



Biohiilen käytön edistäminen Helsingissä

Käyttöpotentiaalin laskenta ja käyttöä edistävää tietoa, Syksy 2025

Kaupunkiympäristön aineistoja 2026:2

Helsinki

Biohiilen käytön edistäminen Helsingissä
Käyttöpotentiaalin laskenta ja käyttöä edistävää tietoa

Kaupunkiympäristön aineistoja 2026:2

ISSN 2489-4257

ISBN 978-952-386-694-2

Julkaisija

Helsingin kaupunki / Kaupunkiympäristön toimiala

Tekijä

Saima Könönen, Satu Talvio

Ohjaajat

Susanna Kankaanpää

avustava ohjaus Saana Takamäki

Taitto

Mainostoimisto KMG Turku

Kannen kuva

Will van Twuijver

Julkaisuvuosi

2025

Sisällys

	Johdanto	4
1.	Tiivistelmä	5
2.	Kasvullisen maaperän biohiilen käyttökohteet	6
	2.1 Kasvualustat	6
	2.2 Pellot	11
	2.3 Puisto- ja urheilunurmikot.....	14
	2.4 Niityt	17
3.	Käyttökokemuksia tarvitsevat biohiilikohteet	18
	3.1 Stabiloitinkohteet	18
	3.2 Käytävät ja kadut	20
4.	Biohiilen käyttö tulevaisuudessa	25
	4.1 Asfaltin sideaine bitumi.....	25
	4.2 Betonin sideaine sementti.....	26
5.	Aikatauluarvion oletukset	27
6.	Laskentamenetelmät ja biohiilen paino	29
7.	Biohiilen monikäyttö ja kierrätys	31
8.	Tulokset	33
	8.1 Biohiilen käyttöpotentiaali.....	33
	8.2 Biohiilen eri loppusijoituskohteiden suositeltavuus.....	34
	Liitteet	37
	Liite 1: Lähdeluottelo biohiilen lisäystavalle ja lisäyskertoimelle	38

Johdanto

Biohiilen käytön edistäminen perustuu sen hiilensidontapotentiaaliin. Pohjoisilla leveysasteilla biohiilellä on myös havaittu olevan positiivisia vaikutuksia maaperän laatuun ja kasvien kasvuun. Oikein lisättyä biohiili parantaa maaperän vedenpidätyskykyä ja juurimikrobiston kasvuolosuhteita. Se voi myös pidättää etenkin tyypeä kasvien käyttöön.

Työn tarkoitus oli laskea biohiilen realistinen maksimaalinen käyttöpotentiaali ja luoda suosituksia sen käytöstä Helsingin kaupungilla laajemman käyttöönoton edistämiseksi ja tavoitteen asettamisen tueksi. Laskenta ja oletukset biohiilen käyttöpotentiaalista kirjattiin Excel-muodossa siten, että työtä voidaan hyödyntää jatkossakin, vaikka käyttökohteet tai -tavat muuttuisivat ajan myötä. Tämä kirjallinen raportti täydentää laskelmaa kokoamalla näkemyksiä biohiilen lisäyskohteiden erityispiirteistä sekä yhdistämällä tiedot suosituksiksi, joiden kautta biohiilen käyttöä voidaan lähteä edistämään.

Aiheen tuoreuden ja monipuolisuuden vuoksi vain osalle kohteista on havaittavissa vakiintuneita käytänteitä. Oman epävarmuutensa tuo biohiilten laaja kirjo: biohiilen ominaisuuden vaihtelevat sen lähtömateriaalista ja pyrolyysitavasta riippuen. Kaikki tässä raportissa tehdyt suositukset nojaavat oletuksiin biohiilen soveltuvasta käyttömäärästä, biohiilen painosta ja lisäämiskustannuksen kokoluokasta. Joissain kohteissa käytännön kokemus puuttuu kokonaan. Työn tulos on erittäin altis muutoksille oletuksissa, joita on tehty soveltuvien lisäyskohteiden valinnasta ja laajuudesta, lisäysmääristä ja biohiilen painosta. Jotta biohiilen käytöstä voidaan saada luotettavampia arvioita etenkin niissä kohteissa, joista ei ole esimerkkikohteita, tulisi perustaa koekohteita, jotta jotkut lisäysmenetelmät voidaan todeta toimiviksi ja toiset sulkea pois.

Koska biohiilen käyttöä halutaan edistää kaupungilla, tulee sille asettaa vuotuinen tavoite. Työ on kansainvälisestäikin merkittävää. Kohteiden seuranta ja käytön tarkka kirjaaminen antaa pohjan käytön toimivuuden seurannalle. Myös kansainvälinen yhteisö voi hyödyntää Helsingissä saatuja oppeja, mikäli se julkaistaan saavutettavasti, kun kokemusta kertyy. Uutta tietoa verrattuna pro gradu -tutkielmaan ovat kohdekohtaiset suositukset sekä stabiilointi-, tienpohja- ja niittykohteiden lisääminen laskentaan.

Laskennassa käytetyt materiaalit löytyvät liitteissä, joista liite 1 on otettu mukaan julkaistavaan versioon, ja muut liitteet ovat kaupungin sisäistä tietoa, jonka saa kaupungin sisäiseen käyttöön erikseen pyydettäessä.

Käsitteet

BC = biochar = biohiili = pyrolyysillä käsitelty biomassa, joka säilöö hiiltä satoja vuosia (on hiilinielu lisäämisvuotena loppusijoituspaikkaan, mutta hiilinieluyksikkö kaupataan erikseen)

Hiiliyksikkö = hiilikrediitti = 1 t CO₂, joka on poistettu ilmakehästä tai on sitoutuneena pysyvästi ja olisi muuten päätyntä ilmakehään.

1. Tiivistelmä

Selvityksen tavoitteena oli laskea biohiilen realistinen maksimaalinen käyttöpotentiaali Helsingin kaupungin alueilla. Työssä selvitettiin mahdollisimman laajasti eri käyttökohteita. Tuloksena saatiin skenaario, jossa biohiiltä hyödynnetään 15 vuotta esimerkinomaisesti. Kokonaispotentiaali tänä aikana on 100 084 tonnia biohiiltä. Kasvullisen maaperän kohteet kattavat tästä 28 prosentin osuuden, tienpohjakohteet 36 prosentin, stabilointikohteet 19 prosentin, betonikohteet 10 prosentin ja asfalttikohteet kahdeksan prosentin osuuden.

Biohiili on hyväksytty käytettäväksi maaperäkohteissa lannoitelain mukaisesti ja Euroopan laajuisin EBC-standardein. Tämän vuoksi lähivuosien realistiset kohteet ovat suurimmaksi osaksi kasvullisissa maaperäkohteissa. Saavutettavimmat biohiilen käyttökohteet ovat pellot, kasvualustat, nurmikot ja niityt, mutta myös puistokäytävissä ja stabilointikohteissa on suositeltavaa kokeilla biohiilen käyttöä, jotta kokemusta karttuu muustakin kuin viherrakentamisesta. Mikäli biohiilen lisääminen stabiloinnin sideaineen ja teiden alla olevan murskeen sekaan onnistuu, ovat nämä suuren potentiaalinen kohteita. Vaikeimmin saavutettavat biohiilen käyttökohteet ovat betonin ja asfaltin sideaineet, koska näissä vaaditaan tasalaatuisia standardit täyttäviä biohiililisiä tuotteita, joita ei vielä ole markkinoilla.

Myös saavutettavissa biohiilen käyttökohteissa on lisäselvitystarpeita ennen varsinaista biohiilen käytön lisäämistä, joita tässä työssä on tunnistettu. Kasvualustojen kohdalla lisäselvitystä tarvitaan työohjeiden tekemiseksi ja parhaiden työskentelytapojen löytämiseksi. Nurmikoilla paras lisäystapa ei ole tiedossa, tosin kokemusta on jo biohiilen lisäämisestä sekä ilmastuksesta että maan muokkauksella. Pelloilla tarvitaan tarkempi arvio siitä, miten yksittäiset pellot soveltuvat biohiilen lisäykselle, mitä lisäystapaa käytetään, ja millainen lannoitus biohiilen kanssa tarvitaan. Niityillä maasto voi olla vaikeampaa, jolloin lisäystapoja voi olla erilaisia. Muissa maaperäkohteissa, eli liikenneväylillä ja stabilointikohteissa, voidaan perustaa heti koekohteita, joiden kautta on mahdollista selvittää haasteita tarkemmin. Tulevaisuuden kohteissa, asfaltissa ja betonissa, onnistuneita seoksia on jo saatu aikaan laboratorioissa, mutta standardoitua tuotetta ei ole markkinoilla. Käyttömahdollisuudet riippuvat vahvasti siitä, kuinka nopeasti asiaa edistetään suurten rakentajien, kuten kaupunkien keskuudessa.

