

Arvio lannoituksen ilmastovaikutuksista kahdella Etelä-Pohjalaisella esimerkkimetsiköllä

Metsänhoitoyhdistys Lakeus / Aktivoinnilla ja tiedolla elinvoimaa Lakeuden metsiin

*Esko Välimäki
Tapio Palvelut Oy*

28.3.2024

TAPIO 

Arvion sisältö, kohteet ja lähtöaineisto

- **Arvio sisältö:** Arvio sisältää ennusteen laskennan kohteena olevien metsikkökuvioden hiilivarastojen kehityksestä lannoitettuna ja ilman lannoitusta. Arvion tarkoituksena on antaa kuva lannoituksen ilmastovaikutusten suuruusluokasta.
- **Arvion kohde:** Arvion kohteena on kaksi metsikkökuviota Etelä-Pohjanmaalta.
- **Arviossa käytetty lähtöaineisto:** Arvion lähtöaineistona on käytetty MHY Lakeuden projektipäällikkö Rami Mattilan Leader Liiverin alueelta toimittamia metsävaratietoja.

Arvion kohteet – Kuvio 7

PINTA-ALA	1.1
SUUNNITTELUALUE	
PÄÄRYHMÄ	Metsämaa
KASVUPAIKKA	Kuivahko kangas, vastaava suo ja puolukkaturvekangas
MAALAJI	Keskikarkea tai karkea kangasmaa
KEHITYSLUOKKA	Varttunut kasvatusmetsikkö
SAAVUTETTAVUUS	Vain kun maa on jäässä
METSIKÖN LAATU	Hyvä
KUNNOSSAPITOLUOKKA	



PUUSTOTIEDOT

	PUULAJI	IKÄ, V	TILAVUUS, M ³ /KUVIO	TILAVUUS, M ³ /HA	TUKKIA, M ³ /HA	KUITUA, M ³ /HA	LÄPIMITTA, CM	PITUUS, M	RUNKO-LUKU, KPL/HA	PPA, M ² /HA	KASVU, M ³ /HA
	Mänty	66	154	136	69	66	23.2	18.5	391	15.3	4.2
	Kuusi	53	27	24	11	11	20.7	16.5	97	2.8	1.0
	Lehtipuu	46	4	3	0	3	15.5	16.2	28	0.4	0.1
Yht.		64	184	162	80	80	22.7	18.1	516	18.5	5.3

Yksityishenkilön omistama, vuonna 2024 Yaran metsäsalpietarilla (550kg/ha) lannoitettava kohde Ilmajoen pohjoisosassa.

Arvion kohteet – Kuvio 560

PINTA-ALA	1.0
SUUNNITTELUALUE	
PÄÄRYHMÄ	Metsämaa
KASVUPAIKKA	Kuivahko kangas, vastaava suo ja puolukkaturvekangas
MAALAJI	Turvemaa
KEHITYSLUOKKA	Nuori kasvatusmetsikkö
SAAVUTETTAVUUS	Vain kun maa on jäässä
METSIKÖN LAATU	Hyvä
KUNNOSSAPITOLUOKKA	



PUUSTOTIEDOT

	PUULAJI	IKÄ, V	TILAVUUS, M ³ /KUVIO	TILAVUUS, M ³ /HA	TUKKIA, M ³ /HA	KUITUA, M ³ /HA	LÄPIMITTA, CM	PITUUS, M	RUNKO-LUKU, KPL/HA	PPA, M ³ /HA	KASVU, M ³ /HA
	Mänty	21	105	108	0	95	11.0	8.0	3152	25.0	8.4
Yht.		21	105	108	0	95	11.0	8.0	3152	25.0	8.4

Julkisyhteisön omistama, vuonna 2024-2025 tuhkalannoitettava (Yara Suna tai vastaava, 3000kg/ha) energiapuuhakkuukohde.

