->WL2	3	1,8	0,0	1,4	0,4	0	78
P-Suomi	FL->S1	1	48,0	14,0	30,7	3,2	29	64
P-Suomi	FL->S1	2	9,0	2,0	6,3	0,6	22	70
P-Suomi	FL->S1	3	8,1	0,0	7,4	0,7	0	92
P-Suomi	FL->S1	5	1,8	0,0	0,1	1,7	0	8
P-Suomi	FL->S2	1	19,7	3,0	16,0	0,7	15	81
P-Suomi	FL->S2	3	1,5	0,0	1,5	0,1	0	95
P-Suomi	FL->S3	1	2,5	0,0	0,1	2,4	0	3
P-Suomi	FL->S3	2	8,7	1,6	6,3	0,7	18	73

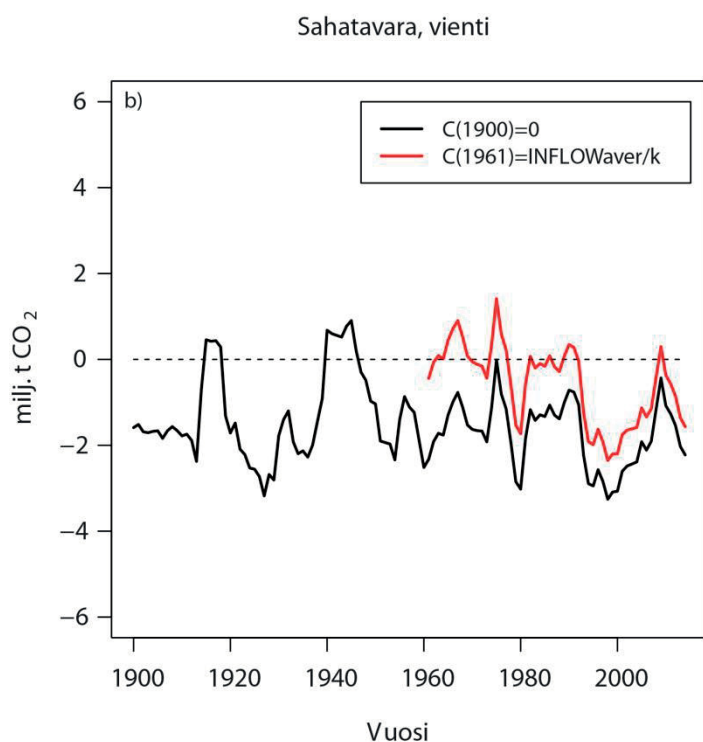
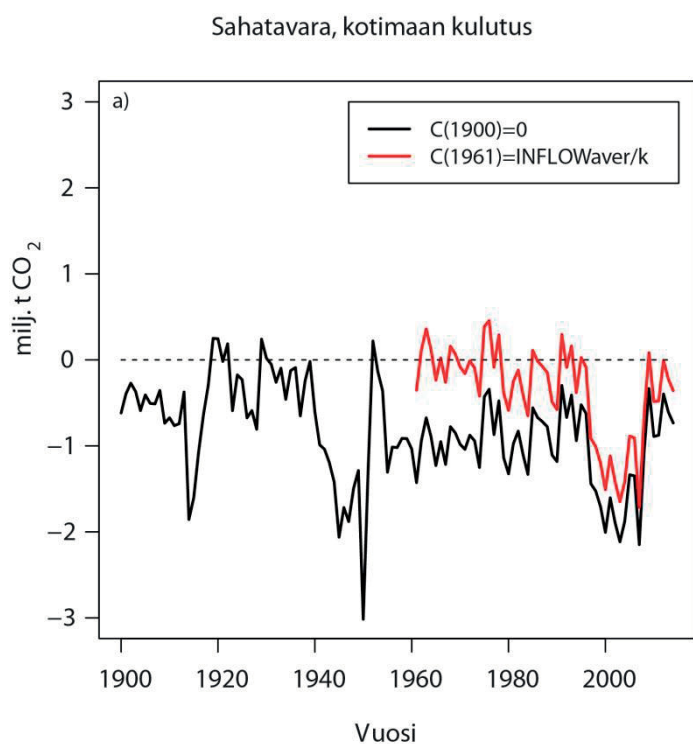
^a Muutuskoodit: FL= metsämaa, CL=viljelysmaa, GL=ruohikkoalue, WL2=turvetuotantoalue, S1=rakennettu maa (ei puustoa), S2=rakennettu maa (puustoa), S3=rakennettu maa (tiet, voimalinjat).