Tärkeimmäksi kehityskohteeksi, joka vaikuttaa kaikkiin lisäystapoihin, tunnistettiin biohiilen käytön seurannan suunnittelu. On huomattu, että kaupungilla materiaalien käytön seuranta on vaikeaa, eikä juuri minkään materiaalin kokonaiskäytöstä löydy selkeää paikkaa. Käytetyn biohiilen määrät on tärkeää kirjata tarkasti siten, että tieto on helposti saatavilla kaupungin sisäisessä käytössä hiilensidonnän laskemiseksi ja sen onnistuneen käyttötavan kehittämiseksi.

2. Kasvullisen maaperän biohiilen käyttökohteet

Saavutettavimmat kohteet kattavat kasvullisen maaperän kohteet. Näitä ovat kasvualustat, pellot, nurmikot, urheilunurmet ja niityt. Kohteet ovat sellaisia, joissa käyttöä on jo kokeiltu. Kaikista muista kohteista löytyy koekohteita Helsingistä, mutta niityillä ei vielä ole omia koekohteita.

2.1 Kasvualustat

Kasvualustoja käytetään kaiken viherrakentamisen yhteydessä. Näihin sisältyvät puistot, urheilukentät, raidekohteet, katujen viherkohteet, pihojen rakentaminen ja erityiskohteet, kuten viherkatot. Kasvualustat ovat aina toimiva kohde biohiililäisyykselle, kunhan kohde on sellainen, josta biohiili ei lähde helposti liikkeelle. Helsingin kaupungilla on jo useita biohiilikasvualustakohteita. Jatkuva uusien kohteiden perustaminen edistää biohiilen turvallista ja laajaa käyttöä, jos niistä tehdään seurantaa. Kevyimmillään se voi perustua visuaaliseen arvioon alueen tilasta tai alueen dokumentointiin kuvilla. Tarkemmassa raportoinnissa maaperästä otetaan näytteet kosteudesta, pH:sta ja mikrobitoiminnasta sekä kirjataan maan alla ja yllä olevan kasvillisuuden määrä. Tämän seurantatyön perusteella luodaan edellytyksiä ja löydetään parhaat toimintatavat biohiilen turvalliseen laajaan käyttöön kaupungin viherrakenteissa. Mikäli biohiilen käytöstä syntyy ongelmia tai haasteita, ne voidaan paikantaa raportoinnin ansiosta.

Huomioita:

- UUMA5-hankeessa kerätään työohjeita biohiilen käytölle kasvualustassa. Tämän työn eteneminen on merkittävää biohiilen käytön edistämiseksi kasvualustoissa myös Helsingin kaupungilla.
- Kasvualustojen määrän selvittäminen tarkasti kaupunkitasolla on tällä hetkellä mahdotonta. Materiaalinkäytön suunnittelun kannalta on tavoiteltavaa luoda kaupungille seurantajärjestelmä, johon kirjataan kasvualustojen vuosittainen käyttö.
- Kustannusten vertailtavuuden ja todellisen ilmastovaikutuksen vuoksi tulisi saada tieto myös erilaisten maanparannusaineiden käytöstä kaupungilla, jotka voitaisiin korvata biohiilellä.

Biohiilen käyttökohde: Helsingin kaupungin viherrakentamisessa käytettävät kasvualustat

Alueen määrä	Ostetut kasvualustat 17 852 t vuosittain	Kierrätyskasvualustat 11 113 t vuosittain
	Yhteensä 15 vuoden aikana 434 475 t perustuen aikaisempien vuosien käyttömääriin. Määrä, jonka urakoitsijat ostavat ei ole välttämättä kokonaan mukana.	
Lisäysintensiteetti*	Vaihtelee 5 ja 50 tilavuus-% välillä. Tässä suositukseen 20 tilavuus-%	
Lisäystavat	Biohiili on jo sekoitettuna kasvualustaan, kun se tulee työmaalle. Kasvualustatoimittajilta pyydetään biohiilikasvualustatuotteita. Kierrätyskasvualustoille biohiili voidaan sekoittaa itse. Lannoitus kompostilla on ympäristöystävällisempää kuin synteettisellä lannoitteella, kustannusvertailua tarvitaan vielä.	
Lainsäädännölliset rajoitteet	Lannoitelainsäädäntö: kasvipohjaiset biohiilet sallittuja ja turvalliseksi todettuja maaperässä. EBC-Urban sertifiointin mukainen biohiili EUR-Lex CMC-14 Feedstock EBC guidelines	
Taloudelliset rajoitteet	Sekoitus kasvualustoihin maksaa Helsingin omalla multa-asemalla 11–40 €/t biohiiltä arvion mukaan, jossa biohiiltä lisätään 8–25 tilavuus-%. 1 t biohiilikasvualustan sekoittamista maksaa siis noin 0,8 €. Laskun oletukset täällä .	
Tekniset rajoitteet	Kasvualustoihin on olemassa joitakin työohjeita biohiilen lisäämiseksi, joita kerätään UUMA5-hankkeessa**, mutta Helsingin kaupungilla ei ole omia ohjeita. Kasvualustoja ja biohiiliä on erilaisia, jolloin käyttötalukko tarvitaan.	
Biohiilen käyttötavan kypsyys	Käyttökokemuksia ja tutkimuksia on runsaasti ja lainsäädännöllisesti käyttö sallitaan. Helsingin kaupungilla omia koekohteita.	
Suositus lyhyellä aikavälillä, 5 vuotta	Edistetään kasvualustakäytön tilastointia -> perustetaan viherrakentajien työryhmä suunnittelemaan tilastointitapa. Tehdään työohjeet eri kasvualustatyypeille, joka sisältää myös ohjeen biohiilen käytön raportointiin. Kerrotaan kasvualustatoimittajille biohiilikasvualustan tarpeesta. Luodaan tavoite biohiilen käyttömäärälle vuosittain.	
Suositus pitkällä aikavälillä, 15 vuotta	Tehdään pitkän aikavälin seuranta erityyppisissä kohteissa. Yleistetään biohiilen käyttö osaksi viherrakentamista. Raportoidaan ja julkaistaan seurannan tuloksia.	

Paikkatietolähteet liitteessä 6. Lisäysintensiteetti perustelut liitteessä 4.

*Lisäysintensiteetti tarkoittaa painossa mitatuissa kohteissa prosenttia painosta ja pinta-alla mitatuissa kohteissa lisäystä hehtaarikohtaisesti.

**UUMA5-hanke Uusiomaarakentamisen edistämisen yhteistyöryhmä.

Tietotarpeet:

1. Suositukset biohiilen käytöstä kasvualustatyypeittäin ja lisäysajankohdan mukaan. Tarvitaan suositukset sille, millainen lannoitus tai kastelu rakennustyömailla tehdään eri vuodenaikoina.
2. Miten biohiilen sijaintia seurataan, jos biohiilikasvualustaa kierrätetään?
3. Mitä kustannus- ja ilmastohyötyjä syntyy siitä, että biohiili korvaa kasteluraetta (Terracottem) ja turvetta, ja kuinka laajasti korvaavuus onnistuu. (Materiaalien käyttömäärien selvittäminen esimerkiksi kyselylomakkeella viherrakentajille, kysymällä viestillä tai haastattelulla. Tämän voi myös yhdistää työryhmään, jossa suunnitellaan biohiilen raportoinnin tapa ja seurannan tapa.)
4. Urakoissa käytettävät kasvualustamäärät. Todellinen kasvualustojen vuosittainen käyttömäärä kasvualustatyypeittäin eroteltuna.

Materiaalien korvaavuutta on laskettu seuraavan sivun taulukossa, josta saadaan suuntaa antava arvio biohiilen käytön vaikutuksesta kustannuksiin muihin maanparannusmateriaaleihin verrattuna.