Laskentaa ohjaavat tekijät ja muuttujat

- Kuvio 7: Laskenta tehtiin sillä oletuksella, että esimerkkimetsikölle ei tehdä laskentajakson aikana metsänhoidollisia toimenpiteitä. Toisin sanoen esimerkkimetsikölle ennustettiin pelkkä puuston kasvu.
- Kuvio 560: Puusto harvennettiin laskennallisesti (ensiharvennus) heti kasvatusjakson alussa. Harvennuksen jälkeinen puuston tilavuus oli 63 m³/ha.

Laskennan perusteet ja laskennassa käytetyt mallit

- Tulosten laskennassa on käytetty ForestKIT-ohjelmistoon integroitua SIMO-laskentasovellusta, jossa puuston kasvua ja kuolleisuutta ennustetaan luonnonvarakeskuksen MOTTI-malleilla. Puuston määrän muutokset johdetaan hiilen määrän muutoksiksi biomassamallien ja muiden yleisten kaavojen kautta (esim. hiili-määrät on muunnettu hiilidioksidiksi kaavalla: $\text{hiilimäärä (g C)} * (44/12) = \text{hiilidioksidimäärä (g CO}_2\text{)}$). Ohjelmistossa käytettävät biomassamallit on kuvattu julkaisuissa Repola ym. 2007, Helmisaari ym. 2007, Muukkonen ym. 2006. Biomassamalleista saadaan tuloksena kuiva-ainemassa puuston eri osille (esim. runkopuu, oksat, lehdet ja neulaset), joista hiilen osuus on 50 % (Liski ym. 2006).
- Maaperän hiilivarasto lasketaan ohjelmistossa erikseen kivennäis- ja turvemaille. Kivennäismaan hiilivarastot metsämaalle kasvupaikoittain tulevat julkaisusta Liski ym. (1997). Julkaisussa kuvatut hiilimäärät ovat ravinteisuusluokan keskimääräisiä hiilivarastoja yli puuston kiertoajan. Turvemaiden osalta hiilivaraston määräksi oletetaan koko Suomen soiden hehtaarikohtainen keskiarvo 592 000 kg/ha. Yleistä oletusta joudutaan käyttämään, koska esim. turvemaiden hiilivarastoon voimakkaasti vaikuttavia muuttujia ei ole tiedossa (kuviotiedot eivät sisällä esim. turpeen paksuutta ja tiheyttä).
- Puuston hiilinielun laskentaan vaikuttavia tekijöitä ovat puuston kasvu ja kuolleisuus (luonnonpoistuma) ja hiilen kierto maaperässä (maahan sitoutuvan hiilen määrä ja hajoamisen kautta ilmakehään siirtyvän hiilen määrä). Hiilen hajoamista maaperässä ja kulkeutumista uudelleen hiilidioksidina ilmakehään mallinnetaan kivennäismaiden osalta Yasso15-mallilla (Tuomi ym. 2011). Yasso15-malli ennustaa maaperän orgaanisen hiilen varaston suuruuden ja sen muutokset. Turvemaiden maaperän hiilen kierron osalta laskennassa käytetään ojitetuilla turvemaille Kansallisen kasvihuonepäästöselvityksen lukuja (esim. varputurvekangas: 109 kgC/ha/vuosi) (Tilastokeskus, 2017). Luonnontilaisten soiden oletetaan olevan maaperän hiilen kierron osalta tasapainotilassa.

Laskennan perusteet ja laskennassa käytetyt mallit

- Kaikki laskennasta saadut tulokset perustuvat tilastollisiin kasvu-, luonnonpoistuma-, biomassa- ja hiili-tasemalleihin tai tieteellisissä julkaisuissa taulukoituihin arvoihin. Tuloksiin liittyy aina epävarmuutta. Yleisesti ottaen merkittävimpiä virhelähteitä ovat: metsistä kerätyn kuvioittaisen metsävaratiedon tarkkuus, metsien kasvuennusteiden epävarmuus (erityisesti jatkuva kasvatus), jatkuvan kasvatuksen uudiskohteiden taimettumisen epävarmuus, maaperän nykyisen hiilivaraston suuruuden epävarmuus etenkin turvemilla ja jatkuvassa kasvatuksessa, maaperän hiilitaseen mallinnuksen epävarmuus (turvemaat ja jatkuva kasvatus) sekä metsätuhojen ja luonnonpoistuman ennustaminen. Näistä ehkä suurimmat epävarmuustekijät liittyvät maaperän hiilivaraston arviointiin.