^b Puulajikoodit: 1=mänty ja muut havupuut kuin kuusi, 2=kuusi, 3=koivut, 5=muut lehtipuut.

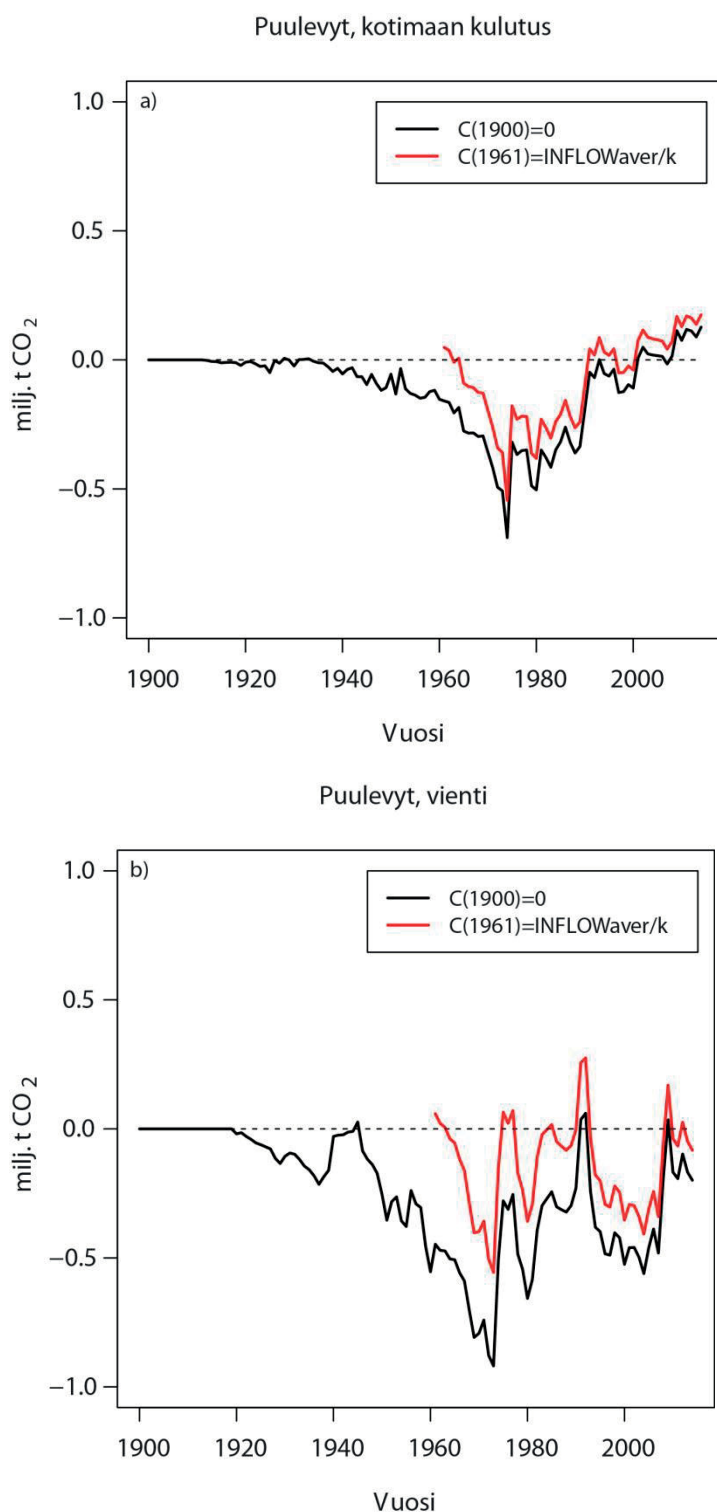
LIITE 3. Ilmastopimuksen laskennan tulokset

Liitetaulukko 3.1. Puutuoteryhmien hiilitase ilmastopimuksen laskennassa vuonna 2014 sekä kotimaan että viennin osalta (milj. t CO₂). Laskelma sisältää kotimaan puusta valmistetut puutuotteet. Paperin ja kartongin hiilitase on arvioitu puumassojen kautta. Sahatavaran osalta aloitusvuonna 1900 sulkujen edessä oleva luvussa ovat mukana piensahat vuodesta 1900 alkaen, ja suluissa olevassa luvussa piensahojen tuotanto on mukana vuodesta 1955 alkaen.