Taulukko 1: Terracottemin perliitin ja turpeen käytön kustannusvertailu biohiilen käyttöön nähden perustuen verkkolähteisiin. Kaupungin käyttämät määrät voivat poiketa näistä.

Tuote	Kasteluraa (Terracottem)	Perliitti	Turve
Kuvaus	TerraCottem-maanparannusaine sisältää vulkaanista laavakiveä, imukykyisiä polymeerejä eli kastelukiteitä, kasvin kasvua edistäviä aineosia ja NPK-ravinteita (5–0,5-5) sekä hivenaineita. Eli tuote sisältää myös muovipohjaisia kastelukiteitä. Tuote on patentoitu ja sitä tuottaa yritys Belgiassa. Lähde	Kuumennettua vulkaanista kiveä.	Turve maanparannusaineena on puhdasta ja helposti käsiteltävää. "Turpeessa yhdistyvät monet ominaisuudet, jotka tekevät siitä erinomaisen maanparannusaineen. Turpeen sisältämällä biologisesti aktiivisilla aineilla on myönteinen vaikutus kasvien kasvuun. Savi- ja hiekkamailla se parantaa maan fysikaalisia ominaisuuksia. Kasvuturve pidättää myös ravinteet ja veden kasvin käyttöön." Bioenergia
Käyttökohteet kaupungilla ja mahdolliset kokemukset korvaavuudesta	Terracottemia käytetään kantavissa kasvualustoissa. Positiivisia tuloksia on saatu sekä Tukholmasta että muutamissa Helsingin kaupungin kohteissa, kun lannoitetaan tarpeeksi.	Perliittiä käytetään kaupungilla vain taimi-istutuksessa ja yksittäisissä kukkaistutuksissa, eli käyttö on vähäistä. Selvittämällä kuinka paljon taimi-istutusta tehdään, saadaan hyvä kuva käyttömäärästä, jos määrä koetaan tarpeelliseksi selvittää.	Turvetta käytetään kaupungilla ainakin urheilukentissä. Luultavasti vain osa turpeesta voidaan korvata biohiilen käytöllä. Kun osan turpeesta korvaa biohiilellä, pysytään samoissa tai jopa paremmissa vedenpidätysarvoissa kuin pelkällä turpeella. Yksin biohiili ei pidätä vettä yhtä hyvin kuin turve yksin. Lähde1 ja Lähde2
Hinta-arvio	750 g 22,50 €, joka on 30 000 €/t. Lähde 750 g 23,30 €, joka on 31 067 €/t. Lähde 750 g 20,19 €, joka on 26 920 €/t. Lähde	1,49 € / l Lähde 1,33 € / l Lähde 100 l 45 € eli 0,45 €/l Lähde	Kasvuturve 0,08 €/l kuutiohintana on 80 €/m ³ . Turve painaa noin 0,15 t/m ³ , jolloin tonnin hinta on 533,3 €/t. Lähde 0,24 € / kg kuiviketurpeen hinta eli 240 €/t Lähde

Tuote	Kastelurua (Terracottem)	Perliitti	Turve
Käyttökustannus maanparannus-aineelle	<p>Käyttömäärä kukkaistutuksissa 100g/m². <u>Lähde</u> Käyttömäärä nurmilla 120g/m². <u>Lähde</u> Käyttömäärä urheilunurmilla 50g/m². <u>Lähde</u> Käytetään esimerkiksi lukua 100g/m² ja kustannusta 27 000 €/ha.</p> <p><i>Terracottem hehtaarihinta on tällöin 27 000 € (terracottem lisättynä maaperään)</i></p>	<p>Asetetaan perliitin hinnaksi 0,50 €/l ja sitä lisätään kasvualustaan neljäsosa, jolloin käytölle tulisi kuutiokannaksi 125 €/m³</p> <p><i>Perliitin käytön kustannus kuutiolta 125 €/m³</i></p>	<p>Verrataan kasvualustaa, joka on kokonaan turpeesta tehty ja, kuinka paljon kustannus muuttuu, kun osa siitä korvataan biohiilellä.</p> <p><i>Turpeen hinta kuutiolta 80 €/m³</i></p>
Verrannollinen käyttökustannus biohiilelle	<p>Biohiilen hinnaksi oletetaan 600 €/t ja sen lannoittamisen hinnaksi 2€/kg * 100kg/ha = 200 €/ha.</p> <p>Biohiilen lisäysmäärä 20 t/ha</p> <p><i>Biohiilen hehtaarihinta on 12 200 € (lannoitetun biohiilen lisäys maaperään)</i></p> <p>Lisäystapa oletetaan samaksi, jolloin sen kustannuksia ei tarvitse ottaa huomioon vertailussa. Lisäksi molemmat tarvitsevat kastelua lisäyksen jälkeen, joten sitäkään ei oteta huomioon.</p>	<p>Biohiilen käytön hinta lisättynä 20 tilavuus % (0,2 m³ tai 200 l) on, kun biohiili maksaa 600 €/t ja painaa 0,3t/m³, 600*0,3*0,2=36€/m³ Lannoitus kuutiolta maksaa noin 0,5€.</p> <p><i>Biohiili käyttöhintaa kuutiolta 37 €/m³</i></p> <p>Lisäystapa oletetaan samaksi, eli sekoitus kasvualustaan, jolloin sitä ei oteta huomioon.</p>	<p>Biohiilen kuutiointihinta on 180 €/m³, kun se maksaa 600 €/t ja painaa 0,3 t/m³. Aiemmin laskettiin, että biohiilen käytöstä tulee lisähintaa 37 €/m³, kun biohiiltä on 20 tilavuus % ja se on lannoitettu. Tämä tarkoittaa, että turve 80 % ja biohiili 20 % kasvualusta maksaa (0,8*80 €/m³)+37 €/m³=101 €/m³. Jos laitetaan vielä ilmaista kompostia 20 % tilavuudesta, hinta koostuu seuraavasti: 0,6*80+0+37= 85 €/m³. Sekoituskustannus on mahdollisesti pieni: kompostin ja biohiilen sekoitus kasvualustaan 11 €/t biohiiltä, 0,06*11= 0,66 €.</p>
Kustannusvertailu	<p>27 000-12 200=14 800 € Biohiilen käyttö on noin puolet halvempaa Terracottemiin nähden.</p>	<p>125-37=88 € Biohiilen käyttö on noin 1/3 perliitin käytön kustannuksista.</p>	<p>101-80=21 Turpeen korvaaminen 20 % biohiilellä tuo noin 1/5 korkeammat kustannukset.</p>

2.2 Pellot

Biohiilen lisäys Helsingin savisille pelloille tuottaa hiilensidonnan lisäksi luultavasti eniten hyötyä maaperän rakenteen parantumisena, mihin kuuluvat kosteuden taseus ja vedenläpäisevyyden parantuminen. Lisäysmääriä on kokeiltu pellossa jopa 50 t/ha saakka, mutta tällöin tuloksena voi olla esimerkiksi liiallinen veden läpäisevyys. Pienempiin lisäysmääriin, kuten 10 t/ha, saatetaan päätyä, jos pelto on jo mururakenteeltaan hyvä. Tarkkoihin lisäysmääräsuosituksiin päästään yksityiskohtaisella peltotietojen tarkastelulla. Pelloilla käytetään Agro-EBC-sertifikaatin mukaista biohiiltä, koska kaikki viljelyalana pidettävä alue kannattaa säilyttää sellaisena, jossa voidaan viljellä ruokakasveja.

Maalaji kertoo maaperän rakeisuuden ja vedenpidätyskyvyn (savi, hieta, hiekka), ja biohiilen vaikutus riippuu maalajista: Hiekkamaassa biohiili voi parantaa veden- ja ravinteiden pidätyskykyä, koska hiekan luontainen pidätyskyky on heikko. Savimaassa biohiili voi parantaa ilmavuutta ja vähentää tiivistymistä. Maalajin tunteminen auttaa määrittämään biohiilen sopivan määrän ja partikkelikoon, jotta se ei aiheuta liiallista tiivistymistä tai vedenpidätysongelmia.

