



Hiilikerroin

Viherkertoimen hiililaskuri



CO-CARBON
www.cocarbon.fi

Tekijät: Mari Ariluoma (menetelmän kehitys ja teksti)
Liisa Kulmala (hiililaskurin arvojen simulointi)
Caroline Moinel (työkalun muokkaus)

Kuvitukset: Mari Ariluoma
Valokuvat: Caroline Moinel

Julkaisuvuosi: 2025

CO-CARBON on monitieteinen tutkimushanke, jonka tavoitteena on määrittää kaupunkien viheralueiden hiilivarastoja eri mittakaavoissa käyttämällä uusia mittauksia ja prosessipohjaisia malleja. Hankkeessa ilmakehä-, maaperä- ja yhteiskuntatieteilijät tekevät yhteistyötä maisemasuunnittelijoiden ja kaupunkisuunnittelijoiden kanssa. Hankkeessa kehitetään uusia ratkaisuja ja tietoa hiilidioksidipäästöiltään viisaan kaupungin viherinfrastruktuurin suunnittelua, toteuttamista ja ylläpitoa varten. Tämä tehdään yhteistyössä hankekumppaneiden, kansalaisten, yritysten ja kaupunkisuunnittelijoiden kanssa.

Hankkeen toteuttaa Helsingin yliopiston, Aalto-yliopiston, Ilmatieteen laitoksen, Hämeen ammattikorkeakoulun (HAMK) ja Kööpenhaminan yliopiston muodostama konsortio. CO-CARBON-hanketta rahoittaa Suomen Akatemian yhteyteen perustettu strategisen tutkimuksen neuvosto.

Viherkertoimen hiililaskuri

Viherkertoimen hiililaskuri arvioi tontin tai korttelin kasvillisuus ja maaperän hiilinielupotentiaalin 50 vuoden aikana kasvillisuuden määrän ja kasvillisuustyyppien perusteella. Laskuri on kehitetty osaksi viherkerrointyökalua ja se laskee tontin hiilinielun automaattisesti viherkertoimeen syötettyjen pinta-alatietojen perusteella. Viherkertoimen lisäksi laskuri ilmoittaa tontin ”hiilikertoimen”, eli mikä on tontin hiilinielujen määrä suhteessa tontin pinta-alaan.

$$\text{Viherkerroin} = \frac{\text{Painotettu viherpinta-ala yhteensä}}{\text{Tontin pinta-ala}}$$
$$\text{Hiilikerroin} = \frac{\text{Hiilinielu yhteensä (kasvillisuus ja maaperä)}}{\text{Tontin pinta-ala}}$$

Mitä tarkoittaa hiilinielupotentiaali?

Kasvit sitovat hiiltä ilmakehästä ja varastoivat sitä runkoonsa, lehtiinsä ja juuriinsa. Kun kasvien osat kuolevat, osa hiilestä siirtyy maaperään ja osa vapautuu takaisin ilmakehään. Rakennetussa ympäristössä kasvualustan orgaaninen aines myös hajoaa alkuvaiheessa nopeasti, aiheuttaen päästöjä (Havu et al., 2022; Riikonen et al., 2017). Jos maaperään kertyvää orgaanista ainesta on enemmän kuin maaperän hajotustoiminta vapauttaa takaisin ilmakehään, hiiltä kertyy maaperään ja muodostuu maaperän orgaanista hiiltä (SOC = soil organic carbon).

Kasvillisuus toimii hiilinieluna silloin, kun kasvit sitovat enemmän hiiltä kuin mitä vapautuu takaisin ilmakehään kasvien ja maaperän hengityksen sekä hoidon päästöjen kautta. Tällöin hiiltä jää varastoon, eikä se lisää ilmakehän hiilidioksidipitoisuutta.

Hiilinielupotentiaali tarkoittaa arvioita tontin kasvillisuuden ja maaperän mahdollisesta hiilinielusta tulevaisuudessa. Arvio perustuu viherkertoimen kasvillisuustyyppien luokitteluun ja on tehty 50 vuoden elinkaarelle, mikä vastaa elinkaariarvioinnissa (LCA, Life Cycle Assessment) vakiintunutta aikajännettä. Arvio on suuntaa antava ja sisältää epävarmuustekijöitä, mutta se kuvaa mahdollisen hiilinielun suuruusluokkaa tutkimustietoon perustuen.

