

LAHDEN KAUPUNKI

Lahden alueen hiilinielut ja -varastot

Raportti

Tvrđy Jan

10.4.2019

Sisällysluettelo

1	Johdanto.....	3
2	Menetelmät.....	4
2.1	Hiilivarastot	4
2.1.1	Kasvillisuuden hiilivarastot	4
2.1.2	Maaperän hiilivarastot	5
2.2	Hiilinielut	5
2.2.1	Kasvillisuuden hiilinielut	5
2.2.2	Maaperän hiilidioksidipäästöt	5
3	Tulokset.....	6
3.1	Hiilivarastot	6
3.1.1	Kasvillisuuden hiilivarastot	6
3.1.2	Maaperän hiilivarastot	7
3.1.3	Hiilivarastot yhteensä	7
3.2	Hiilinielut	8
3.2.1	Kasvillisuuteen hiilinielut	8
3.2.2	Maaperän hiilidioksidipäästöt	9
3.2.3	Hiilinielut yhteensä	9
4	Yhteenveto.....	10
5	Lähteet.....	11

Tvrdy Jan

10.4.2019

Liitteet

Liite 1: Arviointioletukset Corine 2012 luokkien mukaan	13
Liite 2: Maaperän hiilivaraston muutos	14

10.4.2019

Lahden alueen hiilinielut ja -varastot

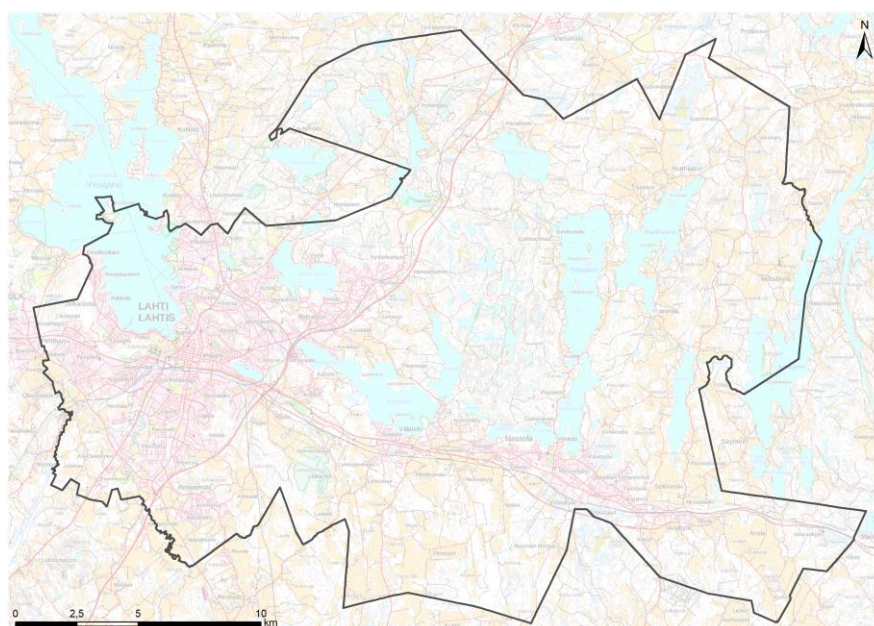
1 Johdanto

Ilmakehän kasvihuonekaasupitoisuus kasvaa. Merkittävin ihmisen toiminnasta aiheutuva kasvihuonekaasu on hiilidioksidi. Luonnossa hiiltä on sitoutuneena sekä maanpäälliseen kasvillisuuteen, että maaperään. Kasvillisuudella ja maaperällä on merkittävä rooli hiilidioksidin kierrossa ja kasvillisuus sekä maaperä pääosin toimivat sitojana ja hiilen varastona. Nielulla tarkoitetaan prosessia, jossa kasvihuonekaasu sitoutuu ja varastoituu kasvillisuuteen tai maaperään. Kaupungin kasvillisuusalueiden hiilivarastot ovat sitä suuremmat, mitä enemmän alueella on kasvillisuutta tässä järjestyksessä: metsiä, pelloja ja muita viheralueita, kuten rakennettuja puistoja.

Biomassan ja maaperän hiilivarastot ja vuosittaiset hiilinielut kuuluvat tärkeämpiin ekosysteemipalveluihin (säätelystä ja ylläpitopalvelut). Tässä raportissa kasvillisuuteen sitoutuneen hiilivaraston koko (tonnia C/ha) on tarkastelussa kahdessa roolissa: (i) tarkasteluhetken kasvillisuuden (biomassan) määrä, josta saadaan suoraan sen hetken kasvillisuuteen sitoutuneen hiilivaraston koko, sekä (ii) pitkän aikavälin biomassan osuus maaperässä. Vuosittaiset hiilinielut ja -päästöt (tonnia CO₂ekv/ha/vuosi) esitetään myös kasvillisuuden ja maaperän osalta.

Lahden kaupunki on saanut vuonna 2014 tulokset Helsingin, Lahden, Turun, Vantaan ja Espoon maankäyttösektorin kasvihuonekaasupäästöt, hiilinielut ja hiilivarastot – työstä. Selvitys kattaa vain Lahden vanhan kaupunkialueen. Tämän hankkeen tavoite on työstää aineisto koko Lahden alueesta (kuva 1). Tämä selvitys täydentää myös Lahden tärkeimpien ekosysteemipalvelujen (Lahden kaupunki 2019) selvitystä. Selvityksen tarkoituksena on tuottaa paikkatietomenetelmien avulla taustatietoa Lahden kaupungin maankäytön suunnitteluun, nojautuen asiantuntija-arvioihin ja julkaisuihin perustuviin oletuksiin.

Projektia on ohjannut Eira Rosberg-Airaksinen Lahden kaupungilta. Selvitystyön ovat tehneet Jan Tvrđy ja Ella Stark FCG Suunnittelu ja tekniikka Oy:stä.



Kuva 1. Selvitysalueen, eli Lahden kaupungin raja.