Helsingin pelloille on aikoinaan lisätty runsaasti fosforia, jota on pelloissa yhä. Biohiili imee huokoisen rakenteensa ansiosta itseensä ravinteita ja vettä, jolloin muiden kuin fosforin saatavuudessa tulee huolehtia biohiiltä lisättäessä. Ravinnelataus tai jälkeenkäin lannoittaminen lienee helpointa tehdä mineraalilannoitteella, mutta on edullisinta kompostilla. Jos biohiili ladataan kompostilla tai lannalla, on tutkittava miten paljon ravinteita (etenkin fosforia ja rikkiä) ravinneladattu biohiili sisältää, ennen kuin sitä päätetään lisätä peltoon. Pelto on viljelysalaa, jossa tulee olla erityisen tarkka maaperän terveydestä, eikä kerran sinne lisättyä materiaalia saa maaperästä pois. Ennen biohiilen levitystä kysytään biohiilen soveltuvuutta peltoon varmuuden vuoksi Uudenmaan maaseutuvirastolta, joka varmentaa asian ELY-keskukselta. Biohiilen pysymisestä maaperässä saadaan tietoa maaperän hiilipitoisuutta seuraamalla.

Maaperän pH vaikuttaa ravinteiden liukoisuuteen ja mikrobiologiseen aktiivisuuteen. Biohiili on usein emäksistä ja voi muuttaa pH:ta. Happamassa maassa biohiili voi nostaa pH:ta, mikä parantaa ravinteiden saatavuutta. Emäksisessä maassa liiallinen lisäys voi nostaa pH:n liian korkeaksi.

Multavuus kertoo maaperän orgaanisen aineksen määrän. Biohiili kuuluu orgaaniseen ainekseen, vaikka ei hajoakaan humuksen tavoin, ja parantaa maan huokoisuutta ja mikrobistoa. Biohiilestä on suhteellisesti eniten hyötyä matalan multavuuden maaperässä, kun maa on lähtötilanteessa köyhä. Korkean multavuuden maassa mikrobien kasvuolosuhteiden parantuminen ja lievä vedenpidätyskyky ovat kuitenkin pitkällä aikavälillä hyödyllisiä, esimerkiksi kuivan satovuoden osuessa kohdalle. Kustannustehokkuuden näkökulmasta suurimman multavuuden pelloille kannattaa lisätä vähemmän biohiiltä tai ajoittaa se myöhemmäksi, mikäli odotetaan markkinan kehittymistä ja hinnan laskua, koska niissä hyöty lienee pienin.

Biohiilen käyttökohte: Helsingin omistamat pellot

Alueen määrä	Nyt viljelyssä olevat pellot: 171 ha (pellot, joissa on maanmuokkauksia)	Nurmella olevat pellot, joihin voi lisätä, jos niin päätetään: 159 ha
	Peltoja yhteensä: 344 ha paikkatiedon mukaan.	
Lisäysintensiteetti*	20t/ha perustuen yleisiin suosituksiin	
Lisäystavat	Biohiili levitetään pellon pintaan ja toinen laite muokkaa sen maaperään. Myös pelkän pintalevityksen mahdollisuutta tulee tarkastella. Kaupungilla ei ole laitteistoa eikä säilytystiloja, joten ulkopuolinen urakoitsija tekee.	
Lainsäädännölliset rajoitteet	Lannoitelainsäädäntö: kasvipohjaiset biohiilet sallittuja ja turvalliseksi todettuja maaperässä. EBC-Agro sertifioidin mukainen biohiili EUR-Lex CMC-14 Feedstock EBC guidelines .	
Taloudelliset rajoitteet	Pintalevitys 17,0 €/ha keskimäärin vuonna 2020 Kultivointi 45,4 €/ha keskimäärin vuonna 2020 Työteho-seura . Biohiilen käsittely poikkeaa jonkin verran, todellinen kustannus selviää kokeilemalla.	
Tekniset rajoitteet	Biohiilen soveltuvuus maaperään on erikseen tarkistettava kaikille eri pelloille. Helsingin pelloilla on liikaa fosforia, jolloin mahdollinen ravinnelataus on tehtävä ilman fosforia ja tarkistettava ja hyväksyttävä ELY keskukselta.	
	Pellosta tarvittavat tiedot: Ph, multavuus, maalaji, hiilipitoisuus, kosteus, viljelykasvit, ravinteet. Löytyy liitteestä 5.	Biohiilestä tarvittavat tiedot: Fysikaaliset ja kemialliset ominaisuudet. Löytyy tuottajien sivuilta tai kysymällä tuottajilta.
Suositus lyhyellä aikavälillä, 5 vuotta	Tehdään lisäysalueiden selvitys viljelyn/maaperän asiantuntijan kanssa, jossa päätetään teknisten tietojen pohjalta kuhunkin peltoon sopivat biohiilen lisäysmäärät, biohiililaadut, lannoitus ja kastelu sekä lisäysajankohta ja -tapa. (mahdollista toteuttaa pro gradu-työnä) Kun biohiiltä lisätään, perustetaan seurantasuunnitelma, jossa raportointitapa on valmiiksi suunniteltu seurannan helpottamiseksi kaikilta pelloilta.	
Suositus pitkällä aikavälillä, 15 vuotta	Jos biohiilen huomataan kulkeutuneen maaperässä eliöiden ja maanmuokkauksen seurauksena, suunnitellaan uusi biohiilen lisäys. Kokemuksia biohiilen käytöstä raportoidaan ja julkaistaan.	

Paikkatietolähteet liitteessä 6. Lisäysintensiteetti perustelut liitteessä 4.

*Lisäysintensiteetti tarkoittaa painossa mitatuissa kohteissa prosenttia painosta ja pinta-alassa mitatuissa kohteissa lisäystä hehtaarikohtaisesti.

Helsingin peltojen tietoja:

- Kaikki Helsingin pellot sijaitsevat kivennäismaalla ja ovat melko savisia.
- Helsingissä ei ole säilytystiloja eikä levityslaitteistoa biohiillelle. Levitys vaatii ulkopuolisen urakoitsijan.
- Helsingin omistamilla pelloilla viljellään seuraavia lajikkeita. Ruokaviraston viljelysuunnitelmasta tiedot vuodelta 2024.

Taulukko 2: Helsingin kaupungin peltojen viljelykasvien jakautuminen yksi- ja monivuotisiin (ha).

Yksivuotiset		Monivuotiset	
Kasvi	Pinta-ala (ha)	Kasvi	Pinta-ala (ha)
Syysruis	39,55	Viherlannoitusnurmi	32,60
Mallasohra	32,16	Rehunurmi	47,10
Kaura	26,35	Laidunnurmi	0,85
Kevättrypsi	45,93	Viherkesanto (nurmi ja niitty)	78,79
Auringonkukka	3,66	yhteensä	159,34
Tarhaherne, tuoretuotanto	2,68		
Maanparannus- ja saneerauskasviseos	8,89		
Pienet vierekkäiset alat	0,56		
Sänkikesanto	1,65		
Monimuotoisuuskas- vit, riista	7,28		
Monimuotoisuus- kasvit, pölyttävä ja maisema	1,21		
Suojakaista	1,49		
yhteensä	171,41		

Muita huomioita:

- Tiedot viljelysuunnitelmasta voisi viedä yleisten alueiden rekisteriin (Ylre). Viljelykasvin ja paikkatiedon voi yhdistää pellon nimen perusteella.
- Syksyllä lisäämistä on pintalevitys, jolloin keväällä lumen sulaessa biohiili kulkeutuu maahan veden mukana. Sulaneen maan aikaan biohiili voidaan lisätä kultivoinnin yhteydessä. Lisäysajan, vuodenaikoihin liittyen, valitsemiseksi etsitään tietoa siitä, kuinka vahvasti biohiili sitoo ravinteita (liukoinen tyyppi ja fosfori). Voiko biohiiltä lisätä lataamattomana syksyllä (pidättäisi ensin liukoista tyyppiä ja fosforia ja myöhemmin kesällä päästäisi sitä kasvien käyttöön).
- Tietoa tulee syventää erityisesti ravinteiden kierrosta. Pro gradu -tutkielma voi olla tehokas tapa löytää peltokohtaiset suositukset, joilla lisäystä voi lähteä toteuttamaan. Aineisto tähän työhön olisi peltokohtaiset maaperätiedot (ks. Liitteet) ja lopputulos voitaisiin lähettää Uudenmaan maaseutuviraston kautta ELY-keskukselle tarkistettavaksi.



Kuva 2: Biohiilen loppusijoitus peltoihin, visio etenemisen vaiheista.