Kasvillisuustyyppien hiilinielupotentiaalin arviointi

Kasvillisuustyyppien hiilinielupotentiaalin arvioinnissa sovellettiin elinkaarilähestymistapaa, jossa tarkastellaan kasvillisuuden perustamis- ja käyttövaiheita 50 vuoden ajanjaksolla. Hiilinielupotentiaalin arvioimiseksi käytettiin kahta menetelmää:

1. **Kirjallisuuskatsaus:** Selvitettiin ajankohtainen tietämys kaupunkikasvillisuuden hiilensidontapotentiaalista aiempien tutkimusten pohjalta.
2. **Mallintaminen:** Simuloimalla täydennettiin kirjallisuuskatsauksen havaintoja ja arvioitiin tarkemmin tiettyjen kaupunkikasvillisuustyyppien hiilinielupotentiaalia. Simuloinnissa käytettiin LPJ-GUESS ja JSBACH malleja.

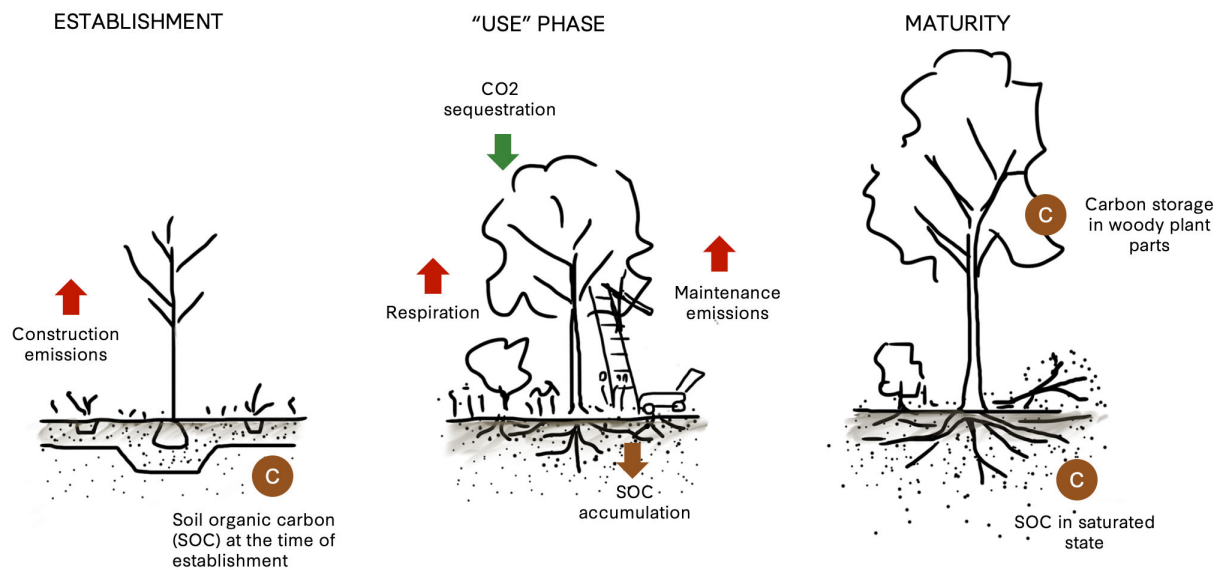
Yhdistämällä kirjallisuuskatsauksesta ja simulaatioista saatu data muodostettiin kokonaisarvio eri kaupunkikasvillisuustyyppien hiilinielupotentiaalista 50 vuoden elinkaaren aikana. Tämä integroitu lähestymistapa mahdollisti tarkemman ja kattavamman arvioinnin kaupunkikasvillisuuden hiilensidontakyvystä, koska kumpikaan menetelmä yksin ei kattanut kaikkia tarkasteltuja kasvillisuustyyppisiä.