10.4.2019

2 Menetelmät

Analyysi perustuu asiantuntija-arvioon ja julkaisuihin perustuviin oletuksiin sekä olemassa oleviin paikkatietoihin, jotka jalostetaan ESRI ArcGIS sovelluksen avulla. Työssä arvioidaan Lahden kaupungin alueella kasvillisuuteen ja maaperään sitoutuneet hiilivarastot sekä vuosittaiset hiilinielut. Työssä käytetään seuraavaa aineistoa:

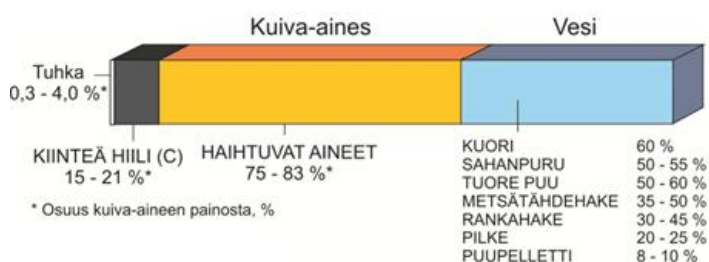
- Tarkasteluhetken kasvillisuuden hiilivarasto perustuu Metsäntutkimuslaitoksen valtakunnan metsien monilähdeinventointiin (MVMi) aineistoon (LUKE 2015).
- Metsäkeskuksen avointa metsätietoa, paikkatietoaineisto (Metsäkeskus 2019).
- GTK:n maaperä paikkatietoaineistot (GTK 2019).
- Corine maanpeite 2012 aineistot (SYKE 2019).
- Maanmittauslaitoksen maastotietokanta (Maanmittauslaitos 2019).

2.1 Hiilivarastot

2.1.1 Kasvillisuuden hiilivarastot

Kasvillisuuden hiilivaraston määrä perustuu Metsäntutkimuslaitoksen valtakunnan metsien monilähdeinventoinnin (VMI 2015) paikkatietoaineistoon (biomassa, 10kg/ha).

Puu koostuu sekä kuiva-aineesta että puuhun sitoutuneesta vedestä (kuva 2). Puun kuiva-ainetta on se puun osa, jossa ei ole vettä. Kuiva-aine sisältää tietyn määrän alkuaineita: 50 % hiiltä (C), 41% happea (O) ja 6% vetyä (H). Loppuosa on erilaisia aineita, pääasiassa typpeä (N), rikkiä (S) ja tuhkaa. Tuoreessa puussa on keskimäärin 50–60 % vettä.



Kuva 2. Puun koostumus (Alakangas 2000).

Koska VMI-tarkastelu kohdistuu pääsääntöisesti metsään, on syytä tarkastella myös nurmimaisen maanpeitteen biomassa. Avainasemassa on nurmimaisen biomassan määrä, joka vuosittain poistetaan alueelta ilman että se päättyy maaperään. Nämä oletukset esitetään liitteessä 1 Corine 2012 luokittain. Nurmen massa on arvioissa noin 0,4 kg/m² (esim. Virkajärvi 1994) ja kiinteän hiilen osuus 20 %.

Tässä raportissa kasvillisuuteen sitoutuneen hiilivaraston määrä esitetään koko Lahden kaupungin alueella kokonaislukuna sekä karttojen avulla, jossa esitetään hiilivarastot ruuduittain hehtaaria kohti (tonnia C/ha).

10.4.2019

2.1.2 Maaperän hiilivarastot

Alkuperäiset kivennäismaan hiilivarastot metsämaalle kasvupaikoittain arvioidaan Liski (1997) julkaisun perusteella sekä Helsingin, Lahden, Turun, Vantaan ja Espoon maankäyttösektorin kasvihuonekaasupäästöt, hiilinielut ja hiilivarastot –julkaisun perusteella.

Peltojen maaperän hiilivaraston määrää Suomessa on tutkinut Heikkinen ym. (2013). Tutkimusten mukaan kivennäismaapelloilla hehtaariohtainen hiilen määrä on noin 54 000 kg. Arvo vaihtelee jonkin verran alueellisesti, mutta suurempi vaikutus hiilen määrään on maan raekoolla ja viljelytavalla.

Turvemaametsien hiilivaraston määrä riippuu turpeen paksuudesta, tiheydestä ja hiilipitoisuudesta (Minkkinen 2013). Tässä tarkastelussa käytettyjen aineistojen perusteella näitä asioita ei saada yksittäisten alueiden osalta selville, joten turvemaan metsän hiilivaraston määräksi otettiin koko Suomen soiden hehtaariohtainen keskiarvo 533 000 kg/ha. Turvemaapeltojen kohdalla hiilivarasto arvioitiin myös kirjallisuuden perusteella. Heikkinen ym. (2013) tutkimuksen mukaan koko maan keskiarvo on 166 000 kg/ha.

Tässä raportissa maaperän sitoutuneen hiilivaraston esitetään koko Lahden kaupungin alueella kokonaislukuna sekä karttojen avulla, jossa esitetään hiilivarastot ruuduittain hehtaaria kohti (tonnia C/ha).

2.2 Hiilinielut

2.2.1 Kasvillisuuden hiilinielut

Hiilinielut ($\text{tCO}_2\text{ekv/ha/vuosi}$) arvioitiin tieteellisiin julkaisuihin perustuvien arvojen ja Corine 2012 maanpeiteluokkien avulla. Nämä oletukset on esitetty liitteessä 1 Corine luokittain.

2.2.2 Maaperän hiilidioksidipäästöt

Alkuperäiset kivennäismaan hiilivarastot metsämaalle kasvupaikoittain saatiin julkaisusta Liski ym. (1997) sekä Helsingin, Lahden, Turun, Vantaan ja Espoon maankäyttösektorin kasvihuonekaasupäästöt, hiilinielut ja hiilivarastot – työstä.