2.3 Puisto- ja urheilunurmikot

Nämä alueet tarkoittavat puistoalueita, jotka ovat nurmikkoluokiteltuja ja kaupunkiympäristön hoitamia muita luonnonurmia sekä urheilunurmia. Urheilunurmilla hoito on tiheää ja kasvualusta koostuu pääosin 90-prosenttisesti hiekasta, ja loput kymmenen prosenttia turpeesta. Urheilunurmista biohiili voi korvata osan turpeesta. Puisto- ja muilla luonnonurmikoilla hoito on yleisen puistonurmen tapaista, ja oletettavasti, jos biohiilen käyttöä halutaan maksimoida, näillä nurmilla biohiili voidaan lisätä maan pintakerrokseen maata muokkaamalla. Rajoitteita voivat tuoda maan muoto, puusto, kivet ja kalliot. Korkean hoitoluokan nurmet eivät ole mukana tarkastelussa, koska ne ovat potentiaaaliltaan hyvin pieni kohde, muutamia hehtaareja, ja vaativat kohdekohtaista tarkastelua. Osassa nurmikohteista biohiilen lisäys tulisi olemaan ylimääräinen hoitotoimenpide ja osassa kohteista se korvaa tavanomaisen hoitotoimenpiteen, kuten ilmauksen.

Kun biohiilen lisäämistä lähdetään toteuttamaan, ei tarkan datan etsiminen ole välttämättä heti tarpeen. On nimittäin mahdollista edetä siten, että aina kun nurmikkokohteessa

tarvitaan hoitotoimia, tehdään samalla biohiililisäys. Sitä ei kuitenkaan tule tehdä kahta kertaa samalle nurmelle. Kun biohiililisäys kirjataan, nähdään ne alueet, joilla on biohiiltä. Toisin sanoen biohiilen käytön kirjaaminen hoitosuunnitelmaan voi keventää suunnittelutyötä ja antaa samalla runsaasti seurantakohteita.

Urheilunurmilla maaperä sisältää 90 prosenttia hiekkaa ja kymmenen prosenttia orgaanista ainetta. Biohiili lisätään jollakin osuudella orgaaniseen aineeseen ja tällöin se voi korvata turpeen käyttöä. Urheilunurmet kaipaavat vähäravinteista maaperää, jolloin biohiili soveltuu kohteisiin hyvin. Paras levitystapa on vielä selvittämättä.

Biohiilen käyttökohde: puisto- ja urheilunurmikot

Alueen määrä	KYMP hoitamat puistonurmet ja muut luonnonnurmet 492 ha	KYMP hoitamat urheilunurmet 196 ha
	Yhteensä aluetta on 688 ha	
Lisäysintensiteetti*	4–20 t/ha puisto- ja muille nurmille, 2–20 t/ha urheilunurmille, riippuen lisäystavasta.	
Lisäystavat	Pienimmän lisäysintensiteetin lisäystapana ilmastusreiat ja niihin biohiilen harjaaminen tai ruiskuttaminen/puristaminen. Suurimman lisäysintensiteetin lisäystapa on muokata maaperää jyrsimällä tai kääntämällä ja lisätä samanlaisia määriä kuin pelloissa. Lisäys muun korjauksen yhteydessä tai korvaten muuta hoitoa. Lannoitus ja kastelu tarvitaan. Lisätessä pidetään kosteus sellaisena, ettei biohiili pölyä.	
Lainsäädännölliset rajoitteet	Lannoitelainsäädäntö: kasvipohjaiset biohiilet sallittuja ja turvalliseksi todettuja maaperässä. EBC-Agro sertifioinnin mukainen biohiili EUR-Lex CMC-14 Feedstock EBC guidelines .	
Taloudelliset rajoitteet	Pintalevitys 17,0 €/ha keskimäärin vuonna 2020 Kultivointi 45,4 €/ha keskimäärin vuonna 2020 Työtehoseura . Biohiilen käsittely poikkeaa jonkin verran, todellinen kustannus selviää kokeilemalla.	
Tekniset rajoitteet	Toimivin lisäystapa ei ole tiedossa. Kaupungin oma työohje puuttuu. Biohiilen latauksen suunnittelu. Parhaan lisäystavan etsiminen voitaisiin toteuttaa myös yrityskilpailuna.	
Biohiilen käyttötavan kypsyy	Omia koekohteita on, ja lainsäädännöllisesti käyttö sallitaan. Käyttö ei ole vakiintunutta.	
Suositus lyhyellä aikavälillä, 5 vuotta	Tehdään useita koekohteita. Yleistetään kustannustehokkaimman lisäystavan käyttö ja tehdään työohje ja lisäystahti suunnitelma tai tavoite.	
Suositus pitkällä aikavälillä, 15 vuotta	Tehdään pitkän aikavälin seurantaa erityyppisissä kohteissa. Julkaistaan seurantaraportti.	

Paikkatietolähteet liitteessä 6. Lisäysintensiteetti perustelut liitteessä 4.

*Lisäysintensiteetti tarkoittaa painossa mitatuissa kohteissa prosenttia painosta ja pinta-alla mitatuissa kohteissa lisäystä hehtaarikohtaisesti.

Taulukko 3: Koostetaulukko, biohiilen lisäys nurmikkokohteissa biohiiliprojektissa

Kohde	Tapa	Määrä
Töölönlahden puisto (toteutunut)	Ilmaus 8 cm syvyydeltä ja harjaaminen reikiin	0,9-1,4l/m ² eli 2,7-4,2 t/ha, kun biohiilen tiheys 300kg/m ³ <u>Lähde</u>
Töölönlahden puisto (toteutunut)	Maan kääntäminen 15 cm syvyydeltä, biohiilen lisäys ja uudelleen kääntäminen	5,3 l/m ² eli 15,9 t/ha, kun biohiilen tiheys 300 kg/m ³ <u>Lähde</u>
Siltamäen urheilukenttä (suunnitelma, todellinen lisäysmäärä tässä kohteessa tulisi selvittää)	Biohiilen levittäminen nurmen päälle ja sitten jyrsiminen 15 cm syvyydeltä.	7,5 l/m ² oli tavoite eli 22,5 t/ha, kun biohiilen tiheys 300 kg/m ³ . Mikä oli todellinen määrä? <u>Lähde</u>

2.4 Niityt

Niityt ovat lajiston monimuotoisuuden kannalta merkittävä kohde Helsingissä. Niillä on kuitenkin biohiilenkäytölle hyvät lähtökohdat, koska vähäravinteinen biohiili ei ole itsessään lannoite ja maaperän ravinnetason säätely onnistuu hyvin. Osa niityistä on vaikeanmuotoisilla alueilla, joilla suuret levityskoneet eivät pysty liikkumaan. Niityillä voikin siis olla useita levitystapoja, jopa maan pinnalle levitys, ja laajoilla niityillä (esim. vanhan pellon tilalle perustettu niitty) voi maata myös muokata. Niityillä aluerajauksessa jätettiin pois perinnebiotoopit ja muut arvoniityt, koska biohiilen lisäys voi vaikuttaa kasveihin. Näissä kohteissa pyritään säilyttämään vanhoja lajeja, eikä maaperän rakenteen muuttaminen biohiilellä sovellu näihin kohteisiin.