Kullekin kasvillisuustyyppille arvioitiin:

- Perustamishetken maaperän orgaanisen hiilen määrä (SOC) perustuen vakiintuneeseen suositustenmukaiseen kasvualustan paksuuteen ja tyyppiin ($\text{kg CO}_2/\text{m}^2$) (VYL 2022)
- Maaperän orgaanisen hiilen kertymä 50 vuoden aikana ($\text{kg CO}_2/\text{m}^2$)
- Hiilen varastoituminen puuvartiseen kasvillisuuteen 50 vuotta perustamisesta ($\text{kg CO}_2/\text{puu}$)
- Keskimääräinen SOC-varasto stabiloituneessa tilassa ($\text{kg CO}_2/\text{m}^2$)
- Rakentamisen ja ylläpidon päästöt 50 vuoden aikana ($\text{kg CO}_2/\text{m}^2$ tai puu)

Arvioiden perusteella laskettiin hiilen kokonaissidonta, joka sisältää maaperän hiilikertymän ja puuvartisiin osiin varastoituneen hiilen sekä kasvualustasta ja ylläpidosta aiheutuvat kokonaispäästöt. Hiilinielu 50 vuoden ajalta määritettiin laskemalla yhteen sidonta ja päästöt. Oletuksena oli, että kasvillisuus ja maakerrokset eivät vaadi uusimista tänä aikana. Simuloidut arvot perustuivat yhteen kasvialustatyyppiin, joka noudattaa Viherystöliiton kasvialustojen ohjearvoja (VYL 2022). Vaihtoehtoisia kasvialustaratkaisuja ei tarkasteltu. On huomattava, että valittu kasvialustaratkaisu voi vaikuttaa suuresti kasvialustalle laskettuihin päästöihin, ja siten nielupotentiaaliin.

Arviot eri kasvillisuustyypeille löytyvät Hiilikerroinlaskurin välilehdeltä ”Hiililaskelmat”.



Kuva 1: Laskennassa huomioitiin kaupunkikasvillisuuden hiilensidonta, hiilivarastot ja -päästöt elinkaariarvioinnin vaiheiden mukaan sovellettuna. Perustamisvaiheessa syntyy päästöjä rakentamisesta ja rakennetuissa kasvualustoissa saattaa olla korkea orgaanisen hiilen pitoisuus. Käyttövaihe viittaa kasvillisuuden elinkaaren aikaiseen hiilen kiertoon. Kasvillisuuden aktiivisen kasvun ja kehittymisen vaiheessa maaperästä vapautuvan hiilen määrä on aluksi suuri, mutta tasapainottuu myöhemmin luonnollisen hengitystason mukaiseksi. Kun kasvillisuus varttuu, maaperän hengitys voi jälleen lisääntyä, koska hajotettavaa kasvimateriaalia on enemmän. Toisaalta hiilen sidonta tehostuu myös ajan myötä, kun lehtipinta-ala kasvaa. Tämän seurauksena varttuneen kasvillisuuden ja maaperän hiilivarastojen oletetaan vakiintuvan tietyllä tasolla.

Hiilikertoimen tavoitetasot

Vastaavasti kuin viherkerroin ilmaisee tontin viherrakenteiden määrää suhteessa tontin pinta-alaan, hiilikerroin kertoo tontin kasvillisuuden ja maaperän hiilinielupotentiaalin suhteessa tontin pinta-alaan. Koska hiilen sitoutuminen ja hiilinielujen muodostuminen on hidasta, hiilinielupotentiaali on arvioitu 50 vuoden ajalta. Suuri viherkerroinluku ei automaattisesti tarkoita korkeaa hiilikerrointa, sillä viherkerroinlaskennassa painottuu myös monia muita tekijöitä. Kuitenkin esimerkiksi suuret puut lisäävät tehokkaasti sekä viherkerrointa että hiilinieluja.

