



FORSSAN KAUPUNKI

Maankäytön suunnittelu

16.6.2025

HIILIVARASTOJEN KORVAAMINEN RATASMÄEN JA RYTÖKALLION KAAVOITUKSEN YHTEYDESSÄ

1 JOHDANTO

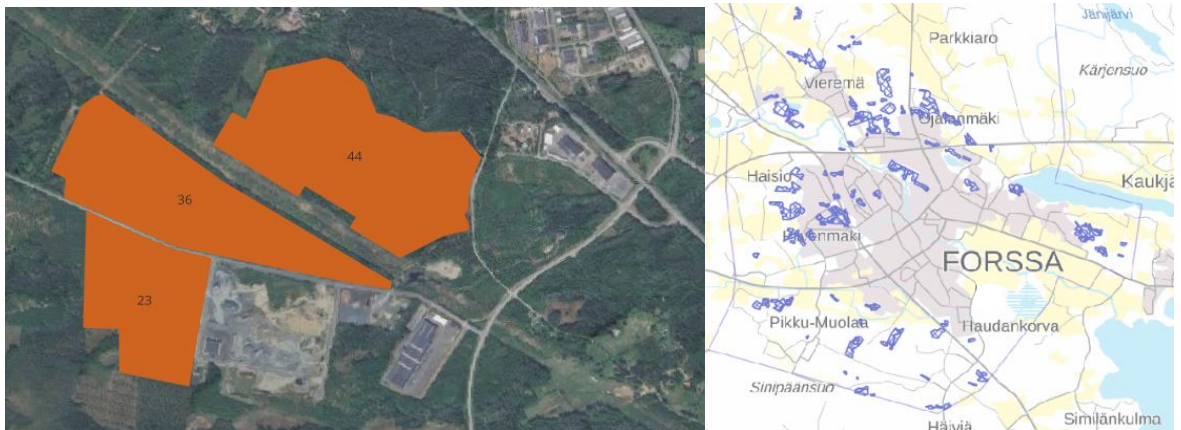
Ratasmäen ja Rytökallion kaavoituksen yhteydessä selvitettiin kyseisten kaavojen mahdollistaman rakentamisen toteutuessaan aiheuttamia muutoksia puuston ja maaperän hiilivarastoihin. Samalla kartoitettiin keinoja, joilla hiilivarastojen tasoa voidaan ylläpitää alueiden rakentamisesta huolimatta. Alkuperäisenä tavoitteena oli korvata alueiden rakentamisesta aiheutuvat hiilivarastojen heikentymiset kaava-alueiden sisälle luotavilla suojaviheralueilla. Selvitystyön yhteydessä kuitenkin havaittiin suojaviheralueiden metsien ikärakenne liian nuoreksi, jotta ne toimisivat tehokkaina korvaajina menetettävälle hiilivarastoille. Tästä johtuen päädyttiin esittämään tässä raportissa esitettävää hiilivarastojen korvaamisen periaatetta, joka perustuu kaupungin metsäomaisuuden ja sen käytön laajempaan tarkasteluun. Raportin lopussa on myös esitetty kaava-alueiden hiilivarastoista tehdyt laskelmat, joita verrataan FCG:n tekemiin.