Biohiilen käyttökohde: Niityt

Alueen määrä	904 hehtaaria
Lisäysintensiteetti*	4-20t/ha
Lisäystavat	Pienemmän lisäysintensiteetin lisäystapana ilmastusreiät ja niihin biohiilen harjaaminen tai ruiskuttaminen/puristaminen. Korkean lisäysintensiteetin tapaan jyrsiminen tai kääntäminen. Myös pintalevitystä voi kokeilla esimerkiksi siten, että biohiili levitetään syksyllä ja keväällä se kulkeutuu sulamisveden mukana maaperään. Lannoituksen tarve on vähäisempi kuin muilla viheralueilla, niityt ovat vähäravinteisia.
Lainsäädännölliset rajoitteet	Lannoitelainsäädäntö: kasvipohjaiset biohiilet sallittuja ja turvalliseksi todettuja maaperässä. EBC-Urban sertifiointin mukainen biohiili EUR-Lex CMC-14 Feedstock EBC guidelines
Taloudelliset rajoitteet	Pintalevitys 17,0 €/ha keskimäärin vuonna 2020 Kultivointi 45,4 €/ha keskimäärin vuonna 2020 Työtehoseura . Biohiilen käsittely poikkeaa jonkin verran, todellinen kustannus selviää kokeilemalla.
Tekniset rajoitteet	Toimivin lisäystapa ei ole tiedossa. Kaupungin oma työohje puuttuu. Niityissä maaperä on vähäravinteinen, mutta lannoituksen mahdollinen tarve selvitetävää.
Biohiilen käyttötavan kypsyys	Käyttökokemuksia ja tutkimuksia on jonkin verran ja lainsäädännöllisesti käyttö sallitaan. Ei vakiintunutta käyttötapaa tai määrää.
Suositus lyhyellä aikavälillä, 5 vuotta	Tehdään työohje ja lisäystahti suunnitelma eri lisäystavoille. Yleistetään toimivan kustannustehokkaimman lisäystavan käyttö.
Suositus pitkällä aikavälillä, 15 vuotta	Tehdään pitkän aikavälin seuranta erityyppisissä kohteissa. Raportoidaan ja julkaistaan kokemukset.

Paikkatietolähteet liitteessä 6. Lisäysintensiteetti perustelut liitteessä 4.

*Lisäysintensiteetti tarkoittaa painossa mitatuissa kohteissa prosenttia painosta ja pinta-alla mitatuissa kohteissa lisäystä hehtaarikohtaisesti.

3. Käyttökokemuksia tarvitsevat biohiilikohteet

Biohiilen käyttö muissa maaperäkohteissa kuin kasvullisessa maaperässä ei vielä ole yleistä toimintaa. Jotta kohteissa voitaisiin käyttää biohiiliä, tulee kaikkia rakentamisen vaiheita tarkastella hiilensidonnan näkökulmasta kriittisesti ja pyrkiä lisäämään hiilinegatiivisia tuotteita myös katujen ja talojen alla oleviin rakenteisiin. Tämä vaatii uutta suunnittelutapaa ja uusien suunnittelukuvien laatimista sekä ympäristövaikutusten arvioimista tapaus kerrallaan. Biohiilen lisääminen voi hyödyttää myös hulevesien suotautumista maaperän läpi, mikä on veden laadun kannalta oleellista.

3.1 Stabilointikohteet

Syvästabilointia eli maaperän parantamista rakentamista varten tehdään kaupungilla jatkuvasti. Joinain vuosina stabilointimäärät Helsingissä ovat hyvin vähäiset, ja joinain vuosina tehdään suuria projekteja. Käytetty vuosittainen luku tulee nyt suunnittelupöydällä olleista kohteista, jotka nykytiedoilla voitaisiin rakentaa seuraavan 15 vuoden aikana. Nämä määrät on laskettu yhteen ja jaettu viidellätoista (vuosien määrä), joten keskimääräinen luku ei kuvaa todellista tilannetta vuositasolla.

Pilaristabilointi tarkoittaa pilarimaisen rakenteen tekemistä saviselle maalle lujittuvan sideaineen avulla. Maahan syötetään paineilmalla sideainetta, joka lujittuu pilarimaisiksi rakenteiksi ja parantaa pohjamaan ominaisuuksia rakentamista varten. Savi toimii runkoaineena ja sideaineen aktivoiva vesi on jo maaperässä. Biohiili voi korvata osan sideaineseoksen sideaineista, joita ovat tyypillisesti sementin, kalkin ja kierrätysmateriaalien kuten lentotuhkan seokset. Kaupungin linjauksen mukaisesti ilmastosyistä stabiloinnin sideaineena ei käytetä yksinomaan kalkin ja sementin muodostamaa sideaineseosta, vaan sideaineen on oltava uusiomateriaalipohjaista.

Biohiilen käytöstä täysimittakaavaisesti ei ole vielä kokemuksia, mutta Malminkentälle rakennetaan väliaikaisen lumenvastaanottopaikan stabilointitöiden yhteydessä koekohde syksyllä 2025. Ensimmäinen koekohde oli Ojapuistossa Mellunkylässä, mutta se jäi toteutumatta, koska työmaalle tullut biohiili oli niin kostea, ettei se virrannut kaluston läpi. Tästä opittiin, että biohiilen tulisi olla kuivaa ja hienorakeista, maksimi raekoko on noin 3 mm, jotta se virtaa kaluston läpi. Onnistuneissa laboratoriokokeissa biohiili on ollut kuivaa. Laboratoriokokeita on tehty DeMiCo-hankkeessa Aalto yliopistolla.

Biohiilen käyttökohde: Stabilointikohteet

Alueen määrä	Stabiloinnin sideainetta käytetään keskimäärin 90 796 m ² kokoisella alueella vuodessa seuraavan 15 vuoden aikana.
Lisäysintensiteetti*	Korvaa 10 paino-% sideaineesta (kerroin taulukossa kertoimet)
Lisäystavat	Sideaineeseen sekoittaen. Sekoitus mahdollista työmaolosuhteissa tai sideainetoimittajan laitoksessa.
Lainsäädännölliset rajoitteet	Biohiili sallitaan maaperässä.
Taloudelliset rajoitteet	Lisäämiskustannus tässä kohteessa arvellaan olevan pieni. Sekoituksen kustannus sekä biohiilen ostokustannus ovat lisäisiä kustannuksia.
Tekniset rajoitteet	Varmistettava, ettei stabiloinnissa käytetä sellaista biohiiltä, joka sisältää kriittisiä ravinteita. Syvästabiloinnin toteutusstandardi SFS-EN 14679. Varmistettava biohiilen kosteusprosentti ja soveltuva raekoko.
Biohiilen käyttötavan kypsyy	Ei vielä tunnettuja onnistuneita koekohteita. Yksi koekehde tulossa Helsinkiin. Laboratoriossa kokeiltu.
Suositus lyhyellä aikavälillä, 5 vuotta	Perustetaan koekohteita, joissa etsitään kustannustehokkainta ja teknisesti soveltuvaa lisäystapaa. Valmiin syvästabiloinnin laatu tutkitaan laadunvalvontakokein.
Suositus pitkällä aikavälillä, 15 vuotta	Toteutetaan suuria kohteita, mikäli todetaan kustannustehokkaaksi ja teknisesti soveltuvaksi tavaksi käyttää biohiiltä ja koekohteet ovat onnistuneita. Julkaistaan seurantaraportteja koekohteista.

Paikkatietolähteet liitteessä 6. Lisäysintensiteetti perustelut liitteessä 4.

*Lisäysintensiteetti tarkoittaa painossa mitatuissa kohteissa prosenttia painosta ja pinta-alassa mitatuissa kohteissa lisäystä hehtaarikohtaisesti.

Tutkimuskirjallisuudesta:

- Biohiilen käyttöä kaatopaikkojen peittomaassa tutkittiin maamassalla, jolla oli 20 prosentin alkukosteus. Tähän lisättiin viisi prosenttia, kymmenen prosenttia ja 20 prosenttia biohiiltä (w/w) erikokoisina hiukkasina. Tulokset osoittavat, että maaperän hydraulinen johtavuus kasvaa, maaperän kokoonpuristuvuus pienenee ja maaperän leikkauslujuus kasvaa biohiilen lisäyksen kasvaessa ja biohiilen hiukkaskoon pienentyessä (Reddy ym. 2015)
- Pintamaan stabilointia biohiilellä kokeiltiin pohjoisilla metsäteillä. Tutkimus liittyy erilaiseen stabilointiin, mitä tässä kappaleessa on muuten tarkasteltu eli kyseessä ei ole syvästabiloinnin kohde. Kyseessä on kuitenkin savinen maa, kuten Helsingissä yleensä, ja tulokset ovat sitä kautta mielenkiintoisia. Optimaalinen biohiilen määrä todettiin olevan 2,64 prosenttia kuivapainossa, kun sen kanssa lisättiin paljon pienempiä määriä polyakryliamidimassaa ja olkikuituja. (Chen ym. 2024)

3.2 Käytävät ja kadut

Tässä osiossa käsitellään kaikkia kaupungin liikenneväyliä. Puistokäytävät nostetaan esiin vähäisen kulutuksen kohteena, jossa biohiilen lisäystä voisi kokeilla ensimmäisenä liikenneväyläkäytössä. Puistokäytävät ovat biohiillelle mielekäs käyttökohde, koska ne edustavat kevyemmän kantavuuden katurakennetta, jossa rakennekerros on ohuempi ja käyttökuorma pienempi. Biohiilimurskeen laajaa käyttöä voi harjoitella puistokäytävillä mahdollisesti jo ennen yksityiskohtaisten seurantatutkimusten valmistumista. Ne ovat siis ensimmäinen katurakentamisen kohde, jossa laaja biohiilen käyttö tulee mahdolliseksi, ja joiden työmailla voidaan kokeilla parhaita toimintatapoja.

