

Loppuraportti

Pirkanmaan metsien hiilivaraston kehitys

Rämö, J., Hirvelä, H., Katila, M., Mikkola, E., Mäkisara, K.

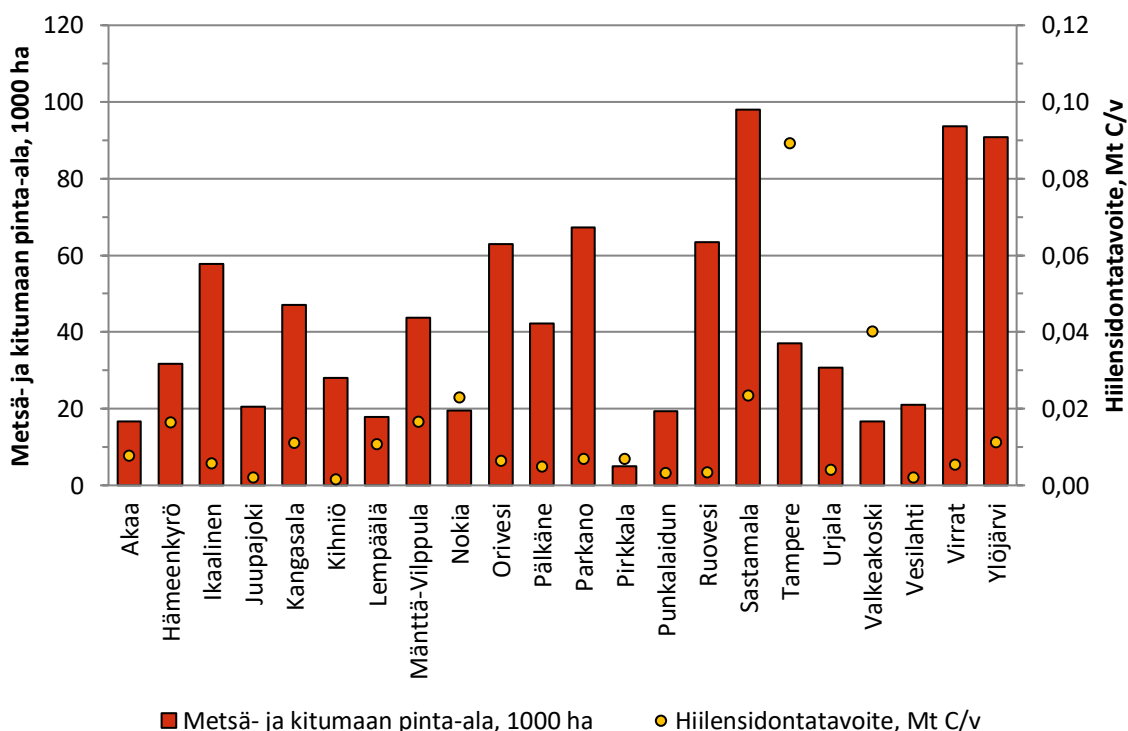
Sisällysluettelo

1.	Johdanto ja tiivistelmä.....	3
2.	Lähtötiedot ja menetelmät	5
3.	Tulokset.....	8
4.	Laskelmiin ja arvioihin liittyviä varauksia.....	15
	Lähteet	16
	Määritelmiä.....	18
	Liitteet	23

1. Johdanto ja tiivistelmä

Tämän toimeksiannon tavoitteena oli selvittää Pirkanmaan maakunnan alueen metsien kunnittaiset suurimman kestävän aines- ja energiapuun hakkuukertymän arviot ja niitä vastaava puuston määrän ja hiilivaraston kehitys vuoteen 2040 asti. Laskelmissa otettiin huomioon vain elävään puustoon sitoutuneen hiilen määrä. Suurimman kestävän hakkuukertymän arvio laadittiin kahdella vaihtoehtoisella tavalla, ilman hiilensidontatavoitetta (SK) ja hiilensidontatavoitteen vallitessa (SK-C). Molemmat hakkuumahdollisuusarviot esitetään vuosille 2015–2040. Toimeksiannon tilaajana oli Pirkanmaan ELY-keskus.

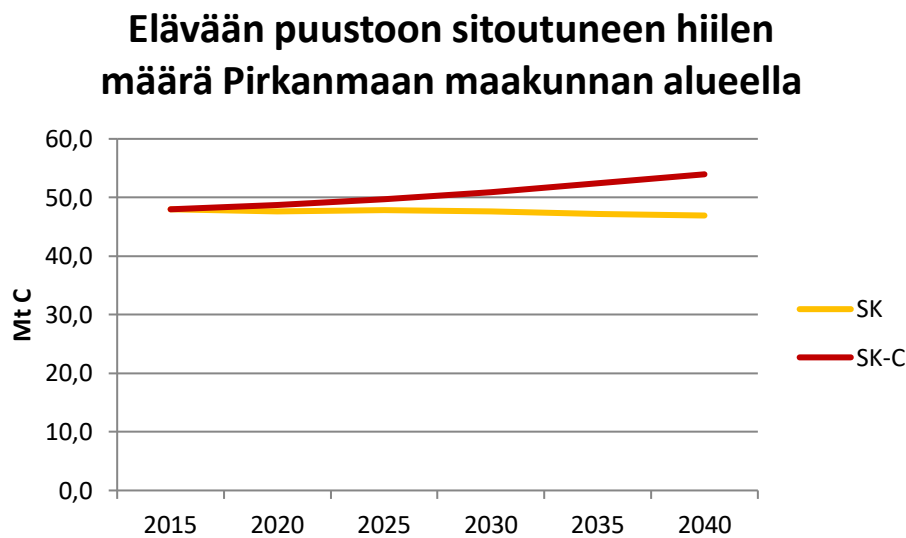
Pirkanmaan maakunnan metsä- ja kitumaan pinta-ala on 930 771 hehtaaria, joilla tavoitteena on vuonna 2030 sitoa yhteensä 301 810 tonnia hiiltä vuodessa. Kuntakohtaiset hiilensidontatavoitteet sekä metsä- ja kitumaan pinta-ala on esitetty Kuvassa 1.



Kuva 1: Metsä- ja kitumaan pinta-ala (1000 ha) sekä hiilensidontatavoite (Mt/v) kunnittain.

Ilman hiilensidontatavoitetta vuoteen 2040 mennessä Pirkanmaan maakunnan tasolla hiilivaraston arvioidaan hieman laskevan, noin 48 miljoonasta tonnista 47 miljoonaan tonniin.

Kun hiilensidontatavoite otetaan huomioon, kasvaa elävään puustoon sitoutuneen hiilen määrä vuoden 2015 48 miljoonasta tonnista noin 54 miljoonaan tonniin vuoteen 2040 mennessä (Kuva 2). Hiilensidontatavoitteen huomioiminen laskee koko tarkastelujakson keskimääräistä vuotuista runkopuun kokonaispoistumaa 6,5 miljoonasta kuutiometrissä 5,9 miljoonaan kuutiometriin. Vastaavasti tarkastelujakson keskimääräinen vuotuinen aines- ja energiarunkopuukertymä laskee 6,0 miljoonasta kuutiometrissä 5,4 miljoonaan kuutiometriin, kun hiilensidontatavoite huomioidaan.