2 HIILIVARASTOJEN KORVAAMISEN PERIAATE

Kaupungin puuston ja maaperän hiilivarastojen ylläpitämiseksi ja asemakaava-alueen rakentuessaan niihin tekemien heikennyksien korvaamiseksi, tullaan pysyvästi suojelemaan kaupungin omistamia hakkuukypsiä metsiä pinta-alaltaan samansuuruinen määrä kuin mitä jää Ratasmäen ja Rytökallion kaavojen myötä rakentamisen alle. Rakentamisen alle jääviä alueita verrataan tosiasialliseen nykytilaan, jolloin kaakossa olevaa teollisuusaluetta (kortteli 581) ei oteta huomioon laskuissa, sillä sen rakentaminen on jo aiemman kaavan mahdollistamana aloitettu poistamalla puut ja iso osa humuskerroksesta. Tällöin korvattavaksi alueen kokoluokaksi jää noin 100 ha alue. Korvaavia alueita valittaessa huomioidaan puuston keski-ikä, maaperän hiilivarastot sekä alueiden luontoarvot. Metsävarakeskuksen aineiston perusteella kaupungilla on tällä hetkellä omistuksessaan noin 900 ha metsiä, joista 200 ha on metsiä, joiden keski-ikä ylittää 70-vuotta, joten riittävät alueet löytyvät kaupungin nykyisestä metsäomaisuudesta. Luonnon monimuotoisuuden lisäämiseksi tarkastellaan suojeltavien alueiden välisiä ja ympäröiviä alueita potentiaalisesti tulevaisuudessa suojeltavina alueina, jolloin pitkällä aikavälillä mahdollistetaan suurempien yhtenäisten suojelualueiden ja viherverkostojen kehittyminen. Rytökallion kaavassa esitetyt suojaviheralueet liittyvät osaksi näitä tulevaisuuden hiilivarastoja, milloin niitä voidaan hyödyntää tulevaisuuden maankäytöstä seuraavien hiilivarastojen muutosten tasaamiseen.

Hiilivarastojen korvaavuutta vertaillaan Forssan kaupungin metsänkäytön perusuraan, joka tarkoittaa käytännössä jaksollisen metsänkasvatuksen menetelmiä kaikilla kaupungin omistamilla metsäalueilla. Tämä tarkoittaa sitä, että ilman uusia toimia ja linjauksia Forssan kaupungin omistamia metsiä tulisi säännöllisesti avo- eli päätehakkaamaan toistaiseksi. Täten, jos olemassa olevia eikä tulevia kaavoja huomioida, sekä Ratasmäen ja Rytökallion kaava-alueilla että korvaavilla hakkuukypsillä alueilla hiilivarastojen kehittyminen tulevaisuudessa näyttäisi samanlaiselta. Molemmissa aluekokonaisuuksissa hiilivarastot kasvaisivat, kunnes päätehakkuut romahduttaisivat puuston sekä maaperän hiilivarastot. Päätehakkuiden vaihtuminen eri ajankohtiin tasoittaisi kuitenkin kokonaishiilivarastoissa tapahtuvia notkahduksia, sillä samalla kun toisaalla tuore hakkuuaukio on hiililähde, niin toisaalla parhaassa kasvuiässä oleva metsä on hiilinielu. Pitkällä aikavälillä jaksollisen metsäkasvatuksen voidaan kuitenkin olettaa laskevan metsien kokonaishiilivarastoja, koska maaperään ei ehdi kasvatusvaiheen aikana sitoutua yhtä paljon hiiltä kuin sieltä toisiaan seuraavien pääte- ja uudistushakkuiden myötä menetetään.

Kun kaavat otetaan huomioon, rakentamisen alle jäävien alueiden (100 ha) hiilivarastot menetetään pysyvästi. Mikäli korvaavia ratkaisuja ei tehtäisi, menetettäisiin perusuran mukaisesti myös hakkuukypsien metsien hiilivarastot päätehakkuiden myötä seuraavan kymmenen vuoden aikana. Tällä olisi lähitulevaisuudessa merkittävä heikentävä yhteisvaikutus Forssan kaupungin hiilivarastoihin. Kun korvaavat toimet tehdään suojelemalla vastaava pinta-ala hakkuukypsiä metsiä, vältetään kyseisten metsien päätehakkuut ja niiden hiilivarastojen menettäminen, jolloin hiilivarastojen nopea heikkeneminen vältetään. Pitkällä aikavälillä suojeltavien metsien oletetaan uudistuvan luontaisesti ja karikkeen ja lahoppunmäärän lisääntyessä maaperän hiilivarastojen kasvavan. Esitetyllä tavalla hiilivarastoja korvattaessa pitkän aikavälin lopputulemana on hiilivarastojen kasvu kyseessä olevien kaavojen mahdollistamasta rakentamisesta huolimatta, kun toimia verrataan kaupungin perusuraan. Korvaavia alueita valittaessa kiinnitetään erityistä huomiota turvemaihin, joissa hiilivarastoja oletetaan olevan kivennäismaita enemmän, jotta korvaavuus tapahtuu myös näiltä osin täysimääräisesti. Tällöin päästään hiilivarastojen suhteen vähintään heikentämättömään tilaan.