Katurakentamisen soveltuvuus melko helpoksi suuren potentiaalin biohiilen loppusijoituskohteeksi perustuu siihen, että biohiili lisätään murskeen sekaan siten, että se ei muuta murskeen kantavuusluokitusta. Mikäli tämä onnistuu, voidaan kaikki liikenneväylät rakentaa biohiilimurskeella, koska murske toimii rakenteessa samalla tavalla kuin ennenkin, sen seassa on vain biohiiltä. Murskeen seassa biohiilellä on luultavasti pienimmät vaikutukset kantavuuteen ja rakenteen toimivuuteen. Jos biohiiltä lisätään suositusten mukaisesti siten, ettei mikään geoteknisesti muutu, voidaan biohiiltä käyttää tuntematon määrä, tässä 2–8 tilavuus-% (kiviaineen paino-% kautta laskettuna). Tarkempi kertoimen määrittely kappaleessa 6.

Kaupungin katurakentajien suositus onkin tehdä seuraava selvitys: voidaanko rakennekerroksissa käytettävään kalliomurskeeseen (tukikerros) 0–90 mm lisätä biohiiltä määrä, joka ei muuta kalliomurskeen ominaisuuksia? Jos tämä onnistuu, biohiiltä voisi käyttää kaikessa katujen rakentamisessa. Jos määrä on vielä niin pieni, että se ei vaikuta vesijohtoihin, saataisiin Helsingin kaupungilla kulumaan vuositasolla suuret määrät biohiiltä.

Vaasassa tehdyssä projektissa biohiiltä käytettiin tierakenteessa murskekerroksen alla. Biohiiltä tuli 5–20 cm kerros, jolloin käyttömäärät olivat suurempia kuin nyt lasketulla kertoimella murskeen seassa. Tästä projektista saadaan enemmän tietoa loppuvuodesta. Projektinjohtajan mukaan väliaikatie on, että päällepäin koekohteissa ei ole mitään tavallisuudesta poikkeavaa, eli tie ei ole routunut haastavasta talvesta huolimatta, ja pinta on painunut normaalia tahtia.

Sellaisiakin maksimikäytön koekohteita on mahdollista perustaa, joissa biohiililisäys on vähäisen käytön kohteessa sekä murskeessa että murskeen alla, samassa tierakenteessa, kuten Vaasan koekohteissa. Tällaisen käyttötavan biohiilen loppusijoituspotentiaali olisi reilusti suurempi kuin missään muussa tässä raportissa esitellyistä kohteista. Tienpohjat ovat tosin biohiilen loppusijoituspotentiaaliltaan suurimpia kohteita jo pelkällä murskeeseen lisäyksellä.

Biohiilen käyttökohte: puistokäytävät

Alueen määrä	Puistokäytävää on Helsingin puistoissa 248 hehtaarin alalla.	
Lisäysintensiteetti*	Tapa 1: murskeeseen voidaan lisätä 2 tilavuus-% biohiiltä arvioiden hienoaineksen (<0,063 mm kiviaines) määrän mukaan. Tapa 2: rakennekerrosten alle 5-20 cm kerros, kuten Vaasan koekohteessa.	
Lisäystavat	<p>Tapa 1: Biohiili on jo sekoitettuna 0/90 mm ja 0/32 mm kokoiseen murskeeseen, kun se tulee työmaalle. Tällöin biohiiltä on tukikerroksessa. Tämä tapa vaatii koekohteita ja testejä: paljonko biohiiltä voidaan lisätä ennen kuin se vaikuttaa kantavuuteen.</p>	<p>Tapa 2: Lisätään kerros biohiiltä rakennekerrosten ja mahdollisen suodatinkankaan alle, jolloin maata täytyy kaivaa sen verran syvemmältä, kun biohiiltä laitetaan. Tämä tapa vaatii laajan selvityksen vaikutuksista. Kokemus Vaasan koekohteessa on hyvä, mutta seuranta on vasta 1 kohteesta, 1 vuodelta.</p>
Lainsäädännölliset rajoitteet	Biohiiltä ei tunnisteta rakennusmateriaaliksi vielä. Tapa 2 tarvitsisi infraRYL suosituksia.	
Taloudelliset rajoitteet	Biohiilen lisääminen 5-20 cm kerroksena kevyenliikenteen väylien alle maksoi 279 €/t BC Vaasan koekohteessa. Edullisin lisäystapa on selvittämättä.	
Tekniset rajoitteet	Lisäystavasta ei ole kokemusta. Mahdollinen vaikutus maanalaiseen infraan tulee selvittää. Biohiili on emäksinen, mutta vähäravinteinen materiaali. Biohiili on painon alla murskautuvaa ja käyttäytyminen pitkällä aikavälillä tierakenteessa on tuntematon.	
Biohiilen käyttötavan kypsyy	Suomessa ainut tunnettu tapaus on Vaasan pyörätiekokeilu. Biohiille rakennusmateriaalina ei ole käyttösuosituksia vielä.	
Suositus lyhyellä aikavälillä, 5 vuotta	Lähdetään edistämään tapaa 1. Käyttötavan 1 hyödyntäminen aloitetaan pyytämällä kiviainestoimittajia tuote, jossa murskeeseen on sekoitettu biohiiltä eri määriä ja näistä tehdään koekohteita. Käyttötavan 2 edistäminen vaatii tutkimuskohteiden perustamista ja pitkän aikavälin seuranta. Puistokäytävien laitettavan biohiilen tärkein lopputulos on kokemuksen saaminen biohiilen käytöstä liikenneväylillä. Biohiilen käyttö vesiensuodatuksessa ennen tierakenteisiin loppusijoittamista, tai muu biohiilen monikäyttö, on tavoiteltavaa. Vaihtoehtoisesti onko markkinoilla edullisempaa, huonompilaatuista biohiiltä, joka sopisi teiden alla käytettäväksi.	
Suositus pitkällä aikavälillä, 15 vuotta	Käyttökohteiden seuranta ja tulosten julkaiseminen edistävät biohiilen käyttöä laajasti.	

Paikkatietolähteet liitteessä 6. Lisäysintensiteetti perustelut liitteessä 4.

*Lisäysintensiteetti tarkoittaa painossa mitatuissa kohteissa prosenttia painosta ja pinta-alassa mitatuissa kohteissa lisäystä hehtaarikohtaisesti.

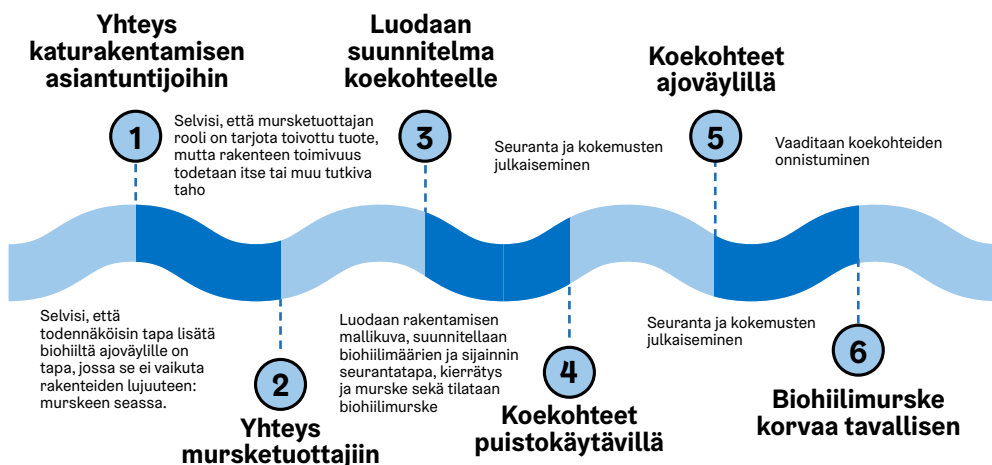
Lisäämistavan 1, eli murskeeseen sekoittaen soveltuvuutta haluttiin selvittää tarkemmin, jonka takia aiheesta tiedusteltiin eräältä Helsingin kaupungin tämänhetkiselältä mursketuottajalta. Yhteyshenkilöksi valikoitui kiviaineksen laatupäällikkö. Haastattelusta saadut tiedot on koottu taulukossa 3. Näiden tietojen pohjalta on biohiilen käytölle soveltuva kerroin 24 t/ha. Laskutapa on selitetty kappaleessa 6 Biohiilen paino ja laskukaavat. Moninkertaisesti suurempi kerroin voi olla myös realistinen, mutta koska käyttötapa on tuntematon, tässä arvioissa käytetään maltillista kerrointa.