Turvemaille käytettiin maaperän osalta Kansallisen kasvihuonepäästöselvityksen lukuja (Helsingin kaupunki 2014, kts. liite 2). Turvepelloille käytetty, kirjallisuudesta otettu keskimääräinen hiilivaraston muutos on -0,3% eli 498 kgC/ha hiilipäästö vuodessa (Heikkinen ym. 2013). Rakennettujen alueiden ja avoimien alueiden osalta maaperähiilivaraston oletettiin vakioksi.

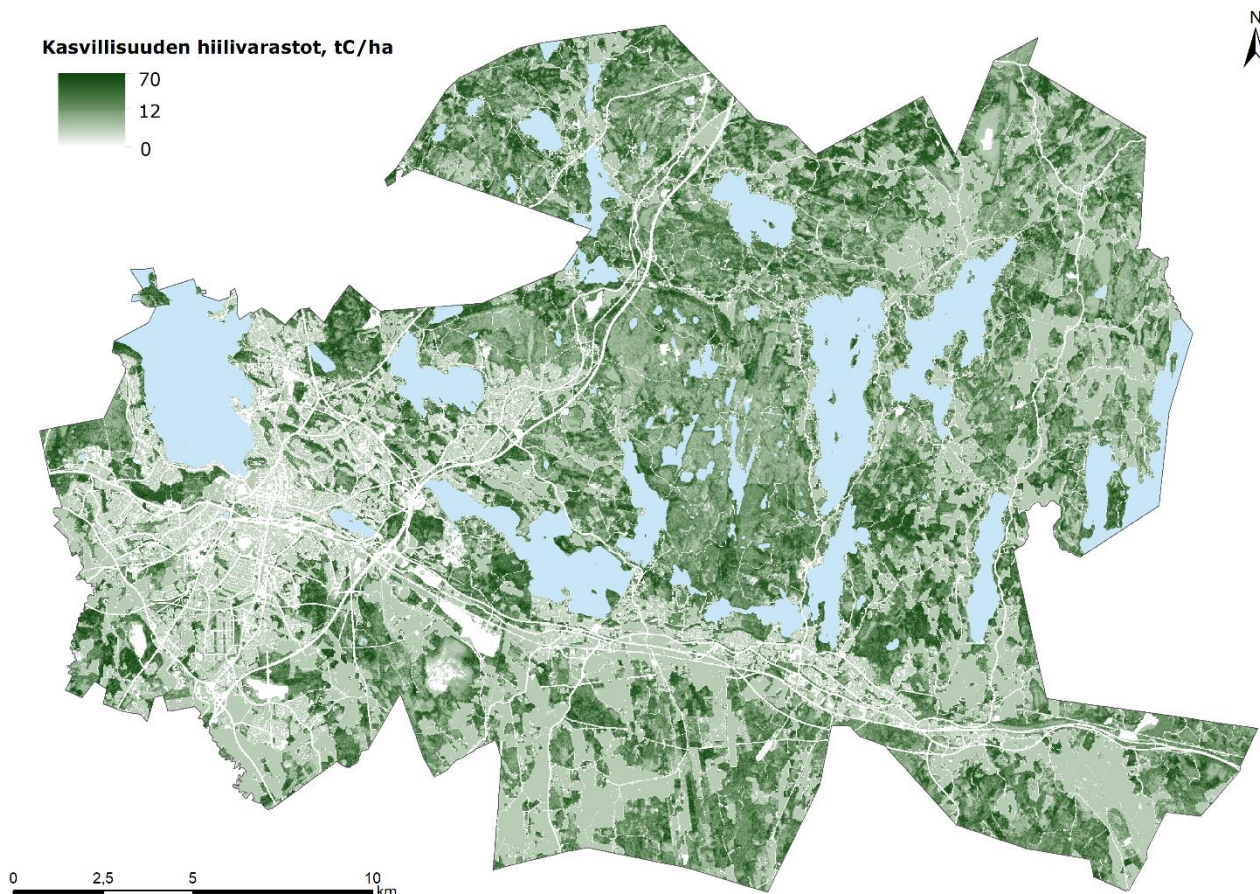
10.4.2019

3 Tulokset

3.1 Hiilivarastot

3.1.1 Kasvillisuuden hiilivarastot

Lahden kaupungin kasvillisuusalueiden hiilivarastot ovat sitä suuremmat, mitä enemmän alueella on seuraavassa järjestyksessä: metsiä, pelloja ja muita viheralueita, kuten rakennettuja puistoja. Lähtöaineiston ja paikkatietoanalyysin perusteella alueen kasvillisuuden hiilivarastot ovat yhteensä noin 580 000 tonnia C, keskimäärin noin 13 tonnia C hehtaaria kohti, eli noin 46 tonnia CO₂ekv hehtaaria kohti. CO₂ekv luvut saa kertomalla luvut 3,6:lla. Nämä tulokset ovat linjassa Metsähallituksen hallinnoimien metsien hiilitaseet -julkaisun (Metla 2011) kanssa, jossa puuston keskibiomassa VMI8, VMI9 ja VMI10 mittausten perusteella vaihtelee Etelä-Suomessa 52 – 79 tonnia hehtaaria kohti. Puun kiinteän hiilen osuus on noin 20 %. Lahden kaupungin kasvillisuuden hiilivarastot esitetään kuvassa 3.



Kuva 3. Lahden kaupungin kasvillisuuden hiilivarastot.

10.4.2019

3.1.2 Maaperän hiilivarastot

Liski ym. (1997) mukaan kivennäismaiden orgaaninen kerros sisältää vain 28 % maaperän hiilestä. Suurin osa kivennäismaiden maaperän hiilestä (70 %) on sitoutuneena yläpintaan metrin paksuiseen kivennäismaakerrokseen. Alempiin kivennäismaakerroksiin jää vain 2 % maaperän kokonaishiilestä. Turvemaiden hiilivarasto on noin viisinkertainen kivennäismaiden varastoon verrattuna. Kivennäismaiden maaperään sitoutuneen hiilen määrä riippuu ilmastollisten olosuhteiden lisäksi maan ravinteisuudesta sekä alueella vallinneesta kasvillisuudesta ja ihmisen toiminnasta. Luonnontilaisissa vanhoissa metsissä on varastossa enemmän hiiltä kuin talousmetsissä, mutta se vapauttaa yhtä paljon hiilidioksidia kuin sitookin. Lahden kaupungin maaperän hiilivarastot esitetään kuvassa 4.