Toisin kuin viherkerroin, hiilikerroinluku voi olla myös arvoltaan negatiivinen. Positiivinen hiilikerroinluku tarkoittaa, että tontin kasvillisuus ja maaperä toimivat hiilinieluna 50 vuoden aikana. Negatiivinen hiilikerroinluku tarkoittaa, että päästöjä syntyy 50 vuoden aikana enemmän kuin hiiltä ehtii sitoutua. Suurimmat päästöt laskennassa muodostuvat kasvualustan alkuvaiheen päästöistä.

Hiilikertoimelle voidaan asettaa tavoitetaso kuten viherkertoimelle. CO-CARBON hankkeessa tuotettujen testilaskelmien pohjalta **hiilikertoimen suositeltavana tasona voidaan pitää noin arvon 5.0 ylittävää hiilikerrointa**. Tämä tarkoittaa, että tontin hiilinielun suuruus on $5 \text{ kg CO}_2/\text{m}^2$. Testikohteissa hiilikerroinlukuissa on suurta vaihtelua kohteiden välillä (ks. Ariluoma, M. webinaariesitys 7.11.2024).

Alustavien testikohteiden perusteella voidaan määrittää seuraavat suuntaa-antavat tavoitetasot:

> 9.0 Hyvä hiilinielu

5.0–9.0 Kohtalainen hiilinielu

0–5.0 Matala hiilinielu

Jos hiilikerroin on negatiivinen, suositellaan suunnitteluratkaisun tarkistamista ja päästöjen pienentämistä esimerkiksi suosimalla kierrätyskasvualustoja.