Kuva 2: Elävään puuston sitoutuneen hiilen määrä (Mt C) Pirkanmaan maakunnan alueella ilman hiilensidontatavoitetta (SK) ja hiilensidontatavoitteella (SK-C)

2. Lähtötiedot ja menetelmät

Hakkuumahdollisuusarvioiden ja niitä vastaavien metsien kehitysarvioiden lähtötietoina käytettiin monilähteisen inventoinnin (MVMI) aineistoa, joka koostui Luonnonvarakeskuksen valtakunnan metsien inventoinnin (VMI) koeala-aineiston, numeeristen paikkatietoaineistojen ja satelliittikuvien kautta saatavan tiedon yhdistelmästä. VMI-koeala-aineisto oli mitattu vuosina 2013–2017 ja siten laskelma-aineisto vastasi keskimäärin vuoden 2015 metsävarojen tilannetta. Metsänkäsittelyrajoitusten vaikutusten kuvaamiseksi aineisto jaettiin laskelmissa kahteen käsittelyluokkaan: metsänkäsittelyn piirissä olevat ja metsänkäsittelyn ulkopuolella olevat. Metsänkäsittelyn rajoitukset tarkemmin, ks. liite 1.

Hakkuumahdollisuusarviot laadittiin Luken MELA-ohjelmiston (Hirvelä ym. 2017) avulla, joka on metsien käyttömahdollisuuksien analysointiin ja metsien käytön suunnitteluun kehitetty laskentaväline. Arviot laadittiin kullekin Pirkanmaan kunnalle erikseen. MELA-ohjelmiston avulla tuotettiin aineistolle joukko erilaisia käsittely- ja kehitysvaihtoehtoja laskelmakausien määrittämälle ajalle ja näistä vaihtoehtoista käsittelyketjuista valittiin lineaarisen optimoinnin (Lappi 1992) avulla metsien käytölle asetettujen kuntakohtaisten vaatimusten mukainen käsittely- ja kehityssarja. Puuston kehitys, hakkuumäärät ja -tulot sekä korjuukustannukset määräytyivät simuloitujen käsittely- ja kehitysvaihtoehtojen sekä kunnan alueen metsätaloudelle asetettujen tavoitteiden ja rajoitteiden perusteella.

MELA-ohjelmistolla tehtyjen laskelmien oletuksina ja taustatietoina sekä vaihtoehtoisten käsittelyketjujen simulointimäärityksinä käytettiin MELA Tulospalvelun (MELA Tulospalvelu 2018) mukaisia määrityksiä mm. metsänhoidon suosituksista, metsänkäytön rajoituksista johdettujen käsittelyluokkien metsänkäsittelyistä, puiden kasvuntasosta, hinnoista ja kustannuksista (simulointi tarkemmin, ks. liite 2). Laskentaa ei tehty vuosittain, vaan laskelma-aika jaettiin kuuteen 5-vuoden pituiseen laskelmakauteen. Arviot esitetään viiden ensimmäisen kauden ajalle (vuosille 2015–2040) ja laskelmien 6. kausi oli mukana vain kestävyysvarmistamiseksi eikä tämän kauden arvioita esitetä. Laskelmissa ei otettu huomioon mahdollisia laskelman aikaisia muutoksia metsäpinta-alassa tai metsänkäytön rajoituksissa.

Laaditut hakkuumahdollisuusarviot perustuivat tienvarsihinnoilla (tukki- ja kuitupuu) ja käyttöpistehinnoilla (energiapuu) laskettujen kunnan alueen nettotuottojen nykyarvon

maksimointiin. Nettotulojen laskennassa otettiin huomioon kaikki laskelman aikana simuloidut tulot ja kustannukset. Tienvarsi-/käyttöpistehintojen käytöllä ja nettotulojen nykyarvon maksimoinnilla varmistettiin korjuun kannattavuus. Laaditut hakkuumahdollisuusarviot olivat:

1) Suurin kestävä aines- ja energiapuun hakkuukertymäarvio (SK).

Arvio laadittiin samalla tavalla kuin MELA Tulospalvelussa esitetty vastaava arvio (MELA Tulospalvelu 2018). Arvio määrittää hakkuuden ylärajan silloin, kun metsätalouden puuntuotannollista ja taloudellista kestävyyttä pidetään tavoiteltavana. Arviossa suurin jatkuvasti hakattavissa olevan puuntuotannollinen ja taloudellinen kestävyys määritettiin siten, että

- laskelmakausittaiset nettotulot sekä aines- ja energiapuun kokonaishakkuukertymät pysyvät vähintään edellisen laskelmakauden tasolla,
- tukkipuukertymä säilyi koko laskelma-ajan vähintään ensimmäisen laskelmakauden tasolla,
- puuston tuottoarvo neljän prosentin korkokannalla laskettuna oli laskelma-ajan lopussa vähintään alkuhetken tasolla ja
- nettotuottojen nykyarvoa maksimointiin em. rajoitteiden vallitessa neljän prosentin korkokannalla.

Arviossa ei rajoitettu kasvun ja kokonaispoistuman suhdetta, metsien ikäluokkarakennetta tai uudistushakkuuden määrää, eikä puulajeittaista kestävyyttä edellytetty. Energiapuukertymä voi vapaasti koostua rangasta, hakkuutähteestä ja kannoista.

2) Suurin kestävä aines- ja energiapuun hakkuukertymäarvio + hiilensidontatavoite (SK-C).

Hiilensidontatavoitteen sisältämä hakkuumahdollisuusarvio (SK-C) on sama kuin yllä 1) -kohdan SK-arvio, mutta lisäksi vaaditaan, että vuodesta 2030 eteenpäin elävän puuston vuotuisen hiilensidonnan pitää kunkin kunnan alueella olla taulukossa 1 esitetyllä tasolla. Elävän puuston hiilen määrällä tarkoitetaan elävän puuston runkokuun, oksien, neulasten, lehtien, kantojen ja juurien hiilen määrää yhteensä. Hiilensidontatavoitteen määränä käytettiin Hiilineutraali kunta (HINKU) -projektin (Tehnen ja Seppälä 2019) pohjalta laadittua tavoitetta: HINKU-kunnan tavoitteena on vähentää päästöjä 80% vuoden 2007 tasosta vuoteen 2030 mennessä, ja tässä selvityksessä hiilensidontatavoitteena on, että vuonna 2030 metsien vuotuinen hiilensidonta vastaa 20% vuoden 2007 päästöistä. Kunnittaiset hiilensidontatavoitteet

esitetään taulukossa 1. Tilaaja on toimittanut hiilensidontatavoitteiden taustalla olevat kunnittaiset CO₂ekv-päästötiedot. CO₂-ekv muutetaan hiileksi (C) jakamalla CO₂-ekv 3,66:lla.

Vuosille 2015-2030 hiilensidonnan kehitys oletetaan lineaariseksi kohti 2030 tavoitetta.