Lähtöaineiston ja paikkatietoanalyysin perusteella alueen maaperän hiilivarastot ovat yhteensä noin 3,1 miljoona tonnia C. Hehtaaria kohti hiilivaraston arvot (C) vaihtelevat 42 tonnista – 533 tonniin, keskimäärin ovat noin 68 tonnia C hehtaaria kohti. Keskimäärin tämä tarkoittaa noin 240 tonnia CO₂ekv hehtaaria kohti.



Kuva 4. Lahden kaupungin maaperän hiilivarastot.

3.1.3 Hiilivarastot yhteensä

Lahden kaupunkialueen kokonaishiilivarastot ovat yhteensä noin 3,7 miljoona tonnia C. Hehtaaria kohti hiilivaraston arvot (C) vaihtelevat alueittain merkittävästi, mutta keskimäärin ne ovat noin 82 tonnia C hehtaaria kohti. Tämä tarkoittaa noin

10.4.2019

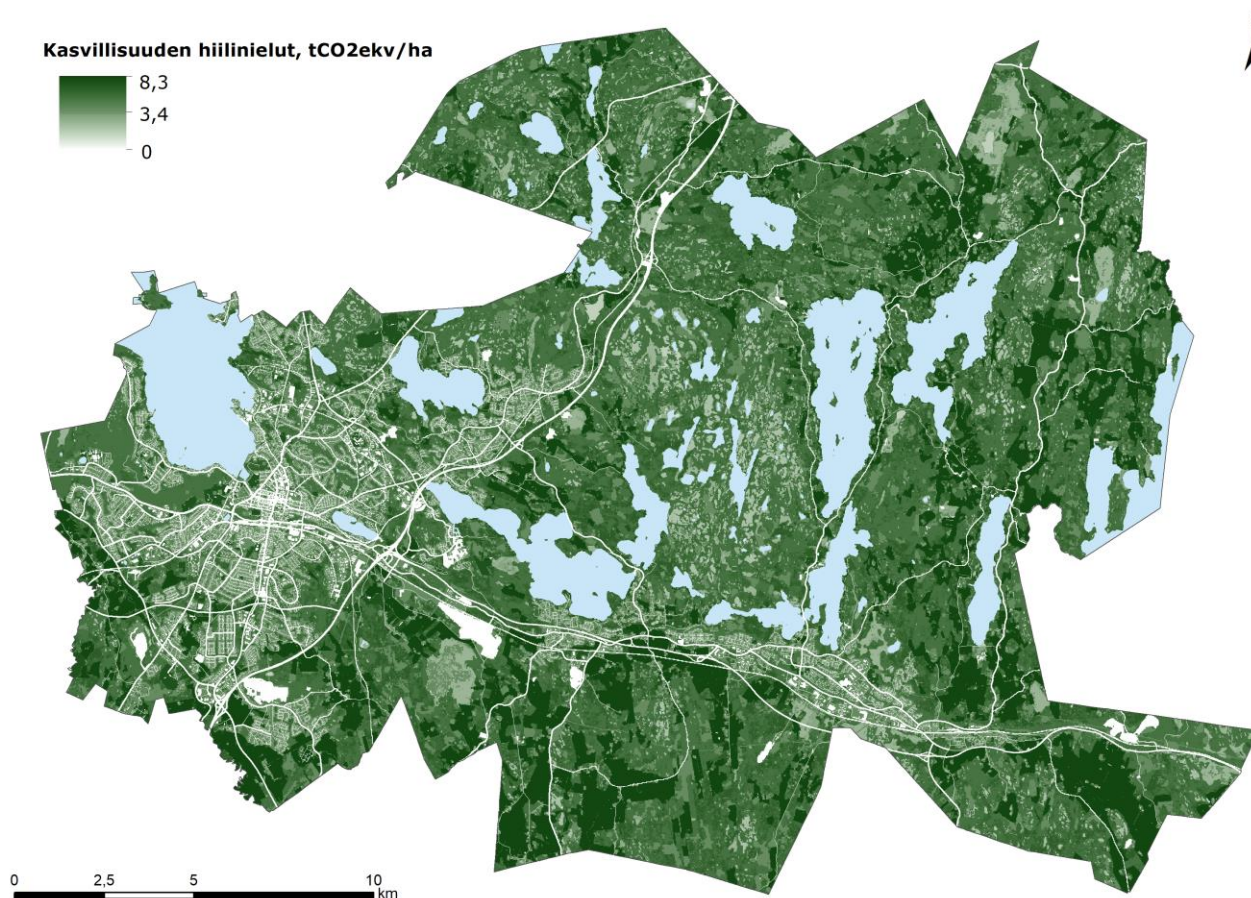
390 tonnia CO₂ekv hehtaaria kohti. Puustoon ja maaperään sitoutuneen hiilen määrä muuttuu kuitenkin ajan funktiona. Hiilen määrän muutoksessa on eroja maaperän ja kasvillisuuden välillä. Puuston kasvu lisää hiilen määrää puissa, kun taas hakkuut ja luonnonpoistuma vähentävät sitä. Eri ikäisellä puustolla kasvunopeus ja kariketuotanto eroavat toisistaan merkittävästi.