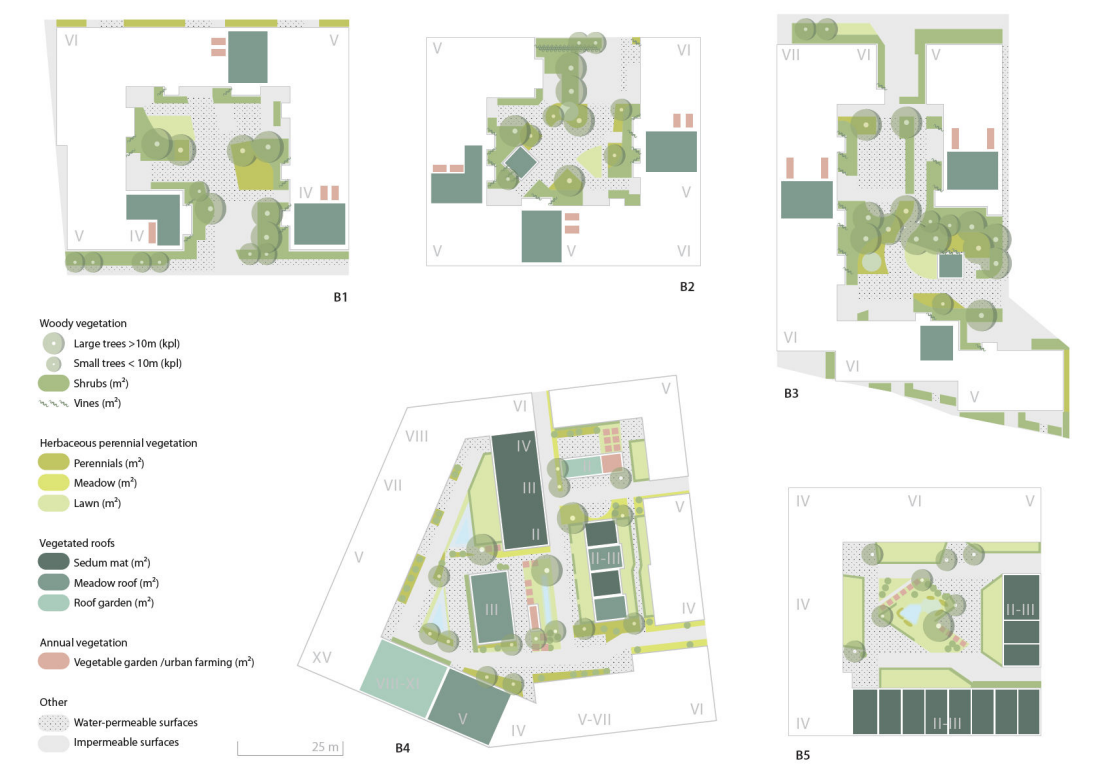
Esimerkki

Tässä esimerkissä hiilikerrointa on testattu viidessä korttelissa, jotka edustavat suhteellisen tiivistä umpikorttelieihin perustuvaa kaupunkirakennetta. Esimerkkikorttelit ja niiden pihasuunnitelmat perustuvat Tampereen Hiedanrantaan laadittuihin alustaviin viitesuunnitelmavaiheen pihasuunnitelmiin ja niissä laadittuihin viherkerroinlaskelmiin (kuva 2). Kohteiden viherkertoimet ja hiilikertoimet on esitetty taulukossa 1.

Pihojen kokonaishiilensidonta vaihtelee 19–41 tonnin CO₂ välillä, mikä vastaa 5,3–7,8 kg CO₂ neliometriä kohden 50 vuoden ajanjaksolla (kuva 3). Kun mukaan lasketaan kasvualustojen, rakentamisen ja ylläpidon päästöt, nettonielu pienenee merkittävästi 0,7–1,9 tonniin CO₂ (taulukko 1). Piha B4 tuottaa enemmän hiilipäästöjä kuin se sitoo, jolloin hiilikerroin on negatiivinen. Jos kasvualustojen päästöt jätettäisiin laskennasta pois, kaikki pihat toimisivat nettonieluina, sitoen 6–22 tonnia CO₂. Tähän tulokseen voitaisiin päästä käyttämällä vähäpäästöisempiä kasvualustoja.

Pihoilla B1–B3 hiilensidonta perustuu pääasiassa suuriin puihin, kun taas muut kasvillisuustyyppit vaikuttavat vain vähän. Sen sijaan pihoilla B4 ja B5 kasvillisuustyyppit vaihtelevat enemmän, ja hiilensidonnassa korostuvat pienet puut ja nurmialueet, kun taas suurilla puilla on pienempi rooli. Näiden pihojen päästöt johtuvat pääasiassa perennoista ja pensaista, erityisesti niiden kasvualustojen päästöistä. Erityisesti pihat, joilla on laajoja pensasistutuksia, aiheuttavat suuria päästöjä, sillä pensaila on suhteellisen paljon kasvualustaa suhteessa niiden kapasiteettiin sitoa hiiltä. Lisäksi suuret kasvikattoalueet, erityisesti kattopuutarha pihalla B4, lisäävät päästöjä. Päästöjä olisi mahdollista pienentää vaihtamalla kevyempään kasvikatotyyppiin.