Taulukko 1: Kunnittaiset hiilensidontatavoitteet vuodelle 2030 (Pirkanmaan ELY-keskus)

	Päästöt vuonna 2007, Mt CO₂-ekv/v	Hiilensidontatavoite, Mt C/v
Pirkanmaa	5.523	0.302
Akaa	0.142	0.008
Hämeenkyrö	0.299	0.016
Ikaalinen	0.104	0.006
Juupajoki	0.039	0.002
Kangasala	0.201	0.011
Kihniö	0.029	0.002
Lempäälä	0.196	0.011
Mänttä-Vilppula	0.302	0.017
Nokia	0.419	0.023
Orivesi	0.118	0.006
Parkano	0.127	0.007
Pirkkala	0.127	0.007
Punkalaidun	0.058	0.003
Pälkäne	0.088	0.005
Ruovesi	0.063	0.003
Sastamala	0.428	0.023
Tampere	1.633	0.089
Urjala	0.074	0.004
Valkeakoski	0.735	0.040
Vesilahti	0.037	0.002
Virrat	0.098	0.005

Yllä mainitut kestävyysvaatimukset asetettiin erikseen jokaisen kunnan alueelle. Tulokset laskettiin kunnittain aluetta koskevinä summatietoina. Lisäksi osa laskelmien lähtötilanteen tuloksista jaettiin yksityisten ja muiden metsänomistajien hallinnassa oleviin alueisiin. Tilaaja toimitti omistajaluokituksen paikkatietona. Koska edellä mainitut rajoitteet asetetaan ja optimointi toteutetaan kunnittain, ei kuntien välillä voi toteutua päästöoikeuksien siirtoa; kunnat eivät voi kompensoida toisten kuntien päästöjä. Pirkanmaan maakunnan ja Tampereen kaupunkiseudun aluetta koskevat arviot on saatu summaamalla ko. yksittäisten kuntien arviot. On huomattava, että kestävyysvaatimusten erilaisista tasoitusalueista (kunta/maakunta) johtuen näin lasketut summatulokset eivät todennäköisesti ole samat kuin maakuntatason tulokset, jos arviot laadittaisiin suoraan maakuntatasolle asetettujen kestävyysvaatimusten avulla.

3. Tulokset

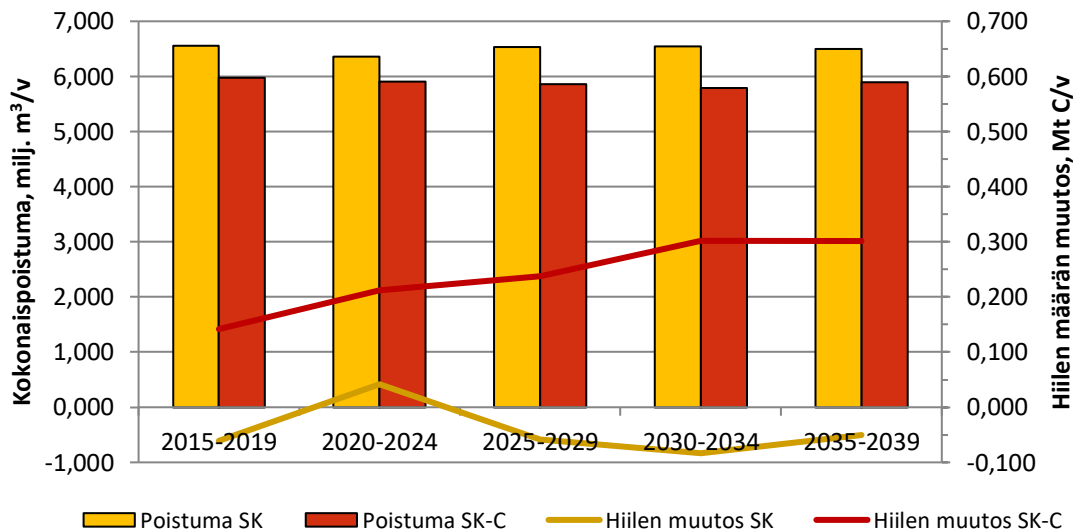
Pirkanmaan maakunnan alueella suurimman kestävän aines- ja energiapuun hakkuukertymäarviossa (SK) vuotuinen runkopuun kokonaispoistuma on noin 6,5 miljoonan kuutiometrin tasolla koko tarkastelujakson ajan (Kuva 3). SK-arviossa kokonaispoistuma on Pirkanmaan maakunnan alueella hieman suurempi kuin puuston kasvu, ja siten elävään puuston sitoutuneen hiilen määrä laskee noin miljoonalla tonnilla vuosien 2015 ja 2040 välillä.

SK-C -arviossa hakkuita pienennetään, jotta hiilensidontatavoite saadaan täytettyä. Kokonaispoistuma pysyy vajaassa 6 miljoonassa kuutiometrissä, ja puustoon sitoutuneen hiilen määrä kasvaa 48 miljoonasta tonnista noin 54 miljoonaan tonniin vuosina 2015–2040 (Kuva 2).

SK-arviossa ainespuun (tukki- ja kuitupuun) ja energiarunkopuun hakkuukertymä on ensimmäisellä kaudella (vuosina 2015-2019) yhteensä 5,8 miljoonan kuutiometrin vuositasolla. Vastaavasti hiilensidontatavoitteen sisältämässä SK-C arviossa ainespuun hakkuukertymä on 5,3 miljoonaa kuutiometriä. Vuosina 2015-2018 ainespuun ja energiarunkopuun toteutunut hakkuukertymä oli Pirkanmaan maakunnan alueella keskimäärin 5,3 miljoonaa kuutiometriä ja vuonna 2018 5,7 miljoonaa kuutiometriä (Metsätilastot 2019). On kuitenkin huomattava, että tiedot toteutuneesta energiarunkopuun hakkuukertymästä perustuvat osittain kyselytutkimuksiin (Metsätilastot 2019).

MELA Tulospalvelussa (2018) esitetty Pirkanmaan maakunnan alueen SK-arviota vastaava ainespuun ja energiarunkopuun vuotuinen hakkuukertymäarvio on yhteensä 5,6 miljoonaa kuutiometriä vuosina 2015-2024 eli se on hieman alemmalla tasolla kuin tässä toimeksiannossa. Eron taustalla on mm. se, että MELA Tulospalvelun (2018) arvion laadinnassa metsävaratiedot perustuvat vain maastossa mitattuihin koelohihin ja että arvio on laadittu koko maakunnan alueelle. Myös laskelma-aika on erilainen: 50 vuotta jaettuna viiteen kymmenvuotiskauteen.