3.2 Hiilinielut

3.2.1 Kasvillisuuteen hiilinielut

Metsät ovat alueen tärkein hiilinielu, erityisesti jos otetaan huomioon metsäalueiden osuus pinta-alasta. Metsät ja peltojen kasvillisuus toimivat hiilinieluna (nieluvaikutus tyypillisesti 1 - 7 tCO₂ekv/ha/vuosi). Hiilidioksidia sitoo eniten puiden kasvu. Siksi hoidetut, etenkin nuoret, metsät ovat luonnontilaisia metsiä tehokkaampia hiilinieluja. Luonnonniityt, varvikot ja nummet ovat luonnollisia hiilinieluja (nieluvaikutus 3 - 6 tCO₂ekv/ha/vuosi). Lahden kaupungin vuosittaiset kasvillisuuden hiilinielut esitetään kuvassa 5.

Lähtöaineiston ja paikkatietoanalyysin perusteella alueen kasvillisuuden hiilinielut ovat vuodessa noin 180 000 tonnia CO₂ekv, eli noin 50 000 tonnia C. Hehtaaria kohti kasvillisuuden hiilinielut ovat keskimäärin noin 3,5 tonnia CO₂ekv.



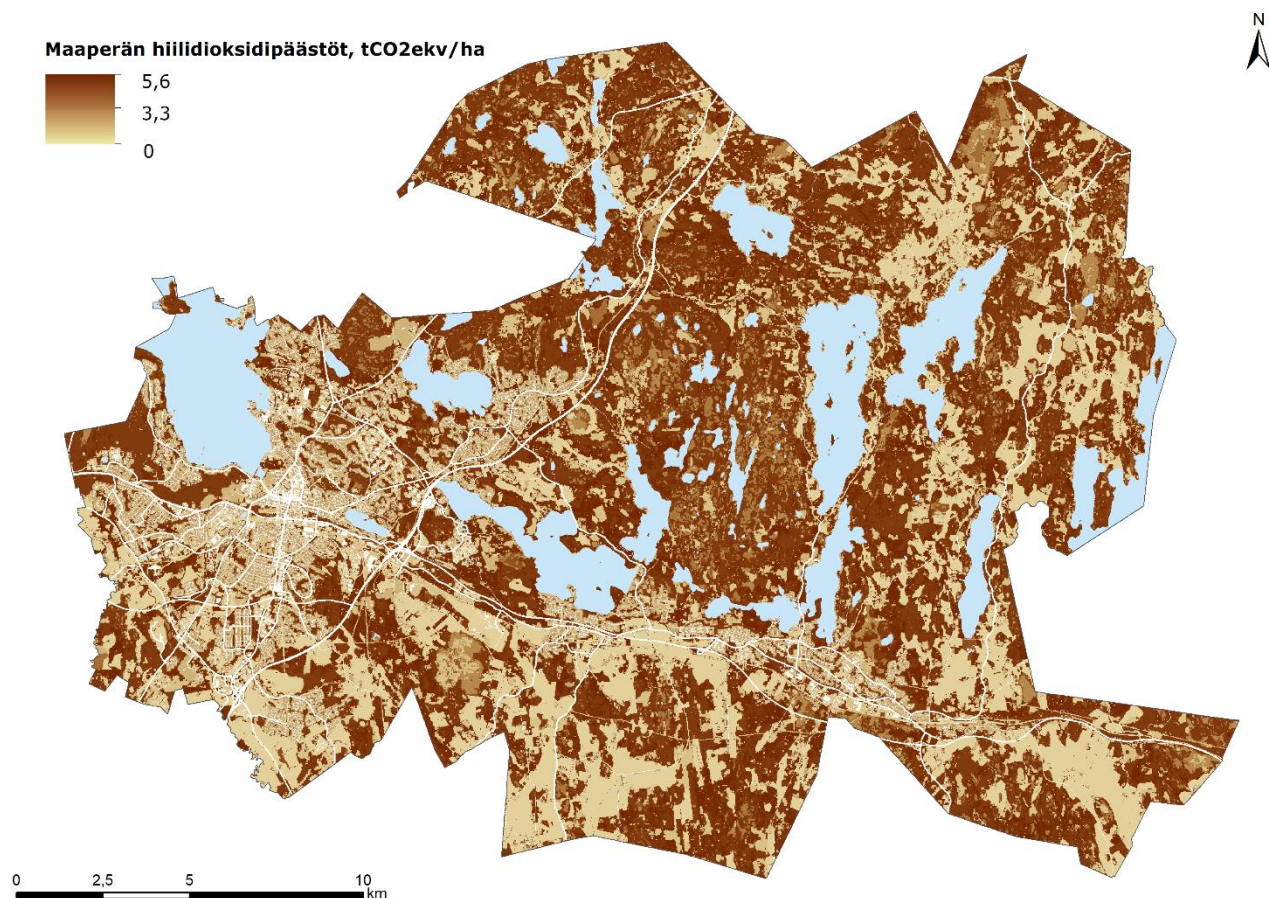
Kuva 5. Lahden kaupungin vuosittaiset kasvillisuuden hiilinielut.

10.4.2019

3.2.2 Maaperän hiilidioksidipäästöt

Maaperässä tapahtuvien prosessien takia maaperästä aiheutuu hiilidioksidipäästöjä. Kun maaperä vahingoittuu metsänhakkuprosessissa tai sitä esimerkiksi muokataan maanviljelyyn, se vapauttaa hiilidioksidia ilmakehään.

Lähtöaineiston ja paikkatietoanalyysin perusteella alueen maaperän hiilidioksidipäästöt ovat vuodessa noin 130 000 tonnia CO₂ekv, eli ilmakehään vapautuu noin 36 000 tonnia C. Hehtaaria kohti maaperän hiilidioksidipäästöt ovat keskimäärin noin 2,5 tonnia CO₂ekv.



Kuva 6. Lahden kaupungin vuosittaiset maaperän hiilidioksidipäästöt.

3.2.3 Hiilinielut yhteensä

Tilastokeskuksen ennakkotiedon mukaan vuoden 2017 maankäyttö, maankäytön muutokset ja metsätalous (LULUCF) -sektorin kasvihuonekaasujen nettonielu oli 20,4 miljoonaa hiilidioksiditonnia vastaava määrä (CO₂ekv.), joka tarkoittaa Suomen tasolla noin 0,7 tonnia CO₂ekv hehtaaria kohti (Tilastokeskus 2019).