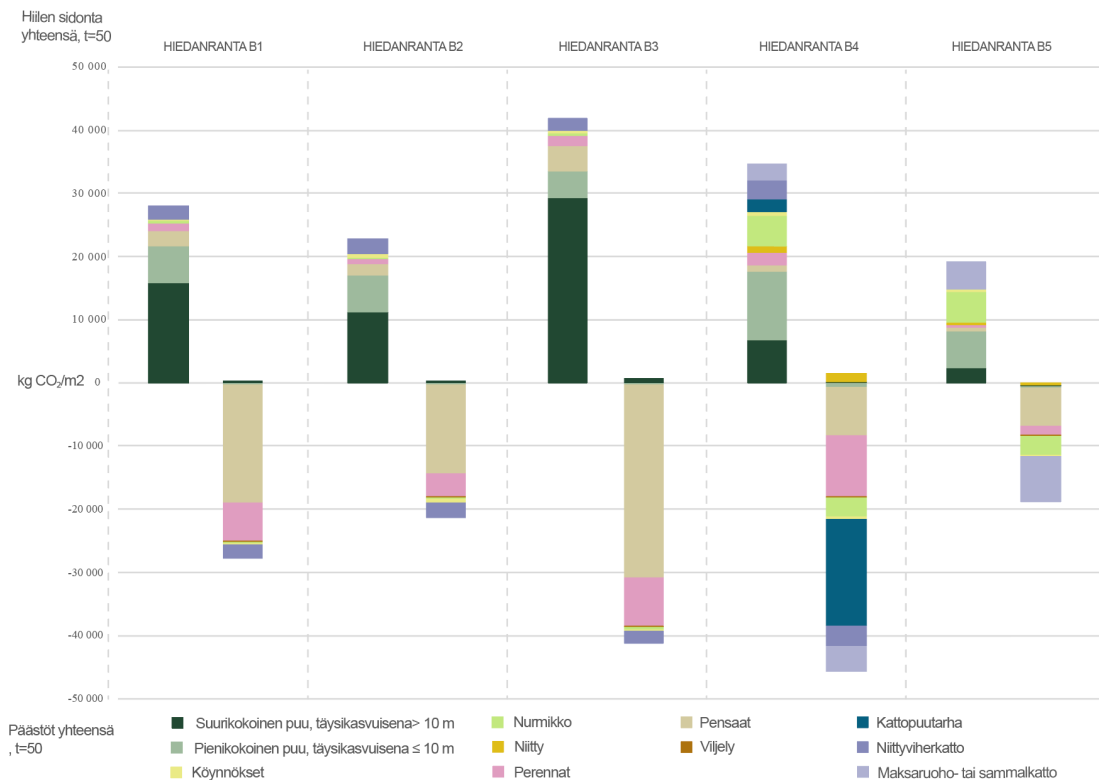
Vaikka korttelit ovat keskenään samantyyppisiä, kohteiden välillä on merkittäviä eroja. Esimerkiksi suurin piha, B4, tuottaa vähiten hiilensidontaa neliometriä kohden, koska siellä on vähän puustoa ja kattopuutarha lisää päästöjä. Sen sijaan B3, jossa on tihein puusto, saavuttaa parhaan hiilensidontatason, sillä istutettujen puiden suuri määrä kompensoi muiden kasvillisuustyyppien päästöjä. Erilaisia kasvillisuusratkaisuja soveltamalla kaikkien kohteiden hiilikerrointa olisi mahdollista nostaa huomattavasti.



Kuva 2. Esimerkkilaskelmien korttelit B1-B5 ja niiden kasvillisuustyytit perustuen kortteleihin laadittuihin alustaviin viitesuunnitelmiin ja viherkerroinlaskelmiin.

	Tontin pinta-ala, m ²	Pihan pinta-ala, m ²	Hiilinielupotentiaali 50 vuodessa, kg CO ₂	Viherkerroin	Hiilikeroiin
Hiedanranta B1	4229	1878	732	0.84	0.2
Hiedanranta B2	3527	1261	1946	0.86	0.6
Hiedanranta B3	5376	2815	1485	0.85	0.3
Hiedanranta B4	6547	2556	-9337	0.9	-1.4
Hiedanranta B5	3498	1401	1662	0.92	0.5

Taulukko 1: Esimerkkikorttelien viherkertoimet ja hiilikertoimet. Kaikki kohteet täyttävät viherkertoimen tavoitetason. Kaikissa kortteleissa hiilinielupotentiaali on kuitenkin hyvin matala ja yhdessä korttelissa (keltaiset ruudut) kasvillisuus ja maaperä näyttävät toimivan ennemmin päästöinä.



Kuva 3: Kasvillisuuden ja maaperän hiilen sidonta ja päästöt kasvillisuustyyppien mukaan esimerkkikortteilla B1-B5. Kohteissa, joissa on istutettu paljon pensaita, korostuvat pensaiden kasvualustojen päästöt. Hiilen sidonnassa puut ovat tehokkaimpia, mutta myös muut kasvillisuustyyppit sitovat hiiltä.

Mitä hyötyä hiilikertoimesta on?

Viherkertoimen hiililaskurilla suunnittelija voi vertailla erilaisia kasvillisuusratkaisuja ja niiden vaikutuksia tontin hiilinieluihin. Arviointia voi tehdä viite- tai toteutussuunnitteluvaiheessa, kunhan tiedossa tontin pinta-ala, kasvillisuustyyppit ja niiden pinta-alat. Hiilikerroin kannustaa valitsemaan kestäviä ja hiiliviisaita viherrakentamisen ratkaisuja ja täydentää viherkerrointa. Arviointia voi periaatteessa tehdä myös esimerkiksi puistosuunnittelukohteelle, mutta hiilikertoimen tavoitetasot eivät tällöin päde, sillä ne on määritetty asuinkortteleihin pohjautuen.