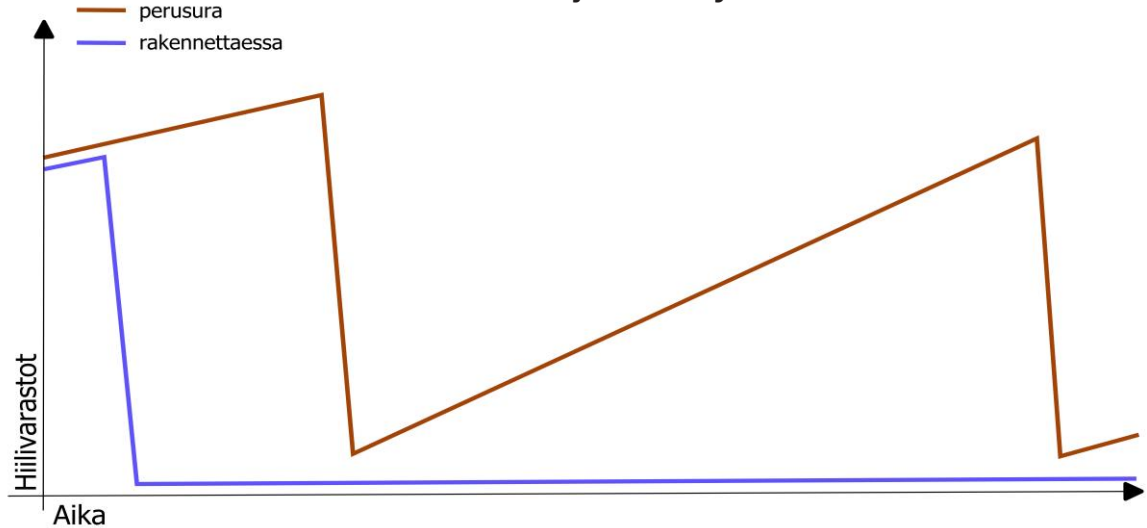


Yllä vasemmalla oranssilla korvattavat alueet, joiden pyöristetyt pinta-alat näkyvät alueiden keskellä. Korvattavien alueiden yhteenlaskettu pinta-ala on 103 hehtaaria. Yllä oikealla on viivarasterilla esitettynä mahdollisia hakkuukypsiä korvaavia alueita, kuvassa näkyvien alueiden yhteen yhteenlaskettu pinta-ala on 180 hehtaaria, joista suojeltavaksi valikoituisi periaatteen mukaisesti noin 100 hehtaaria. Huomioitavaa on, että iso osa hakkuukypsistä metsistä sijoittuu asutuksen läheisyyteen, milloin suojelu päätös tukee myös alueiden virkistysarvoja.