Tämän selvityksen lähtöaineiston ja paikkatietoanalyysin perusteella alueen nettohiilinielut ovat vuodessa noin 50 000 tonnia CO₂ekv, eli noin 15 000 tonnia C. Hehtaaria kohti kasvillisuuden hiilinielut ovat keskimäärin noin 1 tonnia CO₂ekv.

10.4.2019

4 Yhteenveto

Kun hiilidioksidia sitoutuu kasvillisuuteen tai maaperään enemmän kuin sitä vapautuu, hiilivarastoa kutsutaan hiilen nieluksi. Hiilen varasto muuttuu hiilen lähteeksi, kun siitä tietyssä ajassa vapautuu hiilidioksidia ilmakehään enemmän kuin siihen sitoutuu. Hiilen sidonnan ja varastoinnin maksimointi sekä toisaalta hiilen vapautumisen minimointi ovat ilmastonmuutoksen hillinnän keinoja.

Lahden kaupunkialueen kokonaishiilivarastot ovat yhteensä noin 3,7 miljoona tonnia C. Maaperän hiilivarastot ovat yhteensä noin 3,1 miljoona tonnia C ja kasvillisuuden hiilivarastot ovat yhteensä noin 580 000 tonnia C. Hehtaaria kohti kokonaishiilivaraston arvot (C) vaihtelevat alueittain merkittävästi, mutta keskimäärin ovat noin 82 tonnia C hehtaaria kohti. Tämä tarkoittaa noin 390 tonnia CO₂ekv hehtaaria kohti.

Alueen nettohiilinielut ovat vuodessa noin 50 000 tonnia CO₂ekv, eli noin 15 000 tonnia C. Hehtaaria kohti kasvillisuuden hiilinielut ovat keskimäärin noin 1 tonnia CO₂ekv.

Laskennan tuloksia voidaan hyödyntää Lahden kaupungin maankäyttö- ja yhdyskuntasuunnittelussa. Yhdyskuntarakenteen suunnittelulla voidaan vaikuttaa hiilinielujen säilymiseen ja lisäämiseen. Eri kaavatasoilla tapahtuva maankäytön suunnittelu on tärkein prosessi, johon hiilinielujen ylläpitäminen tulisi kytkeä. Rakentamista voidaan mahdollisuuksien mukaan ohjata niin, että kaupungin tärkeimpiä hiilinieluja ja -varastoja tarjoavat alueet säilyvät. Suunnitteluperiaatteeksi voidaan mainita yhdyskuntarakenteen tiivistäminen. Mikäli maankäyttömuutosta suunniteltaessa on mahdollista valita erilaisten metsäalueiden väliltä, kannattaa hiilivarastojen kannalta valita maankäytön muutoksen kohteeksi kasvupotentiaaliltaan heikoimmat alueet, joiden hiilivarastojen koko on pienempi kuin rehevien kasvupaikkojen metsissä. Metsät ovat alueen laajimmat hiilinielualueet. Viheralueiden ja metsien turvaaminen kaavoituksen avulla on luontevin keino hiilinielu- ja hiilivarastoalueiden edistämiseksi. Aktiiviviljelyssä olevalla pellolla on merkittävästi suurempi hiilivarasto kuin muilla avoimilla ja rakennetuilla viheralueilla. Maaperän hiilivaraston suojelemiseksi olisi vältettävä toimia, jotka kiihdyttävät orgaanisen aineen hajoamista maaperässä. Maaperän hiilivaraston suuresta koosta johtuen suhteellisen pienetkin muutokset maaperän hiilivaraston koossa voivat vaikuttaa ilmakehän CO₂-pitoisuuteen.

Kappaleessa 2 ja liitteissä on esitetty oletukset, joita jouduttiin laskennan yhteydessä tekemään laskenta-aineiston täydentämiseksi. Yllä on tarkasteltu oletusten paikkansapitävyyttä niiltä osin kuin se on mahdollista. Ne pohjautuvat osittain Helsingin, Lahden, Turun, Vantaan ja Espoon maankäyttösektorin kasvihuonekaasupäästöt, hiilinielut ja hiilivarastot – julkaisuun (Helsingin kaupunki 2014). Laskentaoletusten lisäksi tulosten luotettavuuteen vaikuttavat laskenta-aineiston luotettavuus, eli kullekin hilaruudulle käytetyn Corine2012-maankäyttöluokituksen paikkansapitävyys sekä VMI2015-aineistosta hyödynnettyjen tunnusten luotettavuus. Molemmat aineistot ovat kaukokartoitusperusteisia. Yksittäisille ruuduille virheellisen tiedon mahdollisuus on merkittävä, mutta laajemmille alueille, kuten kunta, tulosten luotettavuus on oleellisesti parempi. Tämän lisäksi kaikki maaperän hiilivaraston muutosarviot ovat epävarmoja niin Suomessa kuin muissakin maissa. Maaperä- ja kasvillisuustyyppejä on monia, ja mittausten tulokset samankaltaistenkin maaperien osalta vaihtelevat paljon.