Kokonaispoistuma ja hiilensidonta Pirkanmaan maakunnan alueella

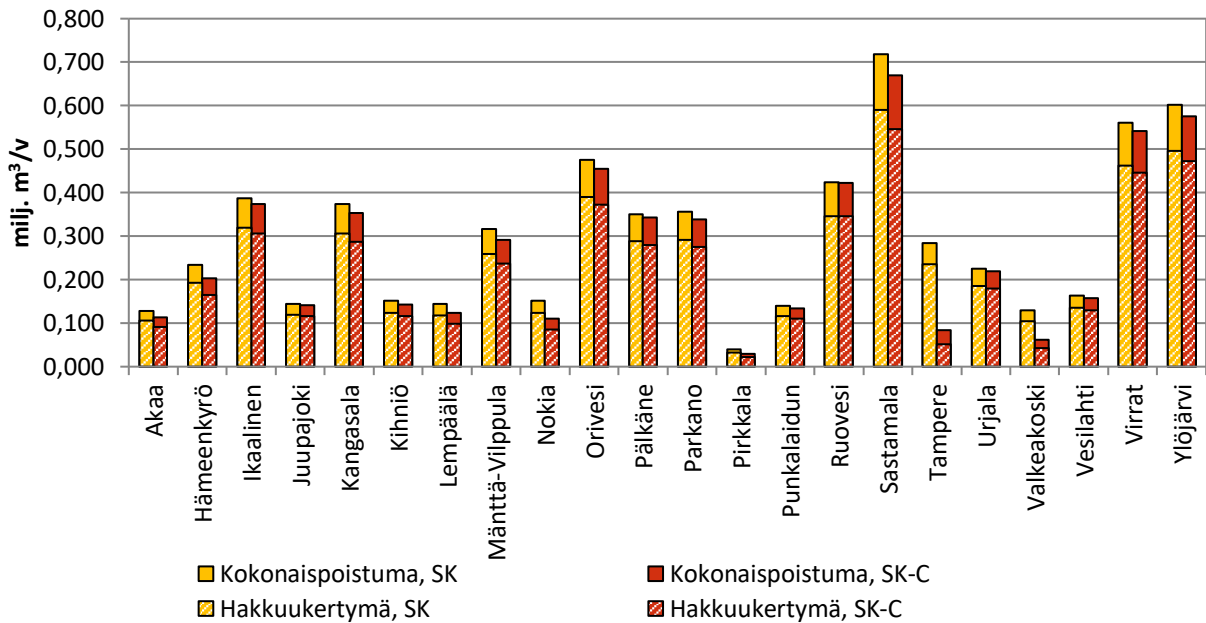


Kuva 3: Vuotuinen kokonaispoistuma (milj. m³/v) ja elävän puuston hiilen määrän muutos (Mt C/v) Pirkanmaan maakunnan alueella ilman hiilensidontatavoitetta (SK) ja hiilensidontatavoitteella (SK-C).

Hiilensidontatavoitteen seurauksena runkopuun vuotuinen kokonaispoistuma pienenee runsaalla 0,6 miljoonalla kuutiometrillä keskimäärin tarkastelujaksolla 2015-2040, ollen noin 91% SK-arvion tasosta (Kuva 3). Samalla myös puuston tilavuus lisääntyy ollen keskimäärin tarkastelujaksolla vajaa 0,5 miljoonaa kuutiometriä (8%) suurempi kuin kokonaispoistuma. Kunnittainen tilanne kuitenkin vaihtelee paljon. Esimerkiksi Ruovedellä metsien rakenteesta ja pinta-alasta johtuen hiilen määrän muutos SK-arviossa on lähellä hiilensidontatavoitetta, joten

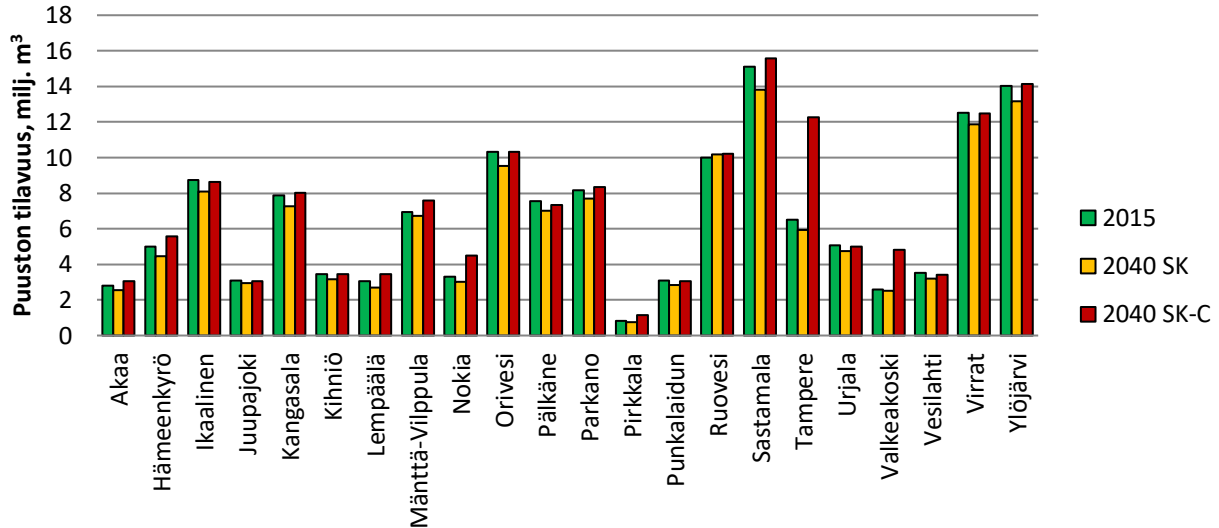
muutokset hakkuumäärissä on erittäin pieniä, kun taas Tampereella ja Valkeakoskella SK-C -arvion hakkuut ovat kymmeniä prosentteja SK-arviota pienempiä korkeasta hiilensidontatavoitteesta johtuen (Kuva 4). Hiilensidontatavoitteen myötä tilavuus vuonna 2040 on kaikissa kunnissa korkeampi kuin ilman hiilensidontatavoitetta (Kuva 5), mutta vaikutus riippuu kunkin kunnan hiilensidontatavoitteesta.

Keskimääräinen vuotuinen kokonaispoistuma ja hakkuukertymä kunnittain



Kuva 4: Keskimääräinen puuston vuotuinen kokonaispoistuma ja runkopuun hakkuukertymä (milj m³/v) 2015-2040 kunnittain ilman hiilensidontatavoitetta (SK), ja hiilensidontatavoitteella (SK-C)

Puuston kunnittaiset tilavuudet vuosina 2015 ja 2040



Kuva 5: Puuston kunnittaiset tilavuudet (milj. m³) vuonna 2015 ja 2040 ilman hiilensidontatavoitetta (SK) ja hiilensidontatavoitteella (SK-C). Alkutila vuonna 2015 on molemmissa arvioissa sama.