3 PERIAATEKAAVIOT

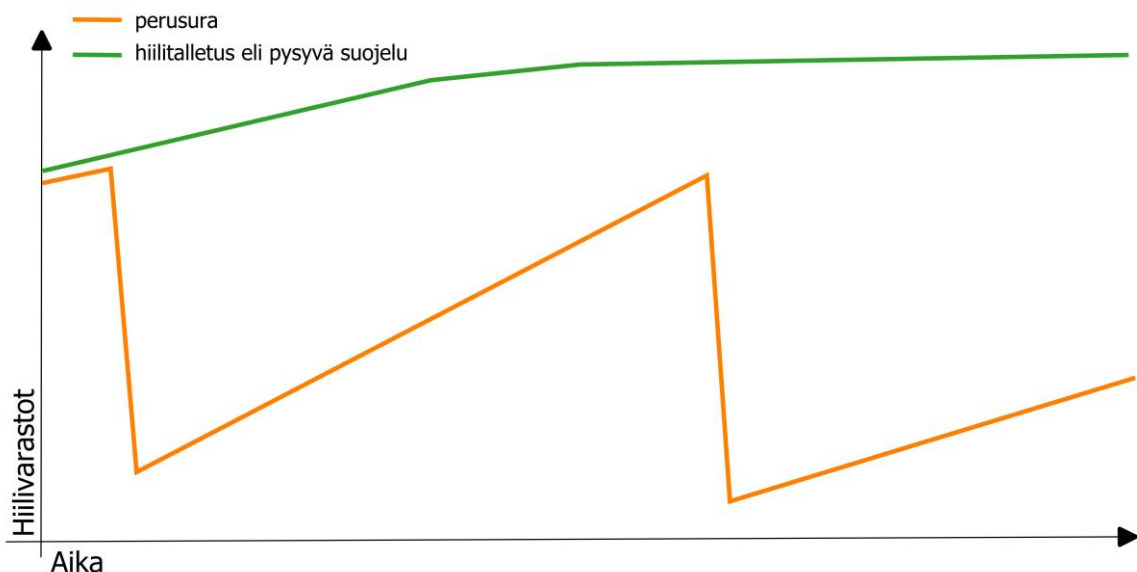
Seuraavissa yksinkertaistetuissa periaatekaaviossa on esitetty logiikka, jolla hiilivarastojen oletetaan säilyvän heikentämättöminä verrattaessa rakennettavien alueiden (Alue 1) ja korvaavien alueiden (Alue 2) hiilivarastojen kehittymistä perusuraan. Alueiden oletetaan olevan kasvuolosuhteiltaan toisiaan vastaavia.

Periaatekaavio 1: Alue 1 - Hiilivarastojen kehittyminen



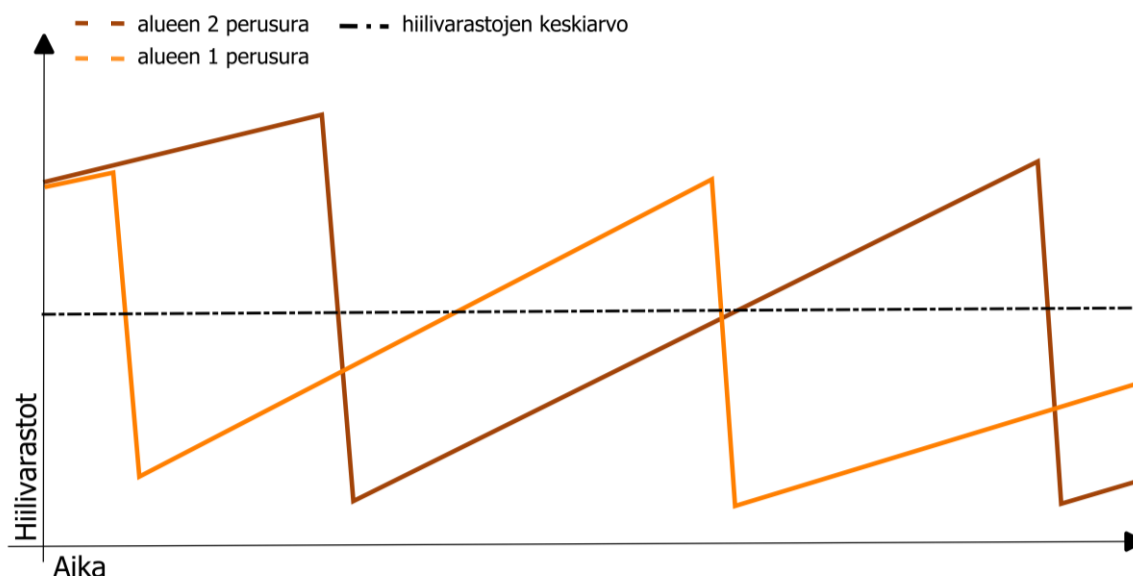
Ensimmäisessä periaatekaaviossa esitetään kaavoituksen myötä rakennettavien alueiden hiilivarastojen oletettava kehitys alueiden rakentuessa sekä perusuralla. Yksinkertainen kaavio havainnollistaa rakentamisesta aiheutuvaa merkittävää muutosta alueen puuston ja maaperän kokonaishiilivarastoihin. Perusuralla näkyvät loivat nousut ja jyrkät laskut kuvaavat jaksollisen metsänkasvatuksen vaikutusta hiilivarastojen määrään. Päätehakkuut sijoittuvat huippuun ennen hiilivarastojen jyrkkää pudotusta.