10.4.2019

5 Lähteet

- Alakangas, E. (2000). Suomessa käytettävien polttoaineiden ominaisuuksia. VTT Tiedotteita 2045. Espoo: VTT. 172 s. + liitt. 17 s.
- Alm, J., Talanov, A., Saarnio, S., Silvola, J., Ikkonen, E., Aaltonen, H., Nykänen, H., Martikainen, P.J. (1997). Reconstruction of the carbon balance for microsites in a boreal oligotrophic pine fen, Finland, *Oecologia*, No. 110: 423–431.
- Bartlett, K.R., Harriss, R.C. (1993). 'Review and assessment of methane emissions from Wetlands', *Chemosphere*, Vol. 26: 261-320.
- Geologian tutkimuskeskus, GTK (2019). Hakku, Paikkatietotuotteet. <<https://hakku.gtk.fi/fi/locations/search>>
- Heikkinen, J., Ketoja, E., Nuutinen, V. & Regina, K. (2013). Declining trend of carbon in Finnish cropland soils in 1974–2009. *Global Change Biology* (2013) 19, 1456–1469, doi: 10.1111/gcb.12137.
- Heinonsalo, J., Pumpanen, J., Rasilo, T., Hurme, K., Villemot, J., Bomberg, M., Ilvesniemi, H. (2009) 15 'The carbon balance of Scots pine, Norway spruce and silver birch in changing climate: the effect of temperature and ectomycorrhizal fungal communities', *Pro Terra*, No. 41: 16 – 17.
- Helsingin kaupunki (2014). Helsingin, Lahden, Turun, Vantaan ja Espoon maankäyttösektorin kasvihuonekaasupäästöt, hiilinielut ja hiilivarastot. Helsingin kaupungin ympäristökeskuksen julkaisuja 9/2014.
- Huttunen, J.T., Alm, J., Juutinen, S., Silvola, J., Martikainen, P.J., (2000). 'Maaperätieteet ihmiskunnan palveluksessa: Greenhouse gas fluxes in a boreal agricultural landscape', *Pro Terra*, No. 4: 131-133.
- Kauppi, P.E., Rautiainen, A., Korhonen, K.T., Lehtonen, A., Liski, J., Nöjd, P., Tuominen, S., Haakana, M. and Virtanen, T. (2010). 'Changing stock of biomass carbon in a boreal forest over 93 years', *Forest Ecology and Management*, Vol. 259, No. 7: 1239-1244.
- Liski, J. & Westman, C.J. (1997). Carbon storage in forest soil of Finland. *Biogeochemistry* 36: 261–274.
- Lohila, A., Aurela, M., Laurila, T., (2000). 'Maaperätieteet ihmiskunnan palveluksessa: Net ecosystem carbon dioxide exchange of peat, clay, and sandy fields growing barley, grass, and potato', *Pro Terra*, No. 4: 148-150.
- Luonnonvarakeskus, Luke (2015). Avoimien aineistojen tiedostopalvelu. Vuoden 2015 MVMI-tulokset. Metsäntutkimuslaitos <<http://kartta.luke.fi/>>
- Maanmittauslaitos (2019). Avoimien aineistojen tiedostopalvelu. Maastotietokanta. <<https://tiedostopalvelu.maanmittauslaitos.fi/tp/kartta>>
- Maljanen, M., Komulainen, V.M., Hytönen, J., Martikainen, P.J., Laine, J. (2004). 'Carbon dioxide, nitrous oxide and methane dynamics in boreal organic agricultural soils with different soil characteristics', *Soil Biology and Biochemistry*, Vol. 36, No. 11: 1801-1808.

10.4.2019

- Maljanen, M., Martikainen, P.J., Silvola J. (2000). 'Maaperätieteet ihmiskunnan palveluksessa: CO2 fluxes and carbon balance on a boreal organic soil growing barley or grass', Pro Terra, No. 4: 129-130.
- Martikainen, P.J., Regina, K., Syväsalu, E., Laurila, T., Lohila, A., Aurela, M., Silvola, J., Kettunen, R., Saarnio, S., Koponen, H., Jaakkola, T., Pärnä, A., Silvennoinen, H., Lehtonen, H., Peltola, J., Sinnkkonense, M., Esala, M. (2003). 'Agricultural soils as a sink and source of greenhouse gases: A research consortium (AGROGAS)' in J. Käyhkö and L. Talve (Eds.) Understanding the global system, pp: 55 – 68, Turku: Finnish Global Change Research Programme FIGARE.
- Martikainen, P.J. (2000). 'Maaperätieteet ihmiskunnan palveluksessa: Organic soils as sinks and sources of greenhouse gases', Pro Terra, No. 4: 126-127.
- Metsäkeskus (2019). Paikkatietoaineistot.
<<https://www.metsaan.fi/paikkatietoaineistot>>
- Minkkinen, K. & Ojanen, P. (2013). Pohjois-Pohjanmaan turvemaiden kasvihuonekaasutaseet. Metlan työraportteja 258:75-111.
- Nykänen, H., Heikkinen, J. E. P., Pirinen, L., Tiilikainen, K., Martikainen, P. J. (2003). 'Annual CO2 exchange and CH4 fluxes on a subarctic palsamire during climatically different years', Global Biogeochemical Cycles, Vol. 17, No. 1: 18-1.
- Nykänen, H., Alm, J., Lang, K., Silvola, J. and Martikainen, P.J. (1995). Emissions of CH4, N2O and CO2 from a virgin fen and a fen drained for grassland in Finland', Journal of Biogeography, No. 22: 351-357.
- Pirhonen, I., Heräjärvi, H., Saukkola, P., Rätty, T., Verkasalo, E. (2011). Puutuotteiden kierrätys – Finnish Wood Research Oy:n osarahoittaman esiselvityshankkeen loppuraportti, Vantaa: Finnish Forest Research Institute.
- Suomen ympäristökeskus, SYKE (2019). Ladattavat paikkatietoaineistot. Corine maanpeite 2012. <[https://www.syke.fi/fi-FI/Avoin_tieto/Paikkatietoaineistot/Ladattavat_paikkatietoaineistot\(36026\)](https://www.syke.fi/fi-FI/Avoin_tieto/Paikkatietoaineistot/Ladattavat_paikkatietoaineistot(36026))>
- Tvrđý, J. (2011). Development Strategies of Finnish Municipalities: GIS Approach in Evaluation of Development Scenario Impacts on CO2e balance. WPSC2011 - World Planning School Congress, Perth, Australia, 2011.
- Virkajärvi (1994). Mittalautasen soveltuvuus timoteivaltaisen laidunnurmen kuiva-ainemassan määrittämiseen. Maatalouden tutkimuslaitos.