Viitteet

Helmisaari, H.-S. and Hallbäcken, L. 1998. Tree biomass belowground. In: Andersson, F., Brække, F.H. & Hallbäcken, L. (eds.) Nutrition and growth of Norway spruce forests in a Nordic climatic and deposition gradient. Tema Nord 566:80-90. Nordic Council of Ministers, Copenhagen.

Liski, J. & Westman, C.J. 1997. Carbon storage in forest soil of Finland. Biogeochemistry 36: 261–274.

Liski, J., Lehtonen, A., Palosuo, T., Peltoniemi, T., Eggers, T., Muukkonen, P., & Mäkipää, R., 2006. Carbon accumulation in Finland's forests 1922–2004 – an estimate obtained by combination of forest inventory data with modelling of biomass, litter and soil. Ann. For. Sci. 63: 687–697.

Muukkonen, P. & Mäkipää, R. 2006. Empirical biomass models of understorey vegetation in boreal forests according to stand and site attributes. Boreal Environment Research 11: 355-369.

Repola, J., Ojansuu, R. & Kukkola, M. 2007. Biomass functions for Scots pine, Norway spruce and birch in Finland. Working Papers of the Finnish Forest Research Institute 53. [<http://tinyurl.com/33ecpb4>].

Tilastokeskus, 2017. Greenhouse Gas Emissions in Finland 1990-2015 – National Inventory Report under the UNFCCC and the Kyoto Protocol.

Tuomi, M., Rasinmäki, J., Repo, A., Vanhala, P. & Liski, J. 2011 Soil carbon model Yasso07 graphical user interface. Environmental Modelling & Software 26(11): 1358–1362

Hiilitaselaskentaan liittyviä termejä

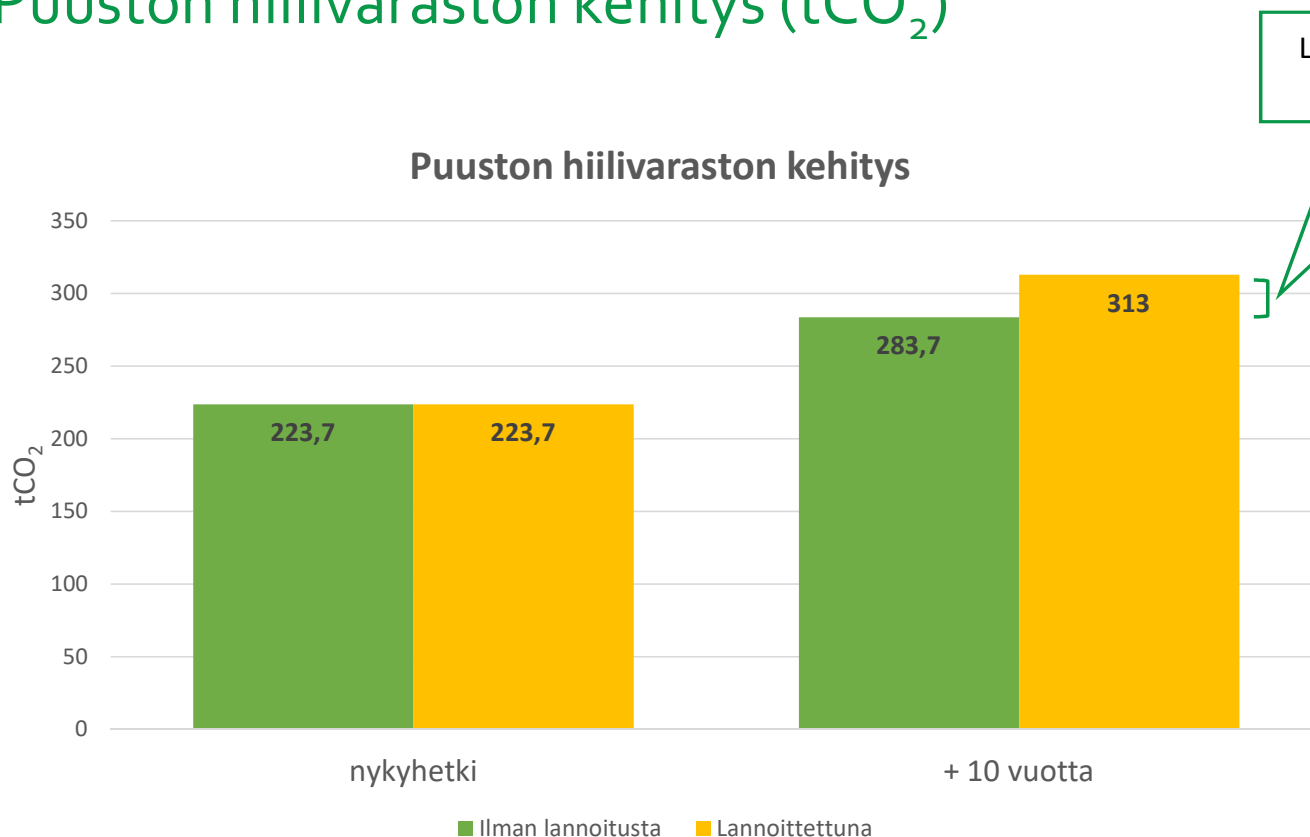
Hiilivarasto: Hiilivarastolla tarkoitetaan tässä tapauksessa puustoon ja maaperään sitoutuvaa kumulatiivista hiilen kokonaisvarastoa. Hiilivaraston kasvu määräytyy vuosittaisen hiilitaseen mukaan. Ilmoitetaan muodossa (t CO₂).

