

Uppopuiden hiilivarasto ja sen vertautuminen yhden matkustajan yksisuuntaisen Helsinki–Rooma-lennon päästöihin



Kimmo Klemola, Cleanfi Oy
7.9.2022

Kuva kannessa: Taipalsaaren Paarmalassa Saimaan jäiden sulamista odottavia uppopuunippuja 19.3.2021.
Kuva: Sari Aaltonen

Työn tavoite ja reunaehdot

Työ liittyy PuuValuVesi-hankkeeseen (MMM:n rahoittama SYKEN hanke), jossa ns. upotettavilla puupuhdistamoilla haetaan vesistöhyötyjä ja myös hiilivarastohyötyjä. Työssä selvitettiin Suomen metsien puuston puutilavuudet puulajeittain ja kunkin valtapuulajeista (mänty, kuusi, koivu, haapa) kuivatuore-tiheydet ja hiilipitoisuudet. Erialaisten oppopuunippujen varastoiman hiilen määrä laskettiin.

Finnairin julkaisemista reittikohtaisista tiedoista määritettiin matkustajakohtainen kerosiinin kulutus reitille Helsinki–Rooma. Finnair ilmoittaa lentojen hiilijalanjäljen, mutta se ottaa huomioon ainoastaan lentokerosiinin polttamisesta syntyvät hiilidioksidipäästöt. Tässä työssä on laskettu myös kerosiinin valmistamisesta ja öljyntuotantoprosesseista ja kuljetuksesta syntyvät päästöt sekä muiden kasvihuonekaasujen päästöt (CO, N₂O, CH⁴). Lisäksi mukaan on laskettu lentokoneille spesifiset hiilivetyjen korkealla ilmakehässä polttamisesta aiheutuvat säteilypakotevaikutukset. Uusimman tiedon mukaan ne ovat varsin merkittävät ja säteilypakote RF (radiative forcing) on kaksi kertaa suurempi kuin kerosiinin polton pelkät hiilidioksidipäästöt.

Puunippujen hiilivarastotiedoista ja lentojen päästötiedoista laskettiin, kuinka monen oppopuunipun (rankapuiden määrä 15–20 kpl, keskiläpimitta 7/14 cm ja keskipituus 300/400 cm) hiilivarasto vastaa lennon päästöjä. Lentokerosiinin palamisesta johtuvien CO₂-päästöjen ja oppopuun varastoiman hiilen vertailu on suoraviivaista. Lentämisen kokonaisilmastovaikutukset lasketaan hiilidioksidiekvivalenteina, jolloin suurin osa ekvivalenteista on muuta kuin hiiltä tai hiilidioksidia.

Uppopuunipuilla on hiilen varastoinnin lisäksi varsinainen tehtävä: toimia vedenpuhdistajana ja elinympäristönä eliöstölle. Puusta itsestään saattaa kuitenkin liueta veteen aineita, joiden haitallisuutta on arvioitu PuuValuVesi-hankkeen kirjallisuuskatsauksessa.

Suomen järvistä on löytynyt tuhansia vuosia vanhoja oppopuita. Eri puulajien ja -laatuisten hiilivaraston pysyvyydestä vesiin upotettuna liittyy kuitenkin epävarmuuksia. Todennäköisesti hiili säilyy oppopuussa varastoituna jopa satoja vuosia, joten sadan vuoden tarkasteluvälillä oppopuu vaikuttaa olevan luotettava hiilivarasto. Epävarmuudet on kuitenkin hyvä ottaa huomioon mahdollisissa kompensatioissa ja hiilineutraalisuustavoitteissa.