Periaatekaavio 2: Alue 2 - Hiilivarastojen kehittyminen



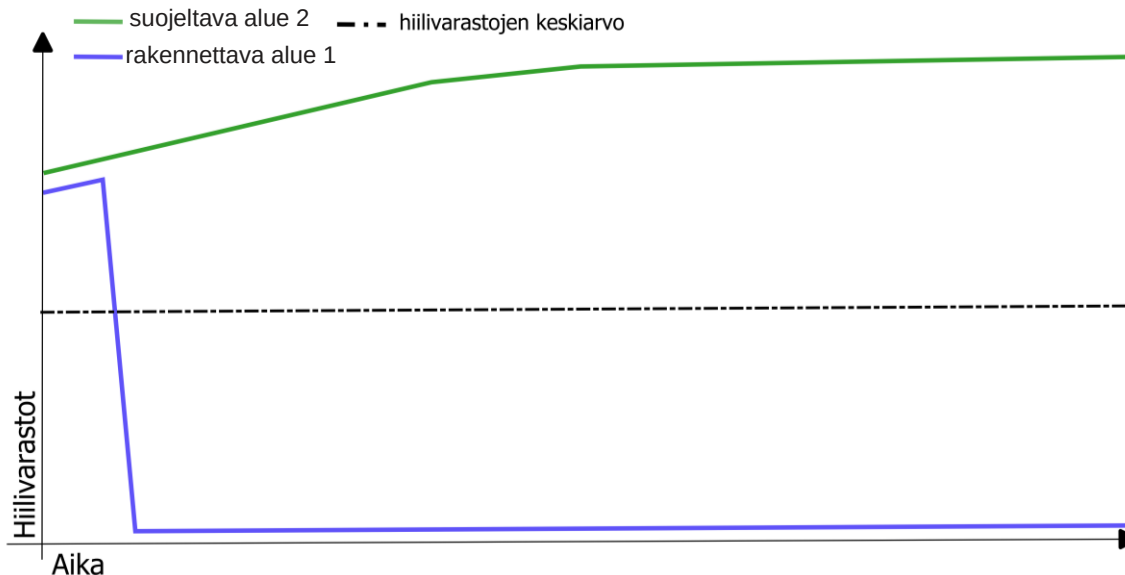
Toisessa periaatekaaviossa esitetään korvaavaksi valittavien hakkuukypsien kaupungin omistamien metsäalueiden hiilivarastojen oletettava kehitys perusuralla sekä suojeltaessa. Kaaviosta havaitaan suojelun hyödyt hiilivarastojen tason säilyttämiseksi verrattuna jaksollisen kasvatuksen perusuraan.