Hiilensidonta: Hiilensidonnalla kuvataan puuston ja maaperän kykyä sitoa hiiltä. Hiilensidonta on bruttoarvo, josta ei ole vähennetty hiilenpoistumaa. Hiilensidonta ilmoitetaan muodossa (t CO₂/vuosi).

Hiilitase: Hiilitaseella kuvataan tässä tapauksessa puustoon ja maaperään sitoutuvan ja siitä poistuvan hiilen yhteenlaskettua määrää. Hiilitase ilmoitetaan muodossa (t CO₂/vuosi). Mikäli luku on positiivinen, metsiin sitoutuu enemmän hiiltä, kun sitä vapautuu ilmakehään.

Tulokset – Kuvio 7 (varttunut männikkö; 1,1ha)

Puuston hiilivaraston kehitys (tCO₂)



Lannoituksen vaikutus puuston hiilivaraston kasvuun.

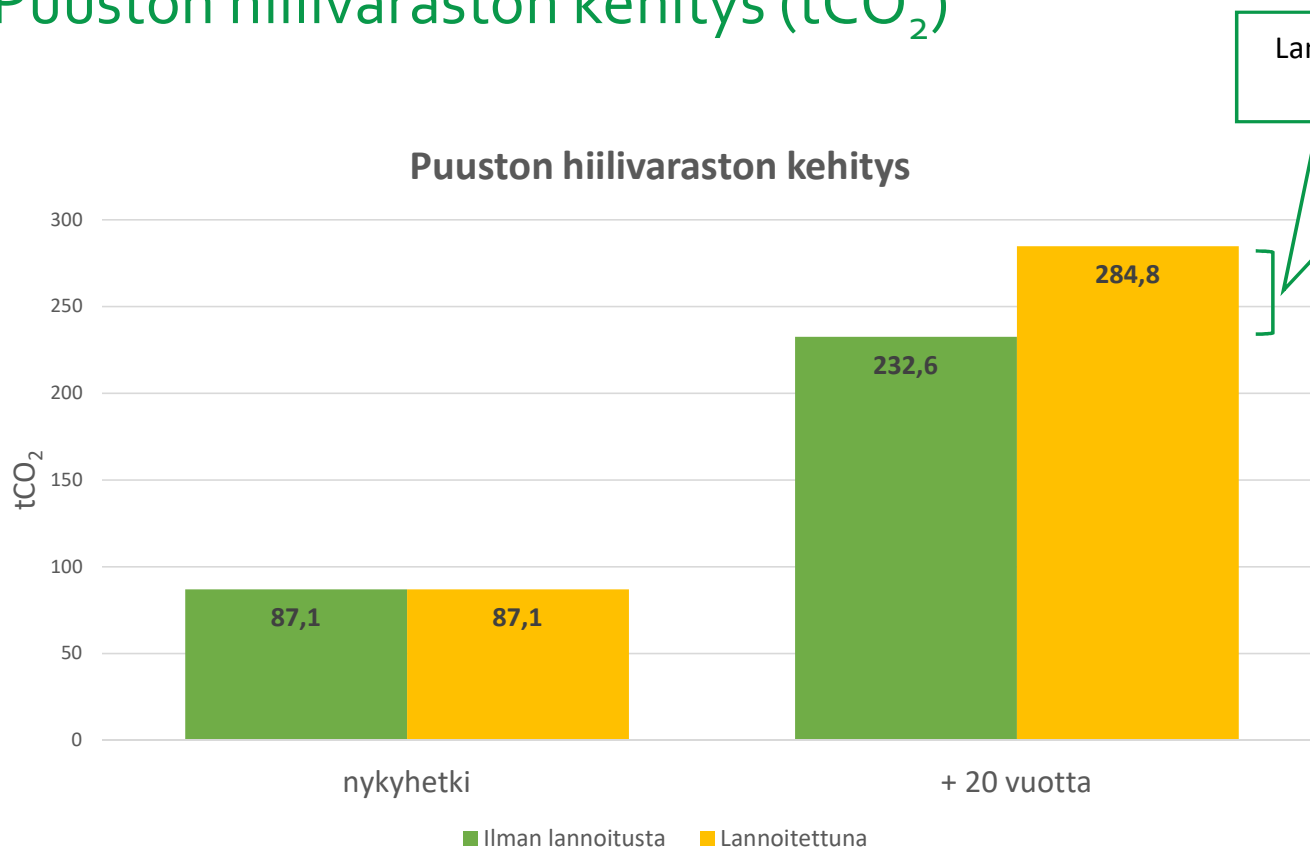
- Ainespuun tilavuus kasvaa kymmenen vuoden laskentajaksolla:
 - Ilman lannoitusta 50,5 m³/ha
 - Lannoituksen myötä 65,5 m³/ha
- Vastaavasti puustoon (runkopuu, oksat, neulas, juuristo) sitoutuneen hiilivaraston määrä kasvaa kymmenen vuoden laskentajaksolla:
 - Ilman lannoitusta 60 tCO₂ (54,5 tCO₂/ha)
 - Lannoituksen myötä 89,3 tCO₂ (81,2 tCO₂/ha)