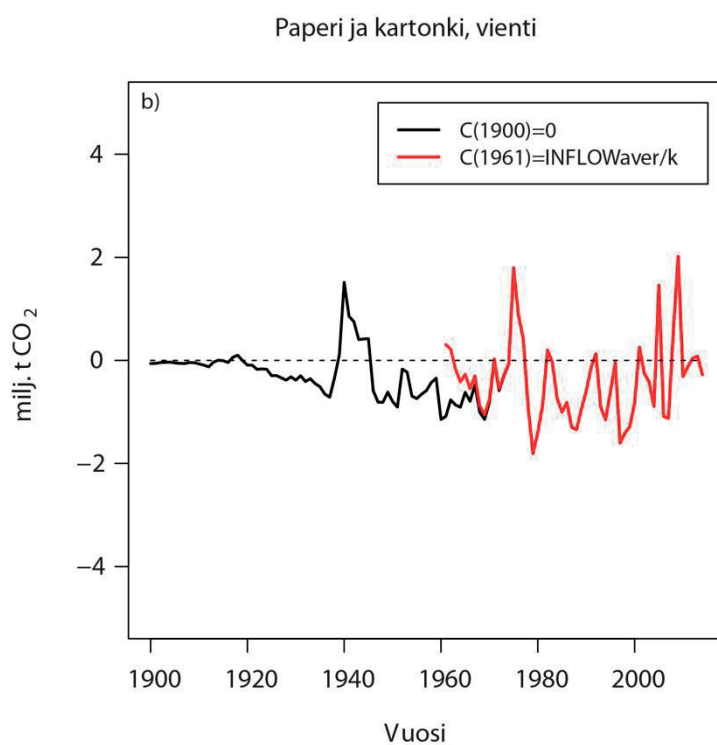
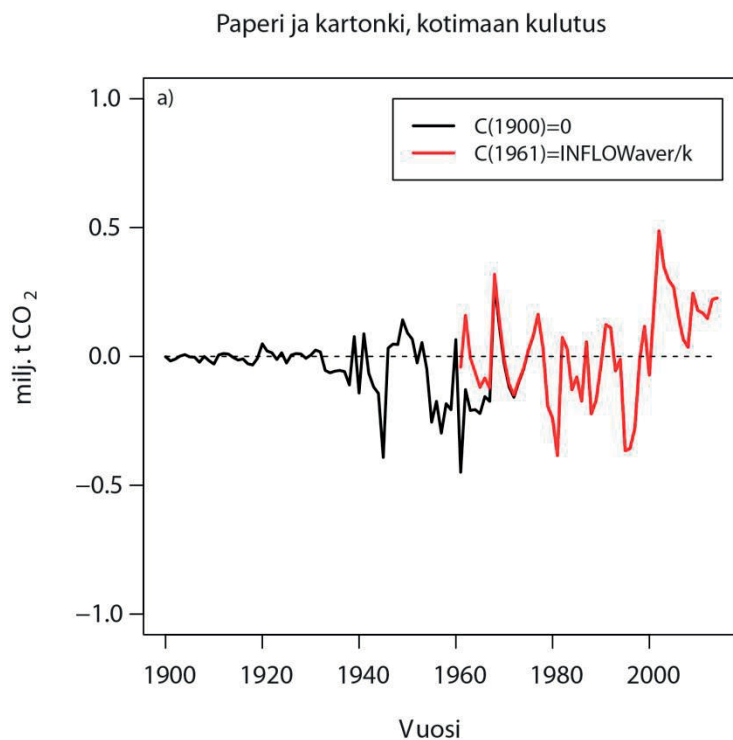
Puutuote	Kotimaa milj. t CO ₂	Vienti milj. t CO ₂	Kotimaa ja vienti yhteensä milj. t CO ₂
Sahatavara			
C(1900)=0	-0,734 (-0,853)	-2,223	-2,956 (-3,076)
C(1961)=Inflow _{aver} /k	-0,357	-1,564	-1,921
Puulevyt			
C(1900)=0	0,127	-0,199	-0,072
C(1961)=Inflow _{aver} /k	0,175	-0,083	0,092
Paperi ja kartonki			
C(1900)=0	0,227	-0,275	-0,049
C(1961)=Inflow _{aver} /k	0,227	-0,275	-0,049
Muu teollisuuden käyttämä raakapuu			
C(1900)=0	0,442	0,246	0,688
C(1961)=Inflow _{aver} /k	0,629	0,263	0,891



