

**SITOWISE**

# Metsien hiilinielut

Joensuun kaupunki, 5/2023

SANNA HÄRKÖNEN, EMMA LILJESTRÖM, SITOWISE



# Työn tavoite

- Tavoite
  - Lasketaan Joensuun kaupungin alueen metsien **hiilivarastot** ja **hiilinielut/päästöt nykytilassa** uudella Bitcompin laskentamenetelmällä, jossa voidaan hyödyntää ajantasaista metsävaratietoa Suomen Metsäkeskukselta
  - Tehdään vertailu uuden menetelmän ja aiemmin käytetyn CO2-raportin menetelmän (LUKE:n monilähdeinventointirastereihin pohjautuva laskenta).
    - Lasketaan uudella menetelmällä tulokset aiempien vuosien metsävaratietojen perusteella. Vanhin saatavilla oleva avoin metsävaratieto löytyy alkuvuodelta 2020.
    - Verrataan vuoden 2020 laskelmaa aikaisempaan CO2-raportin menetelmällä laskettuun hiililaskelmaan. Aikaisempi laskelma pohjautui LUKE:n monilähdeinventointirastereihin, ja viimeisin arvio on vuodelta 2018. Kyseessä olevan menetelmän haasteena on se, että LUKE:n tuottamat rasterit julkaistaan useamman vuoden viiveellä, mikä aiheuttaa haasteita kaupungin ilmastotavoitteiden seurannalle.



# Laskennan toteutus

- Laskenta
  - Tulokset laskettiin metsikkökuvioittain käyttäen mallin lähtötietoina vuosien 2020, 2021 ja 2022 avointa metsävaratietoa (Suomen Metsäkeskus).
  - Kuviokohtaiset hakkuut simuloitiin kyseisten vuosien **metsänkäyttöilmoitusten** perusteella (Suomen Metsäkeskus), eli vuotuiset hakkuualueet ja hakkuutavat on huomioitu siten kun ne on metsänkäyttöilmoituksissa ilmoitettu. Ne kuviot, joille ei osunut metsänkäyttöilmoituksia, kasvatettiin ilman hakkuuta.
  - Tulokset esitetään muodossa **tonnia hiilidioksidiekvivalenttia (CO<sub>2</sub>e)**.
  - Huom! Tässä laskelmassa on mukana vain sellaiset kohteet, jotka osuvat Metsäkeskuksen avointa metsävaratietoa sisältäville alueille.



# Laskentamenetelmä

- Metsien hiilinielun laskennassa käytetään Bitcomp Oy:n (osa Sitowise konsernia) kehittämää tekoälypohjaista kasvumallia (Suomen alueella 5 kasvualueittaiset mallit). Mallin opetusaineistona hyödynnetään Suomen Metsäkeskuksen avoimen metsävaratiedon kautta saatavilla olevaa laajaa kasvuennustedataa [Suomen Metsäkeskus, avoin aineisto, 2022 ja 2023]. Tekoälymallilla voidaan ennustaa vuotuisia perusmetsikkötunnusten kehitystä, biomassaa ja hiilivarastoja.
- Laskentamallissa hyödynnettävät ja tuloksiin vaikuttavat syötteet ovat metsikkötunnukset, simuloinnin alku- ja loppupäivä sekä tarkastelualueella toteutettavat metsänhoitotoimenpiteet.
- Simulointi voidaan ajaa joko ilman metsänhoitotoimenpiteitä, metsäsuunnitelman mukaisilla toimenpide-ehdotuksilla tai Tapion hyvän metsänhoidon suositusten mukaisesti ([https://tapio.fi/wp-content/uploads/2020/09/Metsanhoidon\\_suosituksset\\_Tapio\\_2019.pdf](https://tapio.fi/wp-content/uploads/2020/09/Metsanhoidon_suosituksset_Tapio_2019.pdf)). Lisäksi kasvuun ja maaperän hiilimäärän kehitykseen vaikuttaa keskimääräinen säätila.
- Malli laskee metsien vuotuista kasvua ja hiilinielua metsikkökuviokohtaisesti:
  - Perusmetsämuuttujien (puuston pääpuulaji, keskipituus, keskiläpimitta, pohjapinta-ala, tilavuus) vuotuinen kasvu/muutos
  - Biomassa lehdissä, oksissa, rungossa, kannossa, juurissa (Repola et al. 2007, Metsäntutkimuslaitos)
  - Puustoon sitoutunut hiili (ja CO<sub>2</sub>-ekvivalentti) johdettuna biomassoista
  - Maaperään sitoutunut hiili Yasso-mallilla. Vuotuinen karikesato johdetaan biomassoista.
  - Hiilivaraston vuotuinen muutos (lähde vs. nielu)
  - Metsänhoitotoimenpiteet (taimikonhoito, harvennukset ja päätehakkuu) simuloidaan kohteelle, jos hakkuukriteerit täyttyvät. Tällöin lasketaan myös hakkuupoistuma (tukki/kuitu/hukkapuu).