- Lannoituksen myötä puuston hiilivaraston määrä kasvaa **29,3 tCO₂ (26,6 tCO₂/ha)**

Vertailulaskelma – Kuvio 7 (varttunut männikkö; 1,1ha)

- Lannoituksen kasvuvasteeseen perustuva puuston hiilivaraston kasvu on kymmenen vuoden jälkeen noin 29,3 tCO₂ (26,6 tCO₂/ha). Typpilannoitteen tuotannon ja levityksen päästöt tälle kuviolle ovat noin 1,7 tCO₂ (1,5 tCO₂/ha) (Tapio, VaMeLa-hanke 2023). Nettovaikutus edellisten erotuksena: **27,6 tCO₂ (25,1 tCO₂/ha)**.
- Liikennekäytössä olevien henkilöautojen keskimääräinen hiilidioksidipäästö Suomessa oli 147,1 g/km vuonna 2021 (Trafli 2022).
- Keskivertosuomalaisen hiilijalanjälki vuodessa on 10,3 tCO₂ (Sitra 2019).
- Lannoituksen myötä kasvanut puuston hiilivaraston kasvu vastaa:
 - noin **188 000** henkilöautokilometrin päästöjä (27,6 tCO₂ / 147,1 g/km)
 - noin **kahden - kolmen** keskivertosuomalaisen vuotuista hiilijalanjälkeä (27,6 tCO₂ / 10,3 tCO₂/henkilö)

Tulokset – Kuvio 560 (nuori männikkö; 1,0ha)

Puuston hiilivaraston kehitys (tCO₂)



Lannoituksen vaikutus puuston hiilivaraston kasvuun.