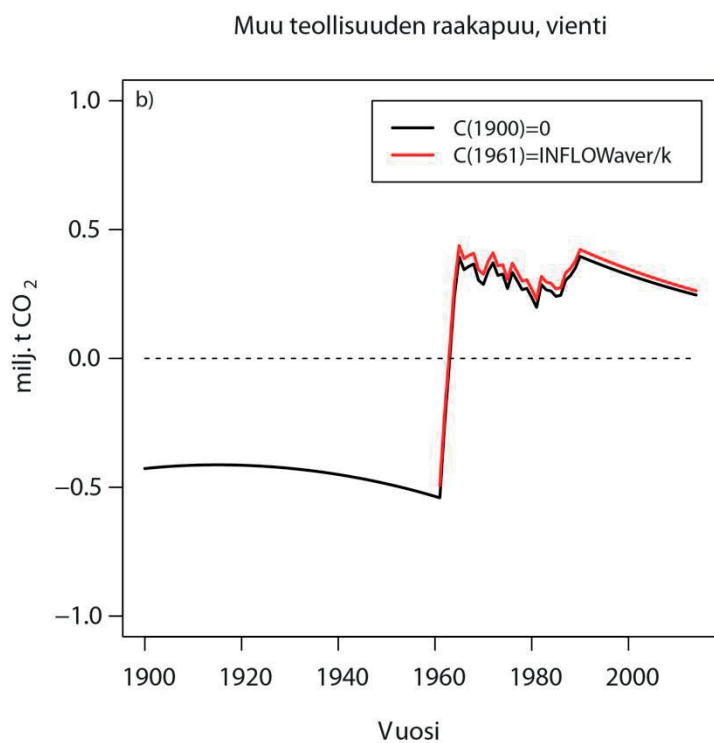
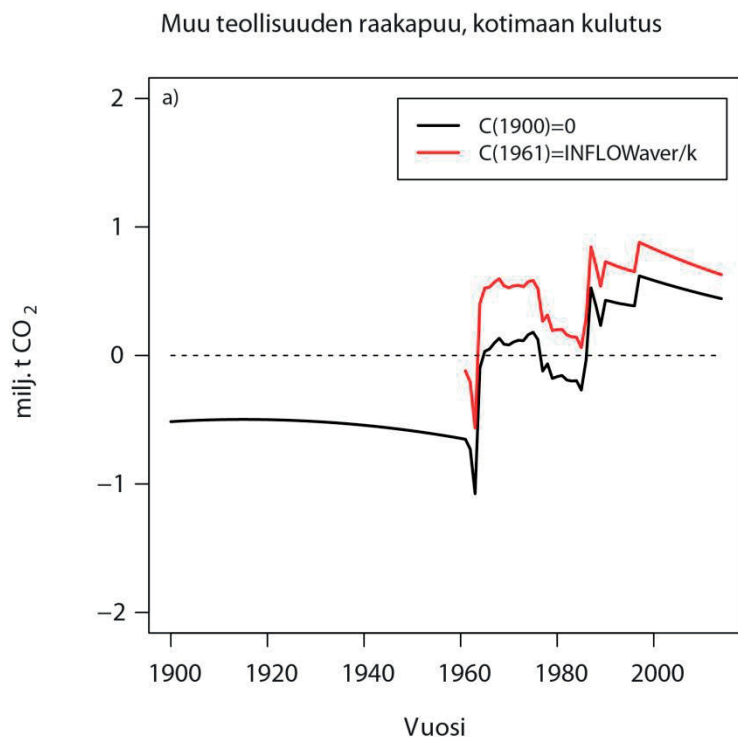
Kuva L_3.1. Sahatavaran hiilitase a) kotimaan kulutuksen ja b) viennin osalta vuosina 1900–2014 Ilmastopimuksen laskennassa vuonna 2014 (milj. t CO₂). Laskelma sisältää kotimaan puusta valmistetun sahatavaran. Kiinteä musta viiva (C(1900)=0) edustaa laskelmaa, jossa on käytetty kotimaan tilastoista kerättyä aineistoa vuoteen 1960 asti, ja sen jälkeen FAOSTAT:sta saatavaa aineistoa. Sahatavaratuotannossa on kotimaan kulutuksen osalta mukana piensahojen tuotanto vuosina 1900–2014. Positiiviset (+) arvot ovat päästöä ja negatiiviset (-) poistumaa eli negatiiviset arvot kuvaavat puutuotteisiin sitoutuvan hiilen määrää.