Vaikka kasvillisuuden ja maaperän hiilinielut ovat määrällisesti pieniä verrattuna rakentamisen aiheuttamiin päästöihin, ne ovat ainoita hiilinieluja, joita voidaan aktiivisesti luoda rakentamisen yhteydessä. Tätä mahdollisuutta voidaan hyödyntää nykyistä huomattavasti enemmän. (Hautamäki ym. 2025) Viherrakentamisen tavoitteena tulisi olla, ettei se ainakaan lisää rakentamisen kokonaispäästöjä. Tarkoituksena ei ole kompensoida rakentamisen päästöjä viherrakentamisen hiilinieluilla, vaan ensisijaisesti säilyttää mahdollisimman paljon olemassa olevia hiilivarastoja ja -nieluja, minimoida viherrakentamisen aiheuttamat päästöt sekä luoda uusia hiilinieluja aina kun se on

mahdollista. Hiilen sidonnan vahvistaminen tuottaa todennäköisesti myös muita hyötyjä, kuten luonnon monimuotoisuuden edistämistä (Ariluoma et al. 2024).

Epävarmuustekijät

Viherkertoimen hiililaskurin sisältämät lukuarvot ovat suuntaa antavia, sillä todellisuudessa hiilen kiertoon ilmakehän, kasvillisuuden ja maaperän välillä vaikuttaa lukuisat tekijät, kuten kasvillisuuden kasvuolosuhteet, hoito ja ilmasto. Myös kasvilajien välillä on eroja. Kaikista kasvillisuustyypeistä ei myöskään ole toistaiseksi riittävästi soveltuva tutkimustietoa saatavilla, jotta niiden hiilinielupotentiaalia voisi kattavasti arvioida. Lisäksi rakennetussa ympäristössä paikalle tuodun kasvualustan tuottama alkuvaiheen hiilipäästö saattaa vaihdella suuresti kasvualustan laadun mukaan. Kasvualustojen hiilipäästöt vaativatkin lisätutkimusta.

Lisätietoja

Hiililaskurin luvuista ja laskentamenetelmästä: Ariluoma, M. & Kulmala, L. 2024. Supplementary study 1: Assessing the carbon sink potentials of urban vegetation types. Osana väitöskirjaa: Ariluoma, M. 2025. Green capture - Enhancing carbon sinks within urban residential green spaces. Aalto-yliopisto. Ladattavissa: <https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-64-2773-7>

Lähteet

Ariluoma, M., Kinnunen, A., Lampinen, J., Hautamäki, R., Ottelin, J., 2024. Optimizing the co-benefits of biodiversity and carbon sinks in urban residential yards. *Front. Sustain. Cities* 6. <https://doi.org/10.3389/frsc.2024.1327614>

Ariluoma, M. 7.11.2024. Hiilikerroin – hiiliviisaat kaupunkipihat. Webinaariesitys. Saatavilla <https://cocarbon.fi/tutkimus/hiilikerroin/> (viitattu 28.8.2025)

Hautamäki, R., Kulmala, L., Ariluoma, M., Järvi, L. 2025. How urban green infrastructure contributes to carbon neutrality. *Buildings & Cities*, 6(1), 272–280. <https://doi.org/10.5334/bc.586>

Havu, M., Kulmala, L., Kolari, P., Vesala, T., Riikonen, A., Järvi, L., 2022. Carbon sequestration potential of street tree plantings in Helsinki. *Biogeosciences* 19, 2121–2143. <https://doi.org/10.5194/bg-19-2121-2022>

Kuronuma, T., Watanabe, H., Ishihara, T., Kou, D., Toudou, K., Ando, M., Shindo, S., 2018. CO2 Payoff of Extensive Green Roofs with Different Vegetation Species. *Sustainability* 10, 2256. <https://doi.org/10.3390/su10072256>

Lind, E., Prade, T., Sjöman Deak, J., Levinsson, A., Sjöman, H., 2023. How green is an urban tree? The impact of species selection in reducing the carbon footprint of park trees in Swedish cities. *Front. Sustain. Cities* 5.