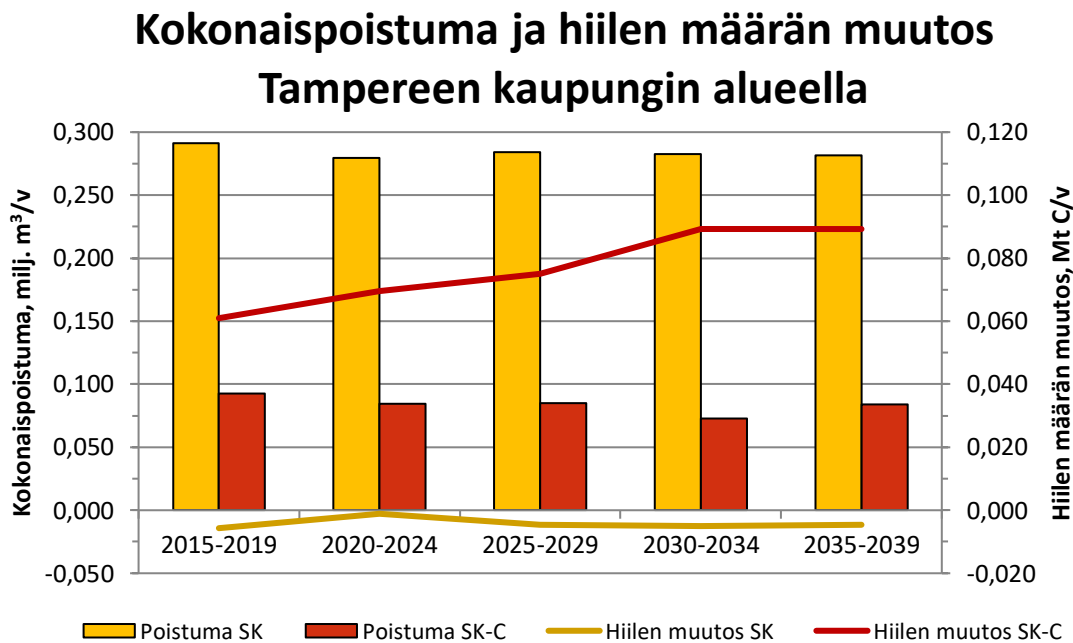
SK ja SK-C -arvioita vertailtaessa, tuloksissa esiintyy kolmen tyyppin kuntia:

- Kokonaispoistuma putoaa merkittävästi (> 15%)
 - o Nokia, Pirkkala, Tampere, Valkeakoski
- Kokonaispoistuma muuttuu vain vähän (5-15%)
 - o Akaa, Hämeenkyrö, Kangasala, Kihniö, Lempäälä, Mänttä-Vilppula, Parkano, Sastamala
- Kokonaispoistuma ei muutu juuri lainkaan (< 5%).
 - o Ikaalinen, Juupajoki, Orivesi, Punkalaidun, Pälkäne, Ruovesi, Urjala, Vesilahti, Virrat, Ylöjärvi

Alla on esitetty tarkemmin yksi kunta kustakin tyyppistä. Tarkat kunnittaiset, koko Pirkanmaan, sekä Tampereen kaupunkiseudun tulokset löytyvät liitteenä olevista tiedostoista (SK-Pirkanmaa.xls, SK-C-Pirkanmaa.xls).

Tampere

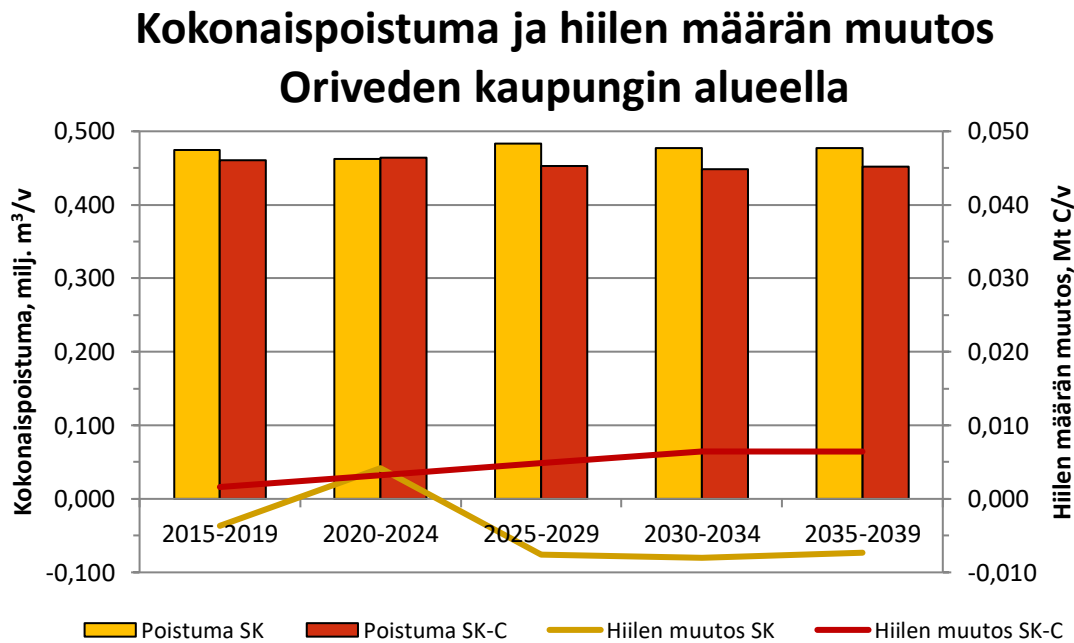
Tampereen kaupungin alueen päästöt ovat viidenneksen koko Pirkanmaan maakunnan päästöistä, ja siten myös kompensointitarve on suurin. SK-arviossa kokonaispoistuma on puuston kasvua suurempi, ja puuston runkotilavuus pienenee vuoden 2015 noin 6,5 miljoonasta 5,9 miljoonaan kuutiometriin vuoteen 2040 mennessä. Samalla elävään puustoon sitoutuneen hiilen määrä alenee koko tarkastelujakson ajan. Tampereen päästöt ovat korkeat, ja siten myös hiilensidontatavoite on merkittävä (Taulukko 1). Siten SK-C -arvio on puuston hiilimäärää voimakkaasti lisäävä, minkä seurauksena runkokuun kokonaispoistuma alenee noin kolmannekseen verrattuna SK-arvioon (Kuva 6), ja runkotilavuus nousee yli 12 miljoonaan kuutiometriin vuoteen 2040 mennessä. Vuodesta 2030 eteenpäin vuotuinen hiilensidonta on noin 90 000 tonnia.



Kuva 6: Vuotuinen kokonaispoistuma (milj. m³) ja hiilen määrän muutos (Mt C) Tampereen kaupungin alueella ilman hiilensidontatavoitetta (SK) ja hiilensidontatavoitteella (SK-C).

Orivesi

Oriveden kunnan alueella vuotuinen poistuma on SK-C arvioissa noin viisi prosenttia pienempi kuin SK-arvioissa. SK-arvioissa kokonaispoistuma ylittää kasvun, ja elävän puuston hiilivarasto pienenee 0,1 miljoonalla tonnilla vuosien 2015 ja 2040 välillä. SK-C arvioissa hakkuita hieman vähennetään, jolloin kasvu ylittää poistuman, ja hiilivarasto kasvaa noin 0,1 miljoonalla tonnilla, 3,46 miljoonasta tonnista 3,57 miljoonaan tonniin. Vuodesta 2030 eteenpäin SK-C -arvioissa vuotuinen hiilensidonta on noin 6500 tonnia (Kuva 7).