Kuva L_3.2. Puulevyjen hiilitase a) kotimaan kulutuksen ja b) viennin osalta vuosina 1900-2014 Ilmastopimuksen laskennassa vuonna 2014 (milj. t CO₂). Laskelma sisältää kotimaan puusta valmistetut puulevyt. Kiinteä musta viiva (C(1900)=0) edustaa laskelmaa, jossa on käytetty kotimaan tilastoista kerättyä aineistoa vuoteen 1960 asti, ja sen jälkeen FAOSTAT:sta saatavaa aineistoa. Positiiviset (+) arvot ovat päästöä ja negatiiviset (-) poistumaa eli negatiiviset arvot kuvaavat puutuotteisiin sitoutuvan hiilen määrää.



Kuva L_3.3. Paperin ja kartongin hiilitase a) kotimaan kulutuksen ja b) viennin osalta vuosina 1900–2014 Ilmastosopimuksen laskennassa vuonna 2014 (milj. t CO₂). Laskelma sisältää kotimaan puusta valmistetut paperi- ja kartonkituotteet. Kiinteä musta viiva (C(1900)=0) edustaa laskelmaa, jossa on käytetty kotimaan tilastoista kerättyä aineistoa vuoteen 1960 asti, ja sen jälkeen FAOSTAT:sta saatavaa aineistoa. Positiiviset (+) arvot ovat päästöä ja negatiiviset (-) poistumaa eli negatiiviset arvot kuvaavat puutuotteisiin sitoutuvan hiilen määrää.



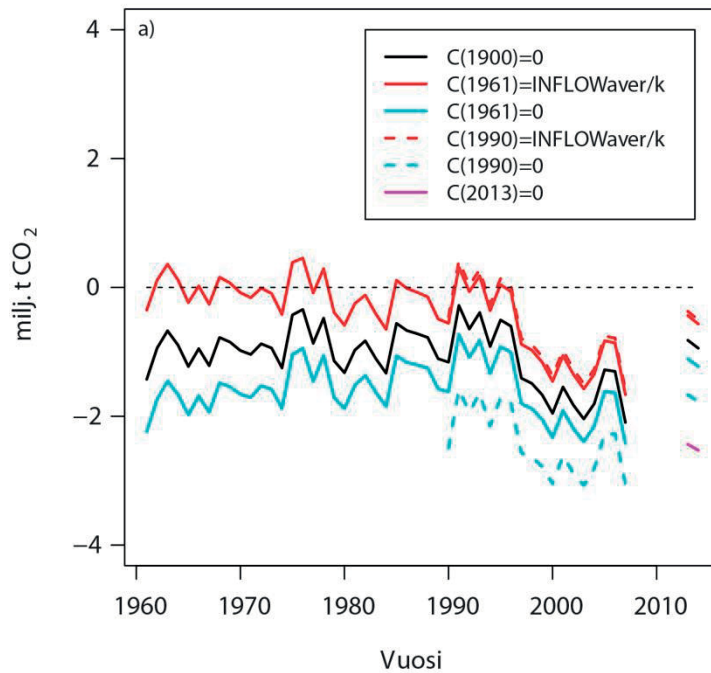
Kuva L_3.4. Muun teollisuuden käyttämän raakapuun hiilitase a) kotimaan kulutuksen ja b) viennin osalta vuosina 1900–2014 Ilmastosopimuksen laskennassa vuonna 2014 (milj. t CO₂). Laskelma sisältää muun kotimaisen teollisuuden käyttämän raakapuun. Kiinteä musta viiva (C(1900)=0) edustaa laskelmaa, jossa hiilitase on laskettu takautuvasti vuoteen 1900 asti, ja vuodesta 1961 eteenpäin on käytetty FAOSTAT:sta saatavaa aineistoa. Positiiviset (+) arvot ovat päästöä ja negatiiviset (-) poistumaa eli negatiiviset arvot kuvaavat puutuotteisiin sitoutuvan hiilen määrää.