# Joensuun metsävarat vuosina 2020, 2021 ja 2022

- Hiililaskelma on tehty käyttäen lähtötietoina Metsäkeskuksen avoimia kuviotietoja **koko Joensuun kaupungin alueen metsistä.**

<b>Metsävarat</b>	<b>2020</b>	<b>2021</b>	<b>2022</b>
Metsäpinta-ala (ha)	194 000	194 547	194 505
• Kivennäismaita (ha)	151 807	152 291	152 329
• Turvemaita ja soita (ha)	42 193	42 256	42 176
Puuston kokonaistilavuus (m3)	20 457 211	21 040 548	22 380 482
Puuston keskitilavuus (m3/ha)	136,2	139,2	147,8

<b>Hakkuut metsänkayttöilmoitusten perusteella</b>	<b>2020</b>	<b>2021</b>	<b>2022</b>
Pinta-ala (ha)	7043	8065	8508



# Metsien hiilivarastot ja hiilinielut

## Kokonaismäärät

	2020	2021	2022
<b>Hiilivarasto</b>	<b>Tonnia CO<sub>2</sub>e</b>	<b>Tonnia CO<sub>2</sub>e</b>	<b>Tonnia CO<sub>2</sub>e</b>
Puusto	30 678 538	31 159 465	32 546 652
Maaperä	112 380 694	112 754 663	112 725 651
Yhteensä	143 059 231	143 914 128	145 272 302
<b>Hiilinielu</b>	<b>Tonnia CO<sub>2</sub>e</b>	<b>Tonnia CO<sub>2</sub>e</b>	<b>Tonnia CO<sub>2</sub>e</b>
Puusto	-290 321	-101 591	-142 472
Maaperä	-316 338	-335 279	-349 727
Yhteensä	-606 658	-436 870	-492 199