Periaatekaavio 3: Alueet 1 ja 2 - Perusurien vertailu



Periaatekaaviossa kolme vertaillaan rakennettavien alueiden (Alue 1) ja korvaavien alueiden (Alue 2) hiilivarastojen keskimääräistä kehitystä. Puuston keski-ikältään nuoremman Alue 1:n päätehakkuut toteutuisivat perusuralla todennäköisesti hakkuukypsien Alue 2:n metsiä myöhemmin. Karkeasti esitetty keskiarvo havainnollistaa erivaiheisten hakkuiden toisiinsa nähden tasaavaa vaikutusta hiilivarastoihin. Pitkällä aikavälillä keskiarvo on todennäköisesti laskeva, johtuen jaksollisen kasvatuksen oletetusta heikentävästä vaikutuksesta maaperän hiilivarastoihin.

Periaatekaavio 4: Alueet 1 ja 2 - Toimien vertailu



Periaatekaavio neljä havainnollistaa suojeltavien alueiden (Alue 2) korvaavaa vaikutusta suhteessa rakennettavien alueiden (Alue 1) hiilivarastoihin. Kun alueet ovat kooltaan ja kasvuolosuhteiltaan vastaavat Alue 2 metsien pysyvä suojelu korvaa tehokkaasti ja pitkäjänteisesti rakentamisen myötä menetettävät puuston ja maaperän hiilivarastot. Alueiden yhteenlaskettujen hiilivarastojen arvioidaan vastaavan vähintään perusuran vastaavaa tasoa. Pitkällä aikavälillä maaperän hiilivarastot voivat kasvaa suhteessa perusuraan, kun muun muassa lahopuun määrä suojellulla alueella lisääntyy.

4 HIILIVARASTOJEN LASKEMINEN

Tässä raportissa esitetty hiilivarastojen korvaamisen periaate ei vaadi sitoutuneen hiilimäärän laskemista sillä se perustuu pinta-alaan ja puuston keski-ikään. Kyseistä periaatetta noudattaessa tulee korvaavia alueita valitessa huomioida myös maaperän ja kasvupaikan laatu, jotta korvaavat ja korvattavat alueet vastaavat toisiaan. Esimerkiksi turvemaiden hiilivarastot ovat moninkertaiset suhteessa kivennäismaiden hiilivarastoihin, milloin tämän huomiotta jättäminen voisi aiheuttaa merkittävää epäsuhtaa korvaamiseen.

Hiilivarastojen laskemisella voidaan välttää raportissa esitellyn periaatteeseen liittyviä haasteita. Laskenta on myös huomattavasti helpompi tapa hahmottaa hiilivarastojen määrää, mikäli korvaavat ja korvattavat alueet eivät ole yhteneviä, kuten mikäli niittyjen hiilivarastoja ollaan korvaamassa toisaalla soita suojelemalla. Laskentaan liittyy kuitenkin koko joukko omia haasteitaan, minkä takia on päädytty aiemmin esitellyn periaatteeseen. Laskentaa vaikeuttaa tutkimuskentän erimielisyys eritoten maaperän hiilivarastojen suuruudesta. Lisävaikeuksia syntyy laskennan vaativien ajankoh- taisten tietojen puutteesta.

Hiilivarastojen korvaavuutta suoritettiin kuitenkin alustava laskenta, jota tullaan hyödyntämään korvaavia alueita valittaessa. Hiilivarastojen laskemiseksi käytettiin seuraavia laskukaavoja:

Puuston hiilivarastot (Lylykangas & Vainio, 2013, s. 90):

$$\begin{aligned}
 & \text{Metsävarakeskuksen metsävarakuvioiden runkotilavuus (m3/ha)} \\
 & \quad * \\
 & 0,736 \text{ (Runkopuun kuivabiomassan muuntokerroin (m3/ha --> t/ha))} \\
 & \quad * \\
 & 0,5 \text{ (Hiilen osuus puuston biomassasta, C)} \\
 & \quad * \\
 & \text{Metsävarakuvion pinta-ala (ha)} \\
 & \quad * \\
 & 3,67 \text{ (Muuntokerroin, tC --> tCO2e)} \\
 & \quad = \\
 & \text{Metsäkuvion puuston hiilivarastot hiilidioksidiekvivalenteiksi muunnettuina (tCO2e)}
 \end{aligned}$$