LIITE 4. Kioton pöytäkirjan laskennan tulokset

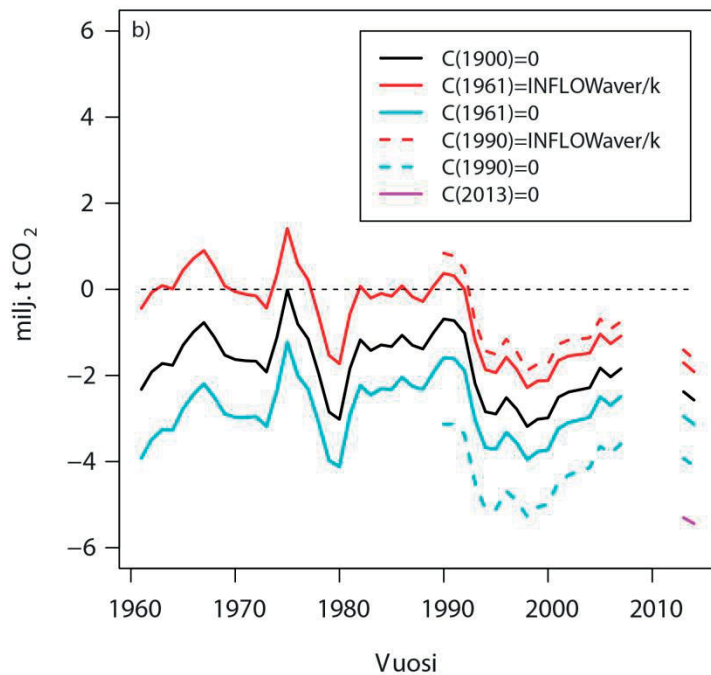
Liitetaulukko 4.1. Puutuoteryhmien hiilitase Kioton pöytäkirjan laskennassa vuonna 2014 (milj. t CO₂). Laskelma sisältää kotimaan puusta valmistetut puutuotteet FM- ja AR-metsistä tulleiden puutuotteiden osalta. Paperin ja kartongin hiilitase on arvioitu puumassojen kautta. Sahatavaran osalta aloitusvuoden 1900 kohdalla, ennen sulkuja olevassa luvussa on piensahojen tuotanto mukana vuodesta 1900 alkaen, ja suluissa olevassa luvussa vuodesta 1955 alkaen. Positiiviset (+) arvot ovat päästöä ja negatiiviset (-) poistumaa eli negatiiviset arvot kuvaavat puutuot-teisiin sitoutuvan hiilen määrää.

Puutuote	Kotimaa		Vienti		Kotimaa ja vienti	
	FM	AR	FM	AR	FM	AR
Sahatavara						
C(1900)=0	-0,944 (-1,063)	0	-2,571	0	-3,515 (-3,634)	0
C(1961)=Inflow _{aver} /k	-0,567	0	-1,912	0	-2,479	0
C(1961)=0	-1,228	0	-3,132	0	-4,360	0
C(1990)=Inflow _{aver} /k	-0,504	0	-1,621	0	-2,125	0
C(1990)=0	-1,773	0	-4,091	0	-5,864	0
C(2013)=0	-2,528	0	-5,439	0	-7,967	0
Puulevyt						
C(1900)=0	0,094	0	-0,304	0	-0,210	0
C(1961)=Inflow _{aver} /k	0,142	0	-0,188	0	-0,046	0
C(1961)=0	0,079	0	-0,345	0	-0,266	0
C(1990)=Inflow _{aver} /k	0,132	0	-0,228	0	-0,096	0
C(1990)=0	-0,081	0	-0,597	0	-0,678	0
C(2013)=0	-0,211	0	-0,938	0	-1,149	0
Paperi ja kartonki						
C(1900)=0	-0,212	-0,002	-6,463	-0,056	-6,675	-0,058
C(1961)=Inflow _{aver} /k	-0,212	-0,002	-6,463	-0,056	-6,675	-0,058
C(1961)=0	-0,212	-0,002	-6,463	-0,056	-6,675	-0,058
C(1990)=Inflow _{aver} /k	-0,211	-0,002	-6,463	-0,056	-6,675	-0,058
C(1990)=0	-0,212	-0,002	-6,465	-0,056	-6,677	-0,058
C(2013)=0	-0,337	-0,002	-7,873	-0,056	-8,250	-0,058