Kompensaatiot ja hiilineutraalisuus

Suomen ilmastopaneelin raportin *Hiilineutraalius ilmastopolitiikassa – valtiot, alueet ja kunnat* mukaan:

”On sitten kyse yksilön, tuotteen, palvelun, organisaation, kunnan, alueen tai valtion hiilineutraaliuden tavoittelemisesta, lähestymistapa hiilineutraaliuden saavuttamiseksi on seuraava¹:

- (1) Arvioidaan kasvihuonekaasupäästöt,*
- (2) Vähennetään kasvihuonekaasupäästöjä*
- (3) Hyvitetään (kompensoidaan) jäljelle jääneet päästöt hiilineutraalin tilan saavuttamiseksi.”²*

Kohdan (2) tulisi olla siis ehdottomasti ennen kohtaa (3). Sen takia on oltava tarkkana, mitä toimintaa voi kompensoida puun hiilivarastoisella. Lomalento ei välttämättä ole kompensoitavaa toimintaa, koska lomalennon tekemättä jättäminen kuuluu kohdan (2) toimenpiteisiin.

Esimerkiksi lentämisessä vuosimiljoonia maanpovessa varastoituna ollutta hiiltä vapautuu ilmakehään hiilidioksidina. Puuhun varastoituneen hiilen pysyvyys on huomattavan epävarmaa ja joka tapauksessa hiilen varastoinnin aikaskaala on pikkuriikkinen raakaöljyyn verrattuna.

Ilmastopaneelin raportin mukaan:

”Jos halutaan olla varmallalla pohjalla hiilineutraalisuuden saavuttamisessa, niin LULUCF-nettonielun [tai uppopuuhilivaraston] käytössä tulisi ottaa huomioon epävarmuutta kuvaava korjauskerroin eli LULUCF-nettonielun pitäisi olla selvästi suurempi kuin jäljellä olevien päästöjen hiilineutraaliuden saavuttamisessa.

Tällaiselle varmuuskertoimelle ei ole selkää yleisarviota ja sen pitäisi heijastaa aina tarkasteltavan maantieteellisen alueen LULUCF-arvion ja nielujen pysyvyyden epävarmuutta.”³

¹ Guidance on carbon neutrality. Department of Energy and Climate change, Department for Environment, Food & Rural Affairs, UK, 2009.

² Seppälä, J., Saikku, L., Soimakallio, S., Lounasheimo, J., Regina, K., & Ollikainen, M. (2019) Hiilineutraalius ilmastopolitiikassa – valtiot, alueet ja kunnat. Suomen ilmastopaneeli, raportti 5/2019.

³ Seppälä, J., Saikku, L., Soimakallio, S., Lounasheimo, J., Regina, K., & Ollikainen, M. (2019) Hiilineutraalius ilmastopolitiikassa – valtiot, alueet ja kunnat. Suomen ilmastopaneeli, raportti 5/2019.

⁴ Uppopuiden hiilivarasto ja sen vertautuminen yhden matkustajan yksisuuntaisen Helsinki–Rooma-lennon päästöihin

Lähtötiedot

Taulukossa 1. on esitetty puulajeittain hiilen osuus kuiva-aineesta, kuivatuoretiheydet sekä hiilen määrä kuutiotilavuutta kohden ja hiilidioksidina laskien.

Taulukko 1. Hiilen osuus puulajien kuiva-aineesta⁴, puulajien kuivatuoretiheys^{5,6} ja Suomen puuston puulajien kuutiomäärät ja prosenttiosuudet⁷

	Hiilen osuus kuiva-aineesta massa-%	Kuivatuoretiheys kg/m ³	Hiiltä kgC/m ³	Sitoutunutta hiilidioksidia kgCO ₂ /m ³	Suomen puusto Mm ³	Suomen puusto %
Mänty	50,1	390	195	716	1 248	49,80
Kuusi	50,1	380	190	698	757	30,21
Koivu	49,6	490	243	891	418	16,68
Haapa ja muut lehtipuut	50,1	376	188	691	83	3,31
Suomen puusto	50,0	403	202	739	2 506	100,00