- Lindén, L., Riikonen, A., Setälä, H., Yli-Pelkonen, V., 2020. Quantifying carbon stocks in urban parks under cold climate conditions. *Urban For. Urban Green.* 49, 126633. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2020.126633>
- Moinel, C., Kuittinen, M., Hautamäki, R., 2024. Estimating CO2 flows in urban parks: knowns and unknowns. *Front. Sustain. Cities* 6. <https://doi.org/10.3389/frsc.2024.1452403>
- Nicese, F.P., Colangelo, G., Comolli, R., Azzini, L., Lucchetti, S., Marziliano, P.A., Sanesi, G., 2021. Estimating CO2 balance through the Life Cycle Assessment prism: A case – Study in an urban park. *Urban For. Urban Green.* 57, 126869. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2020.126869>
- Riikonen, A., Pumpanen, J., Mäki, M., Nikinmaa, E., 2017. High carbon losses from established growing sites delay the carbon sequestration benefits of street tree plantings – A case study in Helsinki, Finland. *Urban For. Urban Green., Special feature:TURFGRASS* 26, 85–94. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2017.04.004>
- Setälä, H.M., Francini, G., Allen, J.A., Hui, N., Jumpponen, A., Kotze, D.J., 2016. Vegetation Type and Age Drive Changes in Soil Properties, Nitrogen, and Carbon Sequestration in Urban Parks under Cold Climate. *Front. Ecol. Evol.* 4, 93. <https://doi.org/10.3389/fevo.2016.00093>
- Shafique, M., Xue, X., Luo, X., 2020. An overview of carbon sequestration of green roofs in urban areas. *Urban For. Urban Green.* 47, 126515. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2019.126515>
- Silvenius, F., Niemeläinen, O., Kurppa, S., 2016. LCA case study on lawn establishment and maintenance with various peat and compost contents in substrates. *Integr. Environ. Assess. Manag.* 12, 459–464. <https://doi.org/10.1002/ieam.1789>
- Strohbach, M.W., Arnold, E., Haase, D., 2012. The carbon footprint of urban green space—A life cycle approach. *Landsc. Urban Plan.* 104, 220–229. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2011.10.013>
- Thölix, L., Backman, L., Havu, M., Karvinen, E., Soininen, J., Trémeau, J., Nevalainen, O., Ahongshangbam, J., Järvi, L., Kulmala, L., 2025. Carbon sequestration in different urban vegetation types in Southern Finland. *Biogeosciences* 22, 725–749. <https://doi.org/10.5194/bg-22-725-2025>
- Thölix, L., Backman, L., Havu, M., Karvinen, E., Soininen, J., Trémeau, J., Nevalainen, O., Ahongshangbam, J., Järvi, L., Kulmala, L., 2024. Carbon sequestration in different urban vegetation types in Southern Finland. *EGUsphere* 1–38. <https://doi.org/10.5194/egusphere-2024-1453>
- Trémeau, J., Olascoaga, B., Backman, L., Karvinen, E., Vekuri, H., Kulmala, L., 2024. Lawns and meadows in urban green space – a comparison from perspectives of greenhouse gases, drought resilience and plant functional types. *Biogeosciences* 21, 949–972. <https://doi.org/10.5194/bg-21-949-2024>
- Van Den Berge, S., Vangansbeke, P., Baeten, L., Vanhellefont, M., Vanneste, T., De Mil, T., Van den Bulcke, J., Verheyen, K., 2021. Biomass increment and carbon sequestration in hedgerow-grown trees. *Dendrochronologia* 70, 125894. <https://doi.org/10.1016/j.dendro.2021.125894>
- VYL. 2022. Kasvualustasuositukset [WWW Document]. URL <https://www.vyl.fi/ohjeet/kasvualusta-ja-kunttaohjeet/kasvualustasuositukset/> (accessed 1.12.23).