Maaperän hiilivarastot (Rasinmäki & Känkänen, 2014, s. 28):

Kivennäismaat:

$$\begin{aligned}
 & 241 \text{ t C/ha (Kivennäismaan hiilivaraston keskiarvo hehtaaria kohden)} \\
 & \quad * \\
 & \text{Metsäkuvion pinta-ala (ha)} \\
 & \quad * \\
 & 3,67 \text{ (muuntokerroin, t C --> tCO2e)} \\
 & \quad = \\
 & \text{Metsäkuvion maaperän hiilivarasto hiilidioksidiekvivalenteiksi muunnettuina (tCO2e)}
 \end{aligned}$$

Ojittamattomat turvemaat:

$$\begin{aligned}
 & 1955 \text{ t C/ha (Ojittamattoman turvemaan hiilivaraston keskiarvo hehtaaria kohden)} \\
 & \quad * \\
 & \text{Metsäkuvion pinta-ala (ha)} \\
 & \quad * \\
 & 3,67 \text{ (muuntokerroin, t C --> tCO2e)} \\
 & \quad = \\
 & \text{Metsäkuvion maaperän hiilivarasto hiilidioksidiekvivalenteiksi muunnettuina (tCO2e)}
 \end{aligned}$$

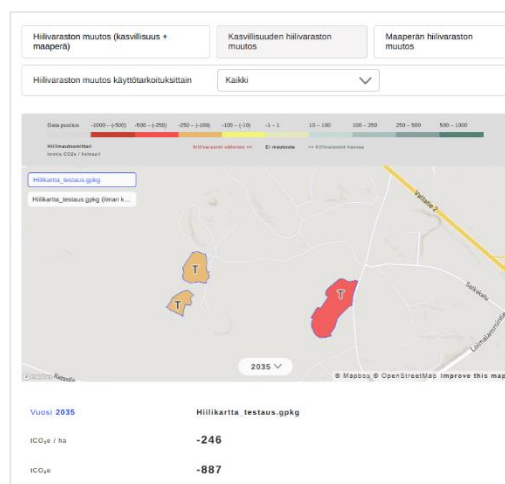
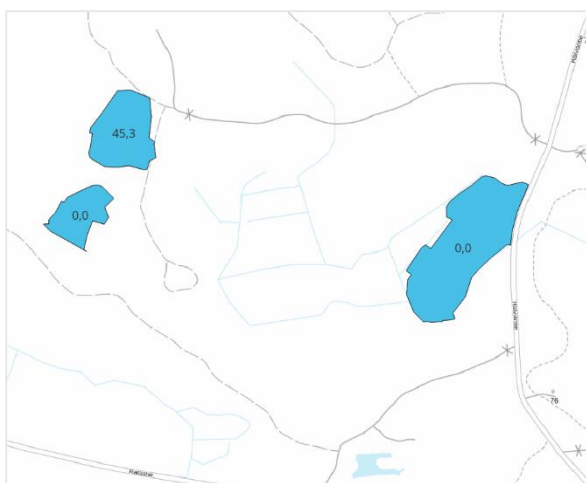
Ojitetut turvemaat:

$$\begin{aligned}
 &609 \text{ t C/ha (Ojittamattoman turvemaan hiilivaraston keskiarvo hehtaaria kohden)} \\
 &\quad * \\
 &\quad \text{Metsäkuvion pinta-ala (ha)} \\
 &\quad * \\
 &\quad 3,67 \text{ (muuntokerroin, t C --> tCO2e)} \\
 &\quad = \\
 &\text{Metsäkuvion maaperän hiilivarasto hiilidioksidiekvivalenteiksi muunnettuna (tCO2e)}
 \end{aligned}$$