FM: Sahatavara, kotimaan kulutus

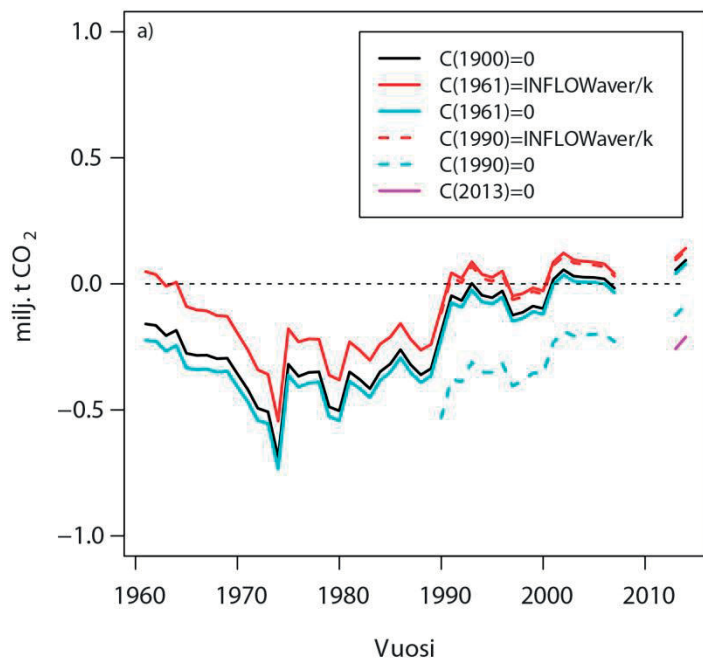


FM: Sahatavara, vienti

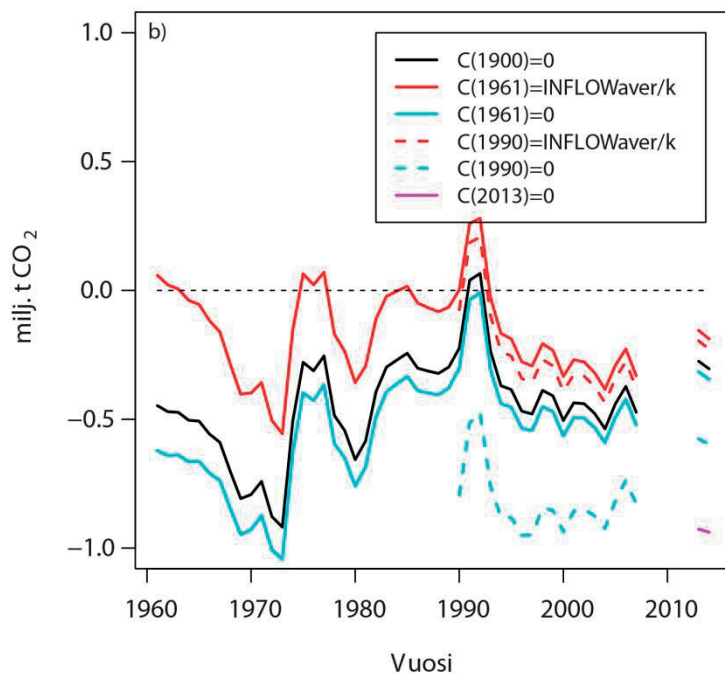


Kuva L_4.1. Sahatavaran hiilitase a) kotimaan kulutuksen ja b) viennin osalta vuosina 1960–2014 Kioton pöytäkirjan laskennassa vuonna 2014 (milj. t CO₂). Vuosien 2008–2012 puutuotteet on jätetty pois laskelmasta. Laskelma sisältää kotimaan puusta valmistetut puutuotteet, jotka ovat peräisin FM-metsistä. Kiinteä musta viiva (C(1900)=0) edustaa laskelmaa, jossa on käytetty kotimaan tilastoista kerättyä aineistoa vuoteen 1960 asti, ja sen jälkeen FAOSTAT:sta saatavaa aineistoa. Piensahojen tuotanto on mukana laskelmassa kotimaan kulutuksen osalta vuodesta 1900 alkaen. Positiiviset (+) arvot ovat päästöä ja negatiiviset (-) poistumaa eli negatiiviset arvot kuvaavat puutuotteisiin sitoutuvan hiilen määrää.