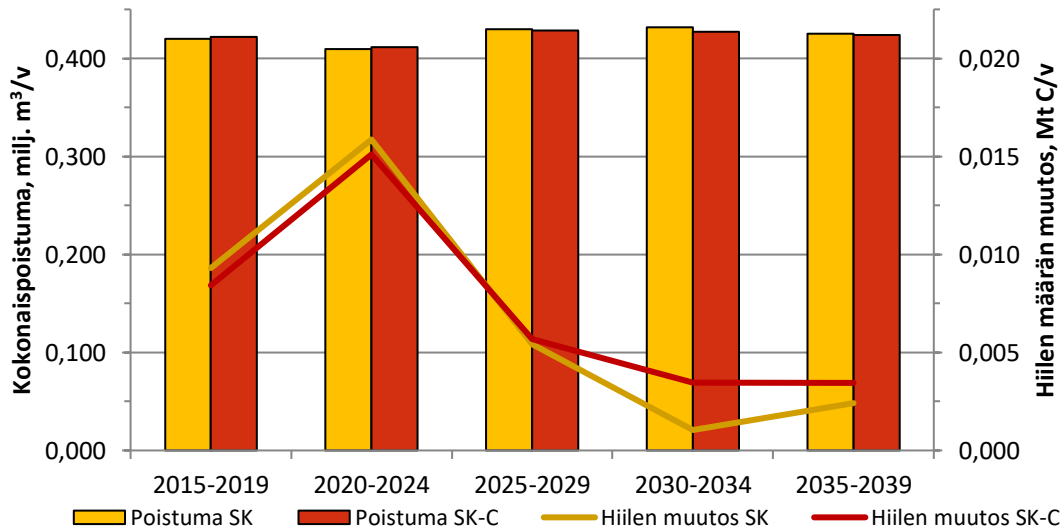


Kuva 7: Vuotuinen kokonaispoistuma (milj. m³/v) ja hiilen määrän muutos (Mt C/v) Oriveden kaupungin alueella ilman hiilensidontatavoitetta (SK) ja hiilensidontatavoitteella (SK-C).

Ruovesi

Ruoveden kunnan alueen metsien ikärakenteesta johtuen SK-arviossa puuston tilavuus lisääntyy hieman vuoteen 2040 mennessä. Alueella on nuoria metsiä, ja siten SK-arviossa puuston tilavuus lisääntyy ja hakkuukertymän tasoa voidaan nostaa vuoteen 2030 asti. Puuston tilavuuden lisääntyminen näkyy aluksi hiilen määrän nousuna (2020-2024), ja hakkuukertymätason nousu näkyy hiilen määrän lisääntymisen laskuna (2025-2029). Puustoon sitoutuneen hiilen määrä kuitenkin lisääntyy jokaisella tarkastelujakson 5-vuotiskaudella ja puuston hiilen määrän muutos ylittääkin kunnan, matalista päästöistä johtuen suhteellisen alhaisen hiilensidontatavoitteen jo valmiiksi 1.-3. kausilla. SK-C -arvion mukaisen hiilensidontatavoitteen lisäämisen seurauksena puuston hiilensidonta on tavoitetulla tasolla myös vuodesta 2030 eteenpäin. Hiilensidontatavoitteen aiheuttama muutos ja sen seurauksena myös arvioiden väliset erot ovat kuitenkin pienet (Kuva 8).

Kokonaispoistuma ja hiilen määrän muutos Ruoveden kunnan alueella



Kuva 8: Vuotuinen kokonaispoistuma (milj. m³/v) ja hiilen määrän muutos (Mt C/v) Ruoveden kunnan alueella ilman hiilensidontatavoitetta (SK) ja hiilensidontatavoitteella (SK-C).

4. Laskelmiin ja arvioihin liittyviä varauksia

Laskelmiin ja arvioihin liittyy epävarmuustekijöitä. Hakkuumahdollisuusarviot perustuvat oletukseen siitä, että puuston kasvuun vaikuttavat tekijät ja puiden reagointi niihin eivät muutu laskelma-ajan kuluessa. Muutokset näissä oletuksissa saattavat vaikuttaa esitettyihin arvioihin. Lisäksi arvioissa ei ole otettu huomioon metsänomistajien hakkuukäyttämistä, koeala-aineistosta laadittujen laskentakuvioiden sijaintia suhteessa toisiinsa tai ainespuun käyttöpisteisiin eikä näiden vaikutusta puustamaksukykyyn tai puun kysyntään.

Arvioissa on myös oletettu, että metsäpinta-ala ja metsänkäytön rajoitukset eivät muutu, vaan pysyvät vuoden 2015 tasolla.

Vaihtoehtojen simuloinnissa hakkuut simulointiin aina, kun se oli puustotietojen ja metsänhoitosuosituksen perusteella mahdollista. Optimoinnissa ei kuitenkaan aina valittu ratkaisuun hakkuuta, jotka simuloitiin heti kun metsänhoitosuositukset sen mahdollistivat. Hakkuuta oli mahdollista siirtää tehtäväksi myöhemminä laskelmakausina, jos se oli maksimoitavana olleen tavoitemuuttujan ja sovellettujen rajoitteiden kannalta kannattavaa.

Hakkuumahdollisuusarvioiden tukkikertymään liittyy epävarmuutta, sillä tukkipuun määrän laskennan taustalla olevaan, valtakunnan metsien inventoinnin koeala-aineistoon perustuvaan tukkivähennysmalliin (Mehtätalo 2002) liittyy epävarmuutta puun laadun kehityksen kuvaamisessa. Tukkivähennysmallilla vähennetään tukkipuun määrää ja erotus siirtyy kuitupuuksi.

Tuloksia tulkittaessa on otettava huomioon arvioiden luotettavuuden olevan sitä huonompi mitä kauemmaksi tulevaisuuteen laskelmat ulottuvat. Jokaista laskelmakautta koskevat arviot ovat aina ehdollisia tehdyille oletuksille ja edeltävien laskelmakausien arvioille.

Arvioiden luonteen vuoksi tulokset eivät ole toteutuvan kehityksen ennusteita, vaan sovellettujen menetelmien, mallien, aineistojen ja tehtyjen oletusten perusteella laadittuja laskennallisia arvioita metsien kehityksestä ja hakkuumahdollisuuksista metsävarojen kannalta. Arviot eivät ole toteutettaviksi tarkoitettuja hakkuusuunnitelmia.

Lähteet

Hirvelä, H., Härkönen, K., Lempinen, R., Salminen, O. 2017. MELA2016 Reference Manual. Natural resources and bioeconomy studies 7/2017. 547 p. ISBN 978-952-326-1 (Online).

Hynynen, J., Ojansuu, R., Hökkä, H., Siipilehto, J., Salminen, H. & Haapala, P. 2002. Models for predicting stand development in MELA System. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 835. 116 s.

Korhonen, K.T., Ihalainen, A., Heikkinen, J., Henttonen, H., Pitkänen, J. 2007. Suomen metsävarat metsäkeskuksittain 2004-2006 ja metsävarojen kehitys 1996-2006. Metsätieteen aikakauskirja 2B/2007:149-213.

Laasasenaho, J. 1982. Taper curve and volume functions for pine, spruce and birch. Seloste: Männyn, kuusen ja koivun runkokäyrä- ja tilavuusyhtälöt. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 108. 74 s.

Lappi, J. 1992. JLP: A linear programming package for management planning. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 414. 134 s.