Metsävarakuvion kokonaishiilivarasto:

$$\begin{aligned}
 &\text{Puuston hiilivarasto (tCO2e)} \\
 &\quad + \\
 &\text{Maaperän hiilivarasto (tCO2e)} \\
 &\quad = \\
 &\text{Kokonaishiilivarasto (tCO2e)}
 \end{aligned}$$

Edellä esitettyjä laskukaavoja käyttäen saatiin korvattavien alueiden kokonaishiilivarastoksi 67 500 tCO₂e. FCG laski omassa raportissaan alueiden hiilivarastoksi 84 700 tCO₂e ero selittynee eroissa puuston ja maaperän laskutavoissa sekä aluerajauksissa. FCG käytti ilmastovaikutusten arvioinnissaan (2025) hiilivarastojen laskentaan Suomen ympäristökeskuksen yleiskaavoitukseen suunnittelemaan Hiilikartta-työkalua, jonka metsäaineisto perustuu vuoden 2021 aineistoon. Tämän jälkeen alueella on tehty metsänhoidollisia toimenpiteitä kuten pääte- ja harvennushakkuita, jotka ovat pienentäneet alueen hiilivarastoa. FCG oli myös mukaan lukenut laskelmiinsa korttelin 581 teollisuusalueen.



Luvuissa olevan eron syyn varmistamiseksi testattiin Hiilikartta-työkalua kolmen metsäkuvion osalta. Vasemmanpuoleisessa kartassa nähdään kolme aluetta, joissa on näkyvissä kullekin alueelle laskettu hiilivarastojen määrä, joka on yhteensä 45,3 tCO₂e. Oikealla puolella samat alueet on viety Hiilikartta-työkaluun, minkä jälkeen ne on määritetty teollisuusalueiksi. Hiilikartta laskee kasvillisuuden hiilivarastoja menetettävän 887 tCO₂e. Erotus ei ole selitettävissä muuten kuin alueilla vuoden 2021 tehdyillä päätehakkuilla, jotka eivät Hiilikartan vuoden 2021 pohja-aineistoissa näy.

Edellä tehty vertailu osoittaa hiilivarastojen laskentaan liittyviä haasteita. Myös ymmärrys maaperän hiilivarastoista kehittyy jatkuvasti, joten voi olla, että muutaman vuoden kuluttua tässä raportissa esitetyt luvut voivat osoittautua vääriksi. Tästä syystä päädyttiin esittämään aiemmin esitettyä puuston ikään ja pinta-alaan perustuvaa periaatetta, jonka puutteistaan huolimatta uskotaan kestävän aikaa paremmin.

5 YHTEENVETO

Tässä raportissa on esitetty periaate, jota noudattamalla Ratasmäen ja Rytökallion kaava-alueilta syntyvät hiilivarastojen romahtamiset voidaan korvata tehokkaasti suojelemalla kaupungin omistamia hakkuukypsiä metsiä vastaavan kokoinen alue. Lisäksi raportissa esiteltiin alueiden hiilivarastoista tehtyjä laskuja. Raportti osoittaa, että kaava-alueilta rakentamisen myötä menettävät hiilivarastot on mahdollista korvata kaupungin nykyisen metsäomaisuuden puitteissa.

Kirjallisuutta:

Lylykangas, K., & Vainio, T. (2013). Ilmastotavoitteita toteuttava asemakaavoitus. Sitra. https://www.sitra.fi/app/uploads/2017/02/Ilmastotavoitteita_toteuttava_ase_makaavoitus-2.pdf

Rasinmäki, J., & Känkänen, R. (2014). *Kuntien hiilitasekartoitus osa 2: Hiilitaselaskuri ja toimenpidevalikoima* (Helsingin kaupungin ympäristökeskuksen julkaisuja 10/2014, s. 28). Helsingin kaupungin ympäristökeskus. <https://www.hel.fi/static/ymk/julkaisut/julkaisu-10-14.pdf>