- Ainespuun tilavuus kasvaa kahdenkymmenen vuoden laskentajaksolla:
 - Ilman lannoitusta 140,2 m³/ha
 - Lannoituksen myötä 177,9 m³/ha
- Vastaavasti puustoon (runkopuu, oksat, neulas, juuristo) sitoutuneen hiilivaraston määrä kasvaa kahdenkymmenen vuoden laskentajaksolla:
 - Ilman lannoitusta 145,5 tCO₂
 - Lannoituksen myötä 197,7 tCO₂
- Lannoituksen myötä puuston hiilivaraston määrä kasvaa **52,2 tCO₂**

Vertailulaskelma – Kuvio 56o (nuori männikkö; 1,oha)

- Lannoituksen kasvuvasteeseen perustuva puuston hiilivaraston kasvu on kahdenkymmenen vuoden jälkeen 52,2 tCO₂. Tuhkalannoitteen tuotannon ja levityksen päästöt tälle kuviolle ovat noin 0,2 tCO₂ (Tapio, VaMeLa-hanke 2023). Nettovaikutus edellisten erotuksena: **52 tCO₂**.
- Liikennekäytössä olevien henkilöautojen keskimääräinen hiilidioksidipäästö Suomessa oli 147,1 g/km vuonna 2021 (Trafic 2022).
- Keskivertosuomalaisen hiilijalanjälki vuodessa on 10,3 tCO₂ (Sitra 2019).
- Lannoituksen myötä kasvanut puuston hiilivaraston kasvu vastaa:
 - noin **354 000** henkilöautokilometrin päästöjä (52 tCO₂ / 147,1 g/km)
 - noin **viiden** keskivertosuomalaisen vuotuista hiilijalanjälkeä (52 tCO₂ / 10,3 tCO₂/henkilö)

Vastuu tulosten oikeellisuudesta

- Tapio Palvelut Oy (myöhemmin Toimittaja) laskentapalvelun toteuttajana ja raportin laatijana vastaa siitä, että on suorittanut raportin laatimiseen johtaneen toimeksiannon ammattitaitoisesti, huolellisesti ja alalla vallitsevaa hyvää ammattikäytäntöä noudattaen. Raportti vastaa tilannetta sen antamishetkellä, eikä Toimittaja siten ole vastuussa myöhemmin esim. olosuhteiden muuttumisesta johtuneista seikoista. Toimeksiannon suorittamista varten Toimittaja on saanut toimeksiantajalta tai kolmansilta aineistoa ja laskentamalleja, joiden oikeellisuuteen ja todenmukaisuuteen Toimittaja on luottanut ilman eri tutkimusta tai todentamista, ellei kyse ole aineistosta, jonka oikeellisuuden tai todenmukaisuuden selvittäminen on nimenomaisesti kuulunut toimeksiantoon.
- Toimittaja ei vastaa missään tapauksessa välillisistä eikä epäsuorista vahingoista. Toimittaja vastuu rajoittuu kaikissa tapauksissa sille toimeksiannosta maksettuun määrään, ellei Toimittajan osoiteta menetelleen tahallisesti tai törkeän tuottamuksellisesti. Kolmannella taholla on oikeus luottaa lausuntoon vain siinä tarkoituksessa, mihin lausunto on nimenomaisesti pyydetty. Toimittajan vastuu kolmatta tahoja kohtaan ei voi olla suurempi, kuin mitä se on lausunnon pyytäneellä taholla kohtaan.

Esko Välimäki

*Metsätietopalveluiden
päällikkö*

esko.valimaki@tapio.fi

TAPIO 



Metsänomistajat
Mhy Lakeus



Parkanon
Säästöpankkisäätiö



MTK SÄÄTIÖ



Euroopan unionin
osarahoittama

Kuortaneen
Säästöpankkisäätiö