Taulukko 2. Uppopuunippujen ja puiden mitat

Puun keskiläpimitta cm	Puiden keskipituus cm	Puita /upponippu kpl	Upponipun puiden tilavuus m ³
7	300	20	0,231
7	400	20	0,308
14	300	15	0,693
14	400	15	0,924
14	300	20	0,924
14	400	20	1,232

4 Hamberg Leena, Henttonen Helena M., Tuomainen Tarja, Puusta valmistettujen tuotteiden hiilivaraston muutoksen laskenta kasvihuonekaasuinventaariossa: Menetelmäkehitys Suomen kasvihuonekaasuinventaarioon, Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 73/2016, Luke Luonnonvarakeskus, 2016.

5 Alakangas Eija, Suomessa käytettävien polttoaineiden ominaisuuksia, VTT tiedotteita 2045, 2000.

6 Heräjärvi Henrik., Junkkonen Reijo, Wood density and growth rate of European and hybrid aspen in southern Finland, Baltic Forestry 12.1, 2006.

7 Puuston tilavuus metsä- ja kitumaalla puulajeittain VMI 13:n mukaan, Luke tilastotietokanta. 2022.

Lennon päästövaikutukset ovat seuraavat:

Taulukko 3. Helsinki–Rooma-lennon (yksi suunta) polttoaineen kulutus ja ilmastovaikutukset

Reitin pituus Helsinki-Rooma, km	2 236	
Polttoaineen kulutus, kg kerosiinia/100 hkm	2,33	
Kerosiinin tiheys, kg/L	0,807	The Energy and Fuel Data Sheet, Staffell Iain, University of Birmingham, UK, March 2011.
Polttoaineen kulutus, L kerosiinia/100 hkm	2,89	
CO ₂ -päästöt kerosiinin palamisesta, gCO ₂ /L	2 520	The Energy and Fuel Data Sheet, Staffell Iain, University of Birmingham, UK, March 2011.
CO ₂ -päästöt kerosiinin palamisesta, gCO ₂ /kg	3 122	The Energy and Fuel Data Sheet, Staffell Iain, University of Birmingham, UK, March 2011.
CO ₂ e-päästöt kerosiinin poltosta, polttoaineen jalostus, N ₂ O, CH ₄ jne, gCO ₂ e/kg kerosiini	998	Jacobs Consultancy, Life cycle assessment comparison of North American and imported crudes, July, Jacobs Consultancy, Chicago, Illinois, 2009. ; European Commission, Study on actual GHG data for diesel, petrol, kerosene and natural gas, October, Interim Report, European Commission, 2014. ; Extraction of crude oil and gas, Chalmers.
Kerosiini, säteilypakote, (radiative forcing, RF), gCO ₂ e/kg kerosiinia	6 245	Lee, David S., et al., The contribution of global aviation to anthropogenic climate forcing for 2000 to 2018, Atmospheric Environment 244 (2021).
Kerosiinin kulutus, kg/matkustaja Hki-Rooma	52	
CO ₂ -päästöt kerosiinin palamisesta, gCO ₂ /matkustaja	163	
CO ₂ e-päästöt kerosiinin poltosta, polttoaineen jalostus, N ₂ O, CH ₄ jne, gCO ₂ e/matkustaja	52	
Kerosiini, säteilypakote, (radiative forcing, RF), gCO ₂ e/matkustaja	325	
Kerosiinin poltto, polttoaineen jalostus ja muut kasvihuonekaasut, kgCO ₂ e/matkustaja	215	
Kerosiinin poltto, polttoaineen jalostus ja muut kasvihuonekaasut sekä säteilypakote, kgCO ₂ /matkustaja	540	

Tulokset

Taulukkoon 4 on koostettu taulukon 2. perusteella erilaisten puunippujen varastoiman hiilen määrä ja Taulukkoon 5 sen vastaavuus hiilidioksidina laskettuna. Taulukossa 6 on laskettu montako puunippua vastaa Helsinki-Rooma lennon kokonaispäästöjä ja Taulukossa 7. pelkästään lentokerosiinin palamisen päästömäärällä arvioiden.