FM: Puulevyt, kotimaan kulutus

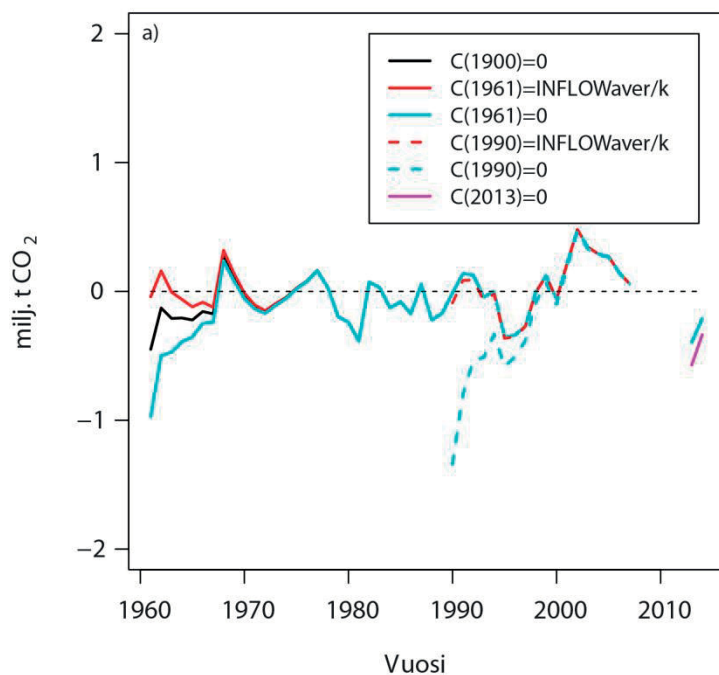


FM: Puulevyt, vienti

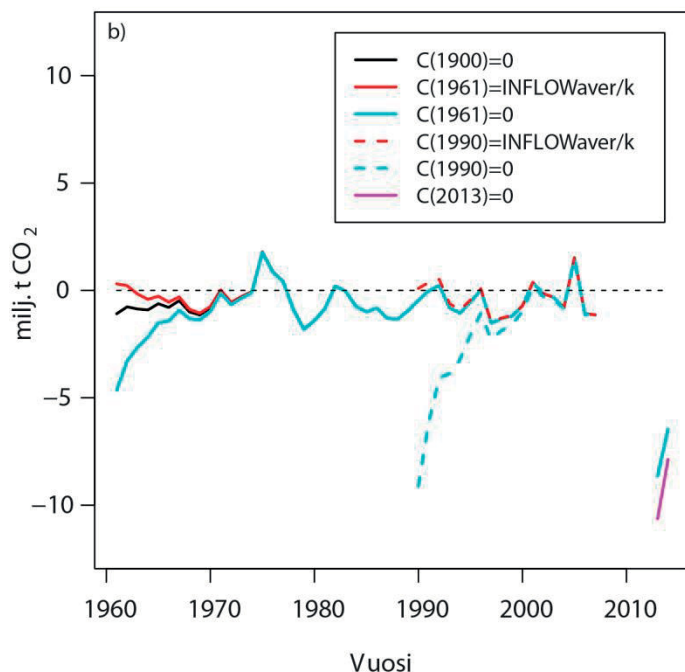


Kuva L_4.2. Puulevyjen hiilitase a) kotimaan kulutuksen ja b) viennin osalta vuosina 1960-2014 Kioton pöytäkirjan laskennassa vuonna 2014 (milj. t CO₂). Vuosien 2008–2012 puutuotteet on jätetty pois laskelmasta. Laskelma sisältää kotimaan puusta valmistetut puutuotteet, jotka ovat peräisin FM-metsistä. Kiinteä musta viiva (C(1900)=0) edustaa laskelmaa, jossa on käytetty kotimaan tilastoista kerättyä aineistoa vuoteen 1960 asti, ja sen jälkeen FAOSTAT:sta saatavaa aineistoa. Positiiviset (+) arvot ovat päästöä ja negatiiviset (-) poistumaa eli negatiiviset arvot kuvaavat puutuotteisiin sitoutuvan hiilen määrää.

FM: Paperi ja kartonki, kotimaan kulutus



FM: Paperi ja kartonki, vienti



Kuva L_4.3. Puumassojen hiilitase a) kotimaan kulutuksen ja b) viennin osalta vuosina 1960–2014 Kioton pöytäkirjan laskennassa vuonna 2014 (milj. t CO₂). Vuosien 2008–2012 puutuotteet on jätetty pois laskelmasta. Laskelma sisältää kotimaan puusta valmistetut puutuotteet, jotka ovat peräisin FM-metsistä. Kiinteä musta viiva (C(1900)=0) edustaa laskelmaa, jossa on käytetty kotimaan tilastoista kerättyä aineistoa vuoteen 1960 asti, ja sen jälkeen FAOSTAT:sta saatavaa aineistoa. Puumassojen vienti on laskettu käyttämällä paperin ja kartongin viennin osuutta paperin ja kartongin kokonaistuotannosta. Positiiviset (+) arvot ovat päästöä ja negatiiviset (-) poistumaa eli negatiiviset arvot kuvaavat puutuotteisiin sitoutuvan hiilen määrää.



luke.fi

Luonnonvarakeskus
Latokartanonkaari 9
00790 Helsinki
puh. 029 532 6000