10.4.2019

Liite 1: Arviointioletukset Corine 2012 luokkien mukaan

LC0level4	CLC luokka	Hiilinielut, t CO ₂ ekv/m ² vuodessa	Nurmimaisen biomassan osuus pinta-alasta, %	Nurmimaisen biomassan keräysosuus, %	Maaperän hiilipäästöt, kg C/ha	Maaperän hiilivarastot, kg C/m ²
1111	Kerrostaloalueet	-0,0003 [1]	10	100	317	*
1121	Pientaloalueet	-0,0003 [1]	25	100	300	*
1211	Palveluiden alueet	-0,0003 [1]	20	90	238	*
1212	Teollisuuden alueet	-0,0003 [1]	20	90	238	*
1221	Liikennealueet	0	-	-	-	0
1231	Satama-alueet	0	-	-	-	0
1241	Lentokenttäalueet	-0,00046 [2]	50	90	272	*
1311	Maa-ainesten ottoalueet	0	-	-	-	0
1312	Kaivokset	0	-	-	-	0
1321	Kaatopaikat	0	-	-	-	0
1331	Rakennustyöalueet	0	-	-	-	0
1421	Vapaa-ajan asunnot	-0,00046 [2]	50	10	272	*
1422	Muut urheilu- ja vapaa-ajan toiminta -alueet	-0,00046 [2]	50	90	272	*
1423	Golfkentät	-0,00046 [2]	90	90	272	*
1424	Raviradat	-0,00046 [2]	50	90	272	*
2111	Pellot	-0,00083 [3]	100	70	179	*
2221	Hedelmäpuu- ja marjapensasviljelmät	-0,00046 [2]	90	70	272	*
2311	Laidunmaat	-0,00046 [2]	5	10	272	*
2312	Luonnon laidunmaat	-0,00046 [2]	5	10	272	*
2431	Käytöstä poistunut maatalousmaa	-0,00046 [2]	5	10	179	*
2441	Puustoiset pelto- ja laidunmaat	-0,00046 [2]	5	10	272	*
3111	Lehtimetsät kivennäismaalla	-0,00045672 [4]	2	0	1560	4,2
3112	Lehtimetsät turvemaalla	-0,00030488 [5]	2	0	1000	53,3
3121	Havumetsät kivennäismaalla	-0,00037433 [1]	2	0	1190	4,2
3122	Havumetsät turvemaalla	-0,000249553 [4]	2	0	350	53,3
3123	Havumetsät kalliomaalla	-0,00012477 [4]	2	0	410	4,2
3131	Sekametsät kivennäismaalla	-0,000379137 [4]	2	0	1380	4,2
3132	Sekametsät turvemaalla	-0,000252758 [4]	2	0	760	53,3
3133	Sekametsät kalliomaalla	-0,0002658 [4]	2	0	740	4,2
3211	Luonnonniityt	-0,00046 [2]	100	0	272	*
3221	Varvikot ja nummet	-0,00046 [2]	100	20	272	*
3241	Harvapuustoiset alueet, cc <10%	-0,0003 [1]	80	0	238	4,2
3242	Harvapuustoiset alueet, cc 10-30%, kivennäismaalla	-0,0003 [1]	80	0	238	4,2
3243	Harvapuustoiset alueet, cc 10-30%, turvemaalla	-0,0003 [1]	80	0	238	53,3
3244	Harvapuustoiset alueet, cc 10-30%, kalliomaalla	-0,0003 [1]	80	0	238	4,2
3246	Harvapuustoiset alueet, sähkölinjan alla	-0,0003 [1]	80	0	238	*
3311	Rantahietikot ja dynnialueet	0	100	0	-	*
3321	Kalliomaat	0	10	0	-	*
3331	Niukkakasvustoiset kangasmaat	-0,00046 [2]	100	0	272	*
4111	Sisämaan kosteikot maalla	-0,00046 [5]	100	0	498	53,3
4112	Sisämaan kosteikot vedessä	0,00191625 [5]	100	0	-	0
4121	Avosuot	-0,0000159 [5]	20	0	498	53,3
4122	Turvetuotantoalueet	0,00191625 [5]	-	-	498	0
4211	Merenrantakosteikot maalla	-0,00046 [5]	100	0	498	53,3
4212	Merenrantakosteikot vedessä	0,00191625 [5]	100	0	-	0

[1] Heinonsalo et al, 2009; Pirhonen et al, 2011
[2] Nykänen et al, 1995; Martikainen et al, 2003; Kauppi et al, 2010
[3] Huttunen et al, 2000; Lohila et al, 2000; Maljanen et al, 2000; Martikainen et al, 2003; Maljanen et al, 2004
[4] Heinonsalo et al, 2009; Kauppi et al, 2010; Pirhonen et al, 2011
[5] Alm et al, 1997; Martikainen, 2000; Nykänen et al, 2003; Bartlett and Harriss, 1993
* kivennäismaalla 5,4 kg C/m², turvemaalla 16,6 kg C/m²

10.4.2019

Liite 2: Maaperän hiilivaraston muutos

Metsäisten turvemaiden hiilipäästöt ja -nielut (Helsingin kaupunki 2014 ja Metsäkuvio -paikkatietoaineistot). Luvut käytettiin Corine metsäluokkien maaperän hiilipäästöjen arviointiin (liitteessä 1).

Kasvupaikka	Hiilipäästö, kgC/ha vuodessa	Hiilinielu, kgC/ha vuodessa
Kasvupaikkaluokka. 1 Lehto, letto ja lehtomainen suo (ja ruohoturvekangas) Kasvupaikkaluokka. 2 Lehtomainen kangas, vastaava suo ja ruohoturvekangas	1 959	
Kasvupaikkaluokka. 3 Tuore kangas, vastaava suo ja mustikkaturvekangas	823	
Kasvupaikkaluokka. 4 Kuivahko kangas, vastaava suo ja puolukkaturvekangas	125	
Kasvupaikkaluokka. 5 Kuiva kangas, vastaava suo ja varputurvekangas		109
Kasvupaikkaluokka. 6 Karukkokangas, vastaava suo (ja jäkäläturvekangas)		446