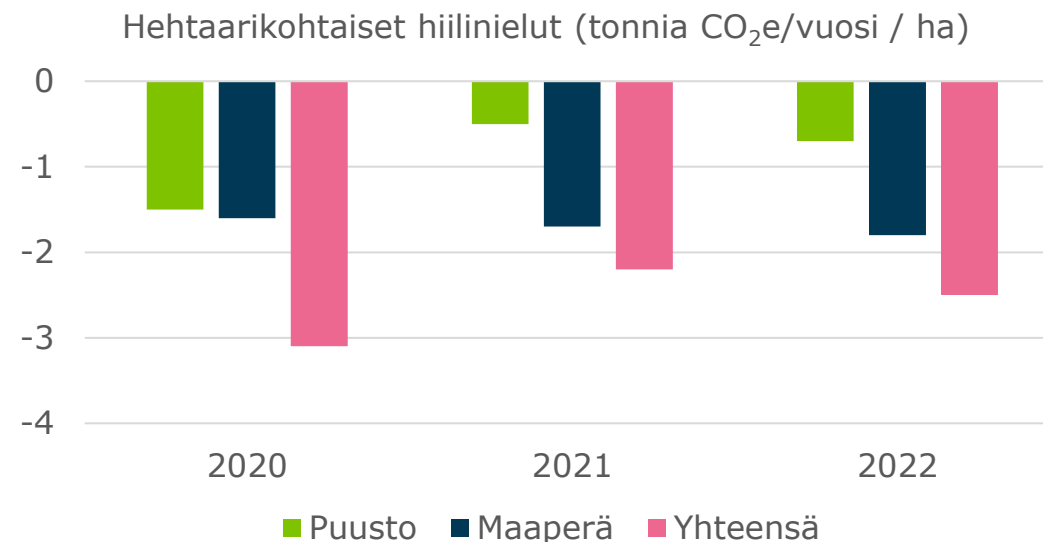
## Hehtaariohittaiset määrät

	2020	2021	2022
<b>Hiilivarasto</b>	<b>Tonnia CO<sub>2</sub>e</b>	<b>Tonnia CO<sub>2</sub>e</b>	<b>Tonnia CO<sub>2</sub>e</b>
Puusto	158,1	160,2	167,3
Maaperä	579,3	579,6	579,6
Yhteensä	737,4	739,7	746,9
<b>Hiilinielu</b>	<b>Tonnia CO<sub>2</sub>e</b>	<b>Tonnia CO<sub>2</sub>e</b>	<b>Tonnia CO<sub>2</sub>e</b>
Puusto	-1,5	-0,5	-0,7
Maaperä	-1,6	-1,7	-1,8
Yhteensä	-3,1	-2,2	-2,5



# Yhteenveto

Laskelman mukaan Joensuun kaupungin alueen metsät ovat toimineet hiilinieluinä vuosina 2020, 2021 ja 2022. Hiilinielu on kuitenkin vuosina 2021 ja 2022 huomattavasti pienempi, kuin ensimmäisenä tarkasteluvuotena. Tämä on seurausta kasvaneista hakkuista. Laskelmaa tulkittaessa on huomioitava, että metsänkäyttöilmoitusten hakkuut eivät välttämättä toteudu heti ilmoituksen jättövuonna, mikä aiheuttaa hieman epätarkkuutta vuosittaisiin lukuihin.



# Menetelmien välinen vertailu

## Yleinen

Tekoälypohjaista kasvumallia hyödyntävässä laskelmassa käytettiin metsikkökuviokohtaisen kasvupaikan ja puuston huomioivaa menetelmää. Tekoälymallilla voidaan ennustaa vuotuista perusmetsikkötunnusten kehitystä, biomassaa ja hiilivarastoja.

Aikaisemmin käytetyssä CO<sub>2</sub>-raportin menetelmällä tehdyssä laskennassa on hyödynnetty kansallisesti tuotettuja aineistoja sekä tietokyselyin koottuja tietoja Joensuun puuston runkotilavuudesta ja eri maankäyttömuodoista ja niiden pinta-aloista. Laskennassa on hyödynnetty kansallisesta kasvihuonekaasupäästöjen inventaariosta johdettuja päästökertoimia.

Tekoälypohjaisella mallilla hiilinielut on laskettu vuosilta 2020-2022 ja CO<sub>2</sub>-raportin mallilla vuosilta 2000, 2005, 2007, 2012, 2014, 2016 ja 2018.



# Menetelmien välinen vertailu

## Puusto 1/2

### Puusto

Tekoälypohjaisessa mallissa puuston kehityssennuste pohjautuu metsikkökuviotasolla toimivaan tekoälymalliin. Tekoälymalli on opetettu laajalla opetusaineistolla, joka on Metsäkeskuksen avoimen metsävaratiedon kautta saatavilla olevaa laajaa kasvuennustedatata [Suomen Metsäkeskus, avoin aineisto]. Tekoälypohjaisessa laskelmassa ennustemallille annetaan lähtötietoina Metsäkeskuksen avoimen metsävaratiedon mukaiset metsikkökuviotiedot, jotka kuvaavat metsien ajantasaista nykytilannetta. Metsävarakuviolla tarkoitetaan toimenpidetarpeiltaan, kasvupaikaltaan ja puustoltaan yhtenäistä metsän aluetta. Keskimääräinen kuviokoko aineistossa on noin 1,4 hehtaaria. Avoin metsävaratieto päivittyy jatkuvasti, mutta tietojen kattavuudessa ja luotettavuudessa voi olla alueellista vaihtelua. Metsäkeskuksen metsävaratiedot pohjautuvat kuuden vuoden sykleissä tehtävään laserkeilaustulkintaan, jonka avulla saadaan tarkka kuva metsävaroista. Niinä vuosina, jolloin kohdealueella ei tehdä uutta laserkeilausta, Metsäkeskus ajantasaistaa avointa metsävaratietoa käyttäen kasvumallia ja metsänkäyttöilmoitusten kautta saatua tietoa toteutetuista hakkuista. Kasvumallin käyttö tuo väistämättä epävarmuutta tietoihin. Avoimen metsävaratiedon luotettavuus on siis parhaimmillaan niillä alueilla, joilla laserkeilaus on suoritettu aivan viime vuosina. Kuitenkin laserkeilaukseen pohjautuva metsävaratieto on lähtökohtaisesti tarkempaa, kuin satelliittipohjaisen monilähdeinventointidatan.