Taulukko 4. Uppopuunippujen varastoima hiilen määrä hiilen C massana laskettuna

Upponipun puiden tilavuus m ³	Mänty kgC/nippu	Kuusi kgC/nippu	Koivu kgC/nippu	Suomalainen puu keskimäärin kgC/nippu
0,231	50	47	61	47
0,308	67	63	81	62
0,693	150	141	182	140
0,924	200	188	243	186
0,924	200	188	243	186
1,232	266	251	324	248

Taulukko 5. Uppopuunippujen varastoima hiilen määrä sidotun hiilidioksidin CO₂ massana laskettuna

Upponipun puiden tilavuus m ³	Mänty kgCO ₂ /nippu	Kuusi kgCO ₂ /nippu	Koivu kgCO ₂ /nippu	Suomalainen puu keskimäärin kgCO ₂ /nippu
0,231	183	173	223	171
0,308	244	230	297	228
0,693	549	518	668	512
0,924	732	691	891	683
0,924	732	691	891	683
1,232	975	921	1188	910

Taulukko 6. Eri puulajien uppopuunippujen määrä, jolla varastoidun hiilen/hiilidioksidin määrä vastaa yksisuuntaisen Helsinki–Rooma-lennon yhden matkustajan ilmastopäästöä 540 kgCO₂e. Mukana on polttoaineen koko elinkaari ja korkealla poltetun kerosiinin aiheuttama säteilypakote

Upponipun puiden tilavuus m ³	Mänty, nippujen määrä, koko kerosiinin elinkaari ja säteilypakote mukana kpl	Kuusi, nippujen määrä, koko kerosiinin elinkaari ja säteilypakote mukana kpl	Koivu, nippujen määrä, koko kerosiinin elinkaari ja säteilypakote mukana kpl	Suomalainen puu keskimäärin, nippujen määrä, koko kerosiinin elinkaari ja säteilypakote mukana kpl
0,231	2,95	3,13	2,43	3,16
0,308	2,21	2,34	1,82	2,37
0,693	0,98	1,04	0,81	1,05
0,924	0,74	0,78	0,61	0,79
0,924	0,74	0,78	0,61	0,79
1,232	0,55	0,59	0,45	0,59

Taulukko 7. Eri puulajien uppopuunippujen määrä, jolla varastoidun hiilen/hiilidioksidin määrä vastaa yksisuuntaisen Helsinki–Rooma-lennon yhden matkustajan hiilidioksidipäästöjä 163 kgCO₂. Mukana ovat vain polttoaineen polttamisesta aiheutuvat CO₂-päästöt

Upponipun puiden tilavuus m ³	Mänty, nippujen määrä, vain kerosiinin polttaminen (Finnairin malli) kpl	Kuusi, nippujen määrä, vain kerosiinin polttaminen (Finnairin malli) kpl	Koivu, nippujen määrä, vain kerosiinin polttaminen (Finnairin malli) kpl	Suomalainen puu keskimäärin, nippujen määrä, vain kerosiinin polttaminen (Finnairin malli) kpl
0,231	0,89	0,94	0,73	0,95
0,308	0,67	0,71	0,55	0,71
0,693	0,30	0,31	0,24	0,32
0,924	0,22	0,24	0,18	0,24
0,924	0,22	0,24	0,18	0,24
1,232	0,17	0,18	0,14	0,18

Taulukoista voidaan päätellä, että esim. reilut/vajaa kaksi nelimetrisestä, keskiläpimitaltaan seitsemän senttisestä puusta tehtyä nippua (yhteensä 80 kpl rankapuuta) vastaa kokonaispäästöjä (Taulukko 6). Pelkän polttoaineen päästöt vastaavat selvästi alle yhtä puunippua (Taulukko 7).