Metsätilastot. 2019. Luonnonvarakeskus. WWW-sovellus <http://stat.luke.fi/metsa/>

Marklund, L.G. 1988. Biomassafunktioner för tall, gran och björk in Sverige. Swedish University of Agricultural Sciences. Department of Forest Survey. Report 45. 73 p.

Matala, J. 2005. Impacts of climate change on forest growth: a modelling approach with application to management. Dissertationes Forestales 7/2005. University of Joensuu, Faculty of Forestry. <http://www.metla.fi/dissertationes/df7.htm>

Mehtätalo, L. 2002. Valtakunnalliset puukohtaiset tukkivähennysmallit männylle, kuuselle, koivuille ja haavalle. Metsätieteen aikakauskirja 4/2002: 575-591.

MELA Tulospalvelu. 2018. Alueelliset hakkuumahdollisuusarviot, VMI11-VMI12 (mittausvuodet 2013-2017). Luonnonvarakeskus. WWW-sovellus <http://www.luke.fi/mela-metsalaskelmat/>. Tietosisältö 9.10.2018.

Nuutinen, T., Hirvelä, H., Salminen, O., Härkönen, K. 2007. Alueelliset hakkuumahdollisuudet valtakunnan metsien 10. inventoinnin perusteella, maastotyöt 2004-2006. Metsätieteen aikakauskirja 2B/2007: 215-248.

Repola, J. 2008. Biomass equations for Birch in Finland. *Silva Fennica* 42(4): 605-624. The Finnish Society of Forest Science. The Finnish Forest Research Institute. ISSN 0037-5330.

Repola, J. 2009. Biomass equations for Scots pine and Norway spruce in Finland. *Silva Fennica* 43(4): 625-647. The Finnish Society of Forest Science. The Finnish Forest Research Institute. ISSN 0037-5330.

Tenhunen, J., Seppälä, J. 2019. Hiilineutraali kunta –verkkosivut. <http://www.hiilineutraalisuomi.fi/hinku/>

Tilasto: Energian hinnat [verkkójulkaisu]. ISSN 1799-7984. Helsinki: Tilastokeskus. Saantitapa: <http://www.stat.fi/til/ehi/tup.html>

Äijälä, O., Kuusinen, M., Koistinen, A. (toim.). 2010. Hyvän metsänhoidon suositukset: energiapuun korjuu ja kasvatust. Metsätalouden kehittämiskeskus Tapion julkaisusarja 30. 56 s. ISBN 978-952-5694-59-8, ISSN 1239-6117.

Äijälä, O., Koistinen, A., Sved, J., Vanhatalo, K., Väisänen, P. (toim.). 2014. Metsänhoidon suositukset. Metsätalouden kehittämiskeskus Tapion julkaisuja. 180 s. ISBN 978-952-6612-32-4

Määritelmiä

Ainespuukertymän tilavuus (m³/v):

Tukiksi ja/tai kuiduksi (ks. tukkipuu, kuitupuu) hakatun runkopuun tilavuus kuorellisina kiintokuutiometreinä vuodessa.

Ainespuukokoinen energiapuukertymä (m³/v):

Se osa kasvatushakkuiden energiapuukertymän runkopuusta, joka täyttää vähintään kuitupuun minimimitat. Huom. hakkuu toteutettu energiapuun hakkuuehdoin, jotka eivät täysin noudata pelkän ainespuuhakkuun ehtoja.

Elävän puuston hiilen kokonaismäärä (t):

Elävän puuston 1) runkopuun, 2) oksien ja lehtien sekä 3) kantojen ja juurten yhteenlaskettu hiilen määrä arvioituna biomassan kuiva-aineen määrän avulla. Biomassan kuiva-aine ja hiili, ks. tarkemmin kunkin jakeen kohdalta.

Elävän puuston runkopuun hiilen määrä (t):

Elävien puiden rungon puuaineen ja rungon kuoren yhteenlaskettu hiilen määrä olettamalla, että biomassan kuiva-aineesta on 50% hiiltä (Hirvelä ym. 2017). Biomassa, ks. elävän puuston runkopuun biomassassa.

Elävän puuston oksien ja lehtien hiilen määrä (t):

Elävien ja kuolleiden oksien sekä neulasten ja lehtien yhteenlaskettu hiilen määrä olettamalla, että biomassan kuiva-aineesta on 50% hiiltä (Hirvelä ym. 2017). Biomassa, ks. elävän puuston oksien ja lehtien biomassassa.

Elävän puuston kantojen ja juurten hiilen määrä (t):

Elävien puiden kantoleikkauksen (1 % maanpinnan tasosta) alapuolisen osan eli kannon ja juurten yhteenlaskettu hiilen määrä olettamalla, että biomassan kuiva-aineesta on 50% hiiltä (Hirvelä ym. 2017). Biomassa, ks. elävän puuston kantojen ja juurten biomassassa.

Elävän puuston kokonaisbiomassa (t):

Elävän puuston 1) runkokuun, 2) oksien ja lehtien sekä 3) kantojen ja juurten yhteenlaskettu massa kuiva-aineeksi muutettuna. Kuiva-ainemäärät lasketaan Repolan (2008, 2009) malleilla, ks. tarkemmin kunkin jakeen kohdalta.

Elävän puuston runkokuun biomassa (t):

Elävien puiden rungon puuaineen ja rungon kuoren yhteenlaskettu massa kuiva-aineeksi muutettuna kantoleikkauksesta (1 % maanpinnan tasosta) puun latvaan. Kuiva-ainemäärät lasketaan Repolan (2008, 2009) männyn, kuusen ja koivun puittaisilla malleilla, joissa selittävinä muuttujina ovat puulaji, läpimitta ja pituus. Männyn malleja sovelletaan muille havupuille paitsi kuuselle ja koivun malleja sovelletaan kaikille lehtipuille.

Elävän puuston oksien ja lehtien biomassa (t):

Elävien ja kuolleiden oksien sekä neulasten ja lehtien yhteenlaskettu massa kuiva-aineeksi muutettuna. Kuiva-ainemäärät lasketaan Repolan (2008, 2009) männyn, kuusen ja koivun puittaisilla malleilla, joissa selittävinä muuttujina ovat puulaji, läpimitta ja pituus. Männyn malleja sovelletaan muille havupuille paitsi kuuselle ja koivun malleja sovelletaan kaikille lehtipuille.

Elävän puuston kantojen ja juurten biomassa (t):

Elävien puiden kantoleikkauksen (1 % maanpinnan tasosta) alapuolisen osan eli kannon ja juurten yhteenlaskettu massa kuiva-aineeksi muutettuna. Kuiva-ainemäärät lasketaan Repolan (2008, 2009) männyn, kuusen ja koivun puittaisilla malleilla, joissa selittävinä muuttujina ovat puulaji ja läpimitta. Männyn malleja sovelletaan muille havupuille paitsi kuuselle ja koivun malleja sovelletaan kaikille lehtipuille.