# Menetelmien välinen vertailu

## Puusto 2/2

### Puusto

CO2-raportin menetelmässä puuston tilavuuden ja sen muutosten arviointi perustuu Luonnonvarakeskuksen tuottaman monilähteen valtakunnan metsien inventoinnin (MVM) aineistoon puuston runkotilavuudesta. Valtakunnan metsien inventointi on metsien ja metsävarojen seurantajärjestelmä, joka tuottaa tietoa muun muassa alueittaisista ja koko maan metsien hiilivaroista ja niiden muutoksista. MVM:ssä valtakunnan metsien inventoinnin tuottamaan maastotietoon yhdistetään satelliittikuvien kautta saatava tieto, jolloin metsävaratietoja voidaan tuottaa yksityiskohtaisina metsävarakarttoina ja kuntakohtaisina taulukkotietoina. Satelliittikuvamateriaalin yhdistäminen muihin tietolähteisiin saattaa johtaa epätarkkuuteen kuntakohtaisissa vuosittaisissa luvuissa. Pitkän aikavälin tarkastelu kuvaa kuitenkin puuston tilavuuden kehitystä kunnan alueella.

Eroja laskentojen välillä aiheuttavat esimerkiksi käytetyt metsävaratietojen lähtöaineistot ja erot näiden välillä sekä laskennassa käytetyt kertoimet.

# Menetelmien välinen vertailu

## Maaperä

### Maaperä

Tekoälypohjaisessa laskentamallissa maaperän laskenta perustuu Ilmatieteen laitoksen kehittämään YASSO-malliin (<https://en.ilmatieteenlaitos.fi/yasso-description#Yasso20>), jossa vuotuinen kariesato johdetaan biomassosta. Mallissa maaperän hiilivarastot ja hiilivirrat lasketaan kaikille metsäksi luokitelluille alueille, jotka ovat Metsäkeskuksen metsävaratiedoissa mukana (metsä-, kitu- ja joutomaat).

CO<sub>2</sub>-raportin mallissa maaperän päästöjen ja nielujen laskenta perustuu Suomen kasvihuonekaasuinventaarion päästökertoimiin. Metsä- ja kitumaan pinta-aratiedot erikseen kangasmaille sekä ojitetuille ja ojittamattomille soille saadaan Luonnonvarakeskuksen tuottamasta MVMII aineistosta. Viljelysmaiden ja ruohikkomaiden päästöjen ja nielujen laskenta perustuu Ruokaviraston tilastoihin Joensuun peltoalasta sekä monivuotisten nurmien ja niittyjen pinta-alasta. Turvetuotantoalueiden pinta-aratiedot saadaan Joensuun kaupungilta ja ELY-keskuksesta.

Tekoälypohjaisessa laskelmassa on otettu huomioon hakkuissa maastoon jäävä hakkuutähde (muu kuin tukki- ja kuitupuu) osaksi maaperän hiilinielua. Muut kuin metsäksi luokitellut alueet, kuten esimerkiksi turvetuotantoalueet, eivät ole mukana näissä alueissa, mikä osaltaan tuo eroja menetelmien välille. Tekoälypohjaisen laskelman tulosten perusteella maaperä olisi huomattavasti suurempi hiilinielu kuin CO<sub>2</sub>-raportin menetelmällä tehdyssä laskennassa.



Sanna Härkönen

[sanna.harkonen@sitowise.com](mailto:sanna.harkonen@sitowise.com)

Emma Liljeström

[emma.liljestrom@sitowise.com](mailto:emma.liljestrom@sitowise.com)

**SITOWISE.COM – THE SMART CITY COMPANY**

**SITOWISE**