Energiapuukertymän oksien ja lehtien biomassa (t/v):

Energiapuuksi korjattujen oksien, lehtien ja neulasten biomassa kuiva-aineeksi muutettuna. Kuiva-ainemäärät lasketaan Repolan (2008, 2009) männyn, kuusen ja koivun puittaisilla malleilla, joissa selittävinä muuttujina ovat puulaji ja läpimitta. Männyn malleja sovelletaan muille havupuille paitsi kuuselle ja koivun malleja sovelletaan kaikille lehtipuille. Energiapuukertymässä on mukana lehtien kuiva-aineesta 1 % ja neulasten kuiva-aineesta 10 %.

Energiapuukertymän kantojen ja juurten biomassa (t/v):

Energiapuuksi nostettujen kantojen ja niiden yli 5 cm paksuisten juurten massa kuiva-aineeksi muutettuna. Kuiva-ainemäärät lasketaan Repolan (2008, 2009) ja yli 5 cm paksuisten juurten osalta Marklundin (1988) männyn, kuusen ja koivun puittaisilla malleilla, joissa selittävinä muuttujina ovat puulaji ja läpimitta. Männyn malleja sovelletaan muille havupuille paitsi kuuselle ja koivun malleja sovelletaan kaikille lehtipuille.

Energiapuukertymän kokonaistilavuus (m³/v):

Energiapuuksi korjatun 1) runkopuun, 2) oksien ja lehtien sekä 3) kantojen ja juurten yhteenlaskettu tilavuus kiintokuutiometreinä vuodessa. Runkopuuta lukuunottamatta tilavuudet on saatu muuntamalla kuiva-ainemassat kiintokuutiometreiksi.

Energiapuukertymän runkopuun tilavuus (m³/v):

Energiapuuksi korjatun runkopuun tilavuus kiintokuutiometreinä vuodessa.

Energiapuukertymän oksien ja lehtien tilavuus (m³/v):

Energiapuuksi korjattujen oksien, lehtien ja neulasten tilavuus kiintokuutiometreinä vuodessa. Tilavuus on saatu muuntamalla kuiva-ainemassat kiintokuutiometreiksi (ks. energiapuukertymän oksien ja lehtien biomassa).

Energiapuukertymän kantojen ja juurten tilavuus (m³/v):

Energiapuuksi nostettujen kantojen ja niiden yli 5 cm paksuisten juurten tilavuus kiintokuutiometreinä vuodessa. Tilavuus on saatu muuntamalla kuiva-ainemassat kiintokuutiometreiksi (ks. energiapuukertymän kantojen ja juurten biomassa).

Joutomaa:

Metsätalouden piiriin kuuluva maa, jolla puuston keskimääräinen vuotuinen kasvu on suotuisimpien kasvuolojen vallitessa ja ohjekiertoaikaa käytettäessä alle 0,10 m³/ha/v kuorineen.

Kantohinta-arvo (€):

Puittain tukki- ja kuitutilavuudelle kantohinnoin laskettu pystypuuston kokonaisarvo.

Kitumaa:

Puun kasvattamiseen käytetty tai käytettävissä oleva maa, jolla puuston keskimääräinen vuotuinen kasvu on suotuisimpien kasvuolojen vallitessa ja ohjekiertoaikaa käytettäessä 0,10 - 0,99 m³/ha/v kuorineen.

Kuitukertymä (m³/v):

Ainespuun hakkuukertymästä se osa, joka ei täytä tukkipuun minimivaatimuksia, mutta täyttää kuitupuun vaatimukset. Ks. tukkipuu.

Kuitupuu:

Ks. tukkipuu.

Metsämaa:

Puun kasvattamiseen käytetty tai käytettävissä oleva maa, jolla puuston keskimääräinen vuotuinen kasvu on suotuisimpien kasvuolojen vallitessa ja ohjekiertoaikaa käytettäessä vähintään 1 m³/ha kuorineen.

Nettotulot (€/v):

Hakkuiden tienvarsihinnoin (tukki- ja kuitupuu) ja käyttöpistehinnoin (energiapuu) lasketut tulot vähennettynä korjuun ja metsänhoidon kustannuksilla tienvarteen/käyttöpisteeseen asti.

Pinta-ala (ha):

Metsä-, kitu- ja/tai joutomaan pinta-ala.

Runkopuun kasvu (m³/v):

Runkopuun tilavuuskasvu lasketaan puittain kahden ajankohdan tilavuuksien erotuksena ja summaamalla puittaiset kasvut kuorellisina kiintokuutiometreinä.

Runkopuun kokonaispoistuma (m³/v):

Aines- ja energiapuuhakkuissa, uudistusalan raivauksessa ja taimikonhoidossa kaadetun tai luonnonpoistumana kuolleen puuston runkopuun kokonaismäärä kuorellisina kiintokuutiometreinä. Luonnonpoistumaan sisältyvät satunnaistekijöistä (myrskyistä, hyönteistuhosta ym.) johtuva puiden kuoleminen ja puuston ylitheydestä aiheutuva puiden kuoleminen ns. itseharveneminen (Hynynen ym. 2002).

Runkotilavuus (m³):

Runkopuun tilavuus lasketaan summaamalla Laasasenahon (1982) puun rinnankorkeusläpimittaan ja pituuteen perustuvien runkokäyräyhtälöiden avulla lasketut puittaiset runkopuun (= puu kannonkorkeudelta latvahuippuun) tilavuudet kuorellisina kiintokuutiometreinä.

Tukkikertymä (m³/v):

Ainespuun hakkuukertymästä se osa, joka täyttää tukkipuun vaatimukset. Ks. tukkipuu.

Tukkipuu:

Rungon ja siitä saatavien puutavaralajien (tukki- ja kuitupuun) tilavuus kuorellisina kiintokuutiometreinä lasketaan Laasasenahon (1982) puun rinnankorkeusläpimittaan ja pituuteen perustuvien runkokäyräyhtälöiden avulla. Runkojen apterauksessa käytetään mäntytukin kuorellisena minimiläpimittana 15 cm, kuusitukin 16 cm ja lehtipuutukin 18 cm sekä kuitupuun kuorellisena minimiläpimittana männyllä 6,3 cm ja kuusella sekä lehtipuilla 6,5 cm. Tukkiosan minimipituus on 4,3 m ja kuituosan 2,0 m. Tukkipuun määrää korjataan metsikkösimulaattorissa erillisellä tukkivähennysmallilla (Mehtätalo 2002), koska rungon mittoihin perustuva apteraus ei ota huomioon puutavaran laatuun liittyviä tekijöitä. Erotus siirtyy kuitupuuksi.

Liitteet

1. Metsänkäsittelyn rajoitukset (Pirkanmaa-Liite1.pdf)
2. Käsittely- ja kehitysvaihtoehtojen simulointi (Pirkanmaa-Liite2.pdf)
3. SK-arvion tarkat kunnittaiset, koko Pirkanmaan, sekä Tampereen kaupunkiseudun tulokset (SK-Pirkanmaa.xls)
4. SK-C -arvion tarkat kunnittaiset, koko Pirkanmaan, sekä Tampereen kaupunkiseudun tulokset (SK-C-Pirkanmaa.xls)
5. Kunnittaiset kuvat (kuvat-Pirkanmaa.xls)