Mursketuottajahaastattelun kooste

Mursketuottajahaastattelu 24.9.2025, puhelimessa 20 min

Mitä hienoaines on?
Hienoaines murskeessa (kuten koot 0/32 ja 0/90) tarkoittaa 0,063 mm tai pienempiä kivihiukkasia (<0,063 mm). Hienoaineksen määrä riippuu murskaustekniikasta ja kivityypistä ollen tyypillisesti 2 paino-%, mutta vaihdellen 1-10 paino-% välillä. Liiallista hienoaineen määrää pyritään yleisesti välttämään, koska se vaikuttaa lujuteen, routivuuteen ja pölyämiseen. Hienoainesta ei yleensä poisteta murskeesta, koska sille ei ole juuri muita käyttökohteita.
Miten biohiili soveltuisi murskeen sekaan?
Biohiili olisi hienon kiviaineen lisäksi murskeessa hienoaineena. Mikäli biohiiltä lisättäisiin, tulisi se lisätä murskaimien välissä olevalle hihnalle tasaisena syötteenä. Mikäli biohiilen pölyäminen on ongelma, lisättäisiin hihnalle vesisumutin, jollaisia käytetään muutenkin kiviaineen pölyämisen estämiseksi.
Voiko mursketuottaja tarjota biohiililisäettyä tuotetta?
Murskevalmistaja tuottaa CE-merkittyjä standardinalaisia tuotteita, jotka eivät salli muuta kuin kiviainesta. Kuitenkin asiakas voi pyytää muunlaista tuotetta, esimerkiksi koekohteisiinsa. Kiviainestuottaja ei pysty tutkimaan biohiilen käyttäytymistä murskeessa, koska routivuuskokeet tehdään laboratoriossa tai koekohteessa. Eli mursketuottaja ei yleensä osallistu standardien tai laatuluokitusten tekemiseen, vaan ainoastaan valmistaa toivotun tuotteen.

Tierakentamisen kokonaisuudessa biohiiltä on tällä hetkellä helpointa käyttää vesiensuodatukseen ja viherrakentamiseen. Hulevesien suodatus on tiekohteissa korkean lisäarvon käyttötapa. Kuitenkin itse katujen valtaamalla pinta-alalla on niin suuri biohiilen sijoituspotentiaali, että sille toimivan lisäystavan etsintää kannattaa hiilensidonnan kannalta edistää. Lisäksi biohiili voi murskeessa vaikuttaa osaltaan myös hulevesien suodatukseen, mutta tästä on vielä vähän tietoa. Hulevesipainanteissa ollaan Helsingissä suunnittelemassa koeohdetta, joka liittyy katualueelta tulevan mikromuovin ja muiden haitta-aineiden sidontaan (tarkemmin Helsingin biohiilikohteiden seuranta -raportti, ei julkinen).



Kuva 3 Biohiilen käyttö katurakenteen murskekerroksessa etenemisvisio. Vaiheet 1 ja 2 on jo toteutettu kevyellä tasolla, jolloin on mahdollista ruveta selvittämään seuraavaksi suunnittelukuvien tekoa.

Seuraavan sivun taulukossa on esitelty kaikki muut liikenneväylät eriteltynä pinta-alan mukaan. Näissä on sama lisäystapa kuin puistokäytävissä, eli murskeen sekaan lisätty biohiili. Oletuksena on, ettei tasaista biohiilikerrosta murskeen alla voida soveltaa suuren kulutuksen tiekohteissa (ks. Tapa 2 taulukossa biohiilen käyttökohde: puistokäytävät).

Liikenneväylät tarkoittavat ajoväyliä ja niiden yhteydessä rakennettavia kevyen liikenteen väyliä, joilla on samat pohjatyt. Liikenneväylillä potentiaalinen biohiilelle vuosittain soveltuva pinta-ala perustuu liikenneväyliä viemään pinta-alaan ja siihen, että teiden keskimääräinen uusimistahti pohjatöitä myöten oletetaan olevan keskimäärin 20 vuoden välein. Jotkut kohteista uusitaan paljon useammin, jotkut paljon harvemmin. Myös pääpyöräteillä on samat pohjatyt kuin ajoväylillä. Kaikkeen tien pohjarakentamiseen, jossa on hienoaainesta voidaan lisätä biohiiltä.

Biohiilen käyttökohde: liikenneväylät

Alueen määrä	Ajoradat 1026 ha	Erotusalueet 72 ha	Kevyenliikenteen väylät 969 ha
	Raitiotiet 35 ha	Muut ajoradat 51 ha	Yhteensä 2 153 ha
Lisäysintensiteetti*	Sama kuin puistokäytävillä: 24 t/ha Erotusalueilla lisäyskerroin on suurempi, koska katupuut sijaitsevat tässä alueessa, ja niitä varten maata vaihdetaan runsaammin. Jos kantava kasvualusta on jo kasvualustoissa, ei tätä saa ottaa tällaisenaan mukaan, koska kantavan kasvualustan lisäysmäärä tulee tuplaskentana.		
Lisäystavat	Murskeen hienoaineksen (<0,063 mm kiviaines) kanssa tai tilalla. Murskeen-tuottajalta ostetaan biohiililisätty tuote.		
Lainsäädännölliset rajoitteet	Ei hyväksytty rakennusmateriaalina, mutta voi olla lisättävissä, mikäli saadaan sellainen lisäystapa, joka ei vaikuta rakenteen lujuteen.		
Taloudelliset rajoitteet	Ei kustannustietoa ehdotetulle lisäystavalle.		
Tekniset rajoitteet	Toimivin lisäystapa ei ole tiedossa. Vaikutus maanalaiseen infraan tuntematon. Kaupungin oma työohje puuttuu.		
Biohiilen käyttötavan kypsyys	Ei vielä koekohteita, riippuu puistokäytäväkohteiden onnistumisesta. Tutkimuksia routivuudesta on tehty.		
Suositus lyhyellä aikavälillä, 5 vuotta	Yleistetään kustannustehokkaimman lisäystavan käyttö ja tehdään työohje ja lisäystahti suunnitelma tai tavoite.		
Suositus pitkällä aikavälillä, 15 vuotta	Tehdään pitkän aikavälin seuranta erityyppisissä kohteissa. Raportoidaan kokemukset julkisesti.		

Paikkatietolähteet liitteessä 6. Lisäysintensiteetti perustelut liitteessä 4.

*Lisäysintensiteetti tarkoittaa painossa mitatuissa kohteissa prosenttia painosta ja pinta-alla mitatuissa kohteissa lisäystä hehtaarikohtaisesti.

4. Biohiilen käyttö tulevaisuudessa

Tässä kappaleessa käsitellään kohteita, joiden hyödyntäminen on tuotteiden vahvan standardinalaisuuden vuoksi vielä haastavaa. Biohiilibetonin ja -asfaltin kehitys tapahtuu tutkimuslaitoksissa ja koekohteiden kautta. Helsingin kaupunki voi viestiä olevansa kiinnostunut tuotteiden käyttämisestä esimerkiksi, kun ne saavuttavat tarpeeksi alhaisen hinnan ja tarpeeksi korkean hiilensidonnan. Kaupunki voi myös tarjota kohteita näiden tuotteiden kokeilemiseksi, ja näin edistää tuotekehitystä omilla maillaan.

4.1 Asfaltin sideaine bitumi

Biohiilen käyttö asfaltissa on suositeltavaa, koska asfalttirakentaminen on päästöintensiivistä ja biohiililisäys vähentäisi sen päästöjä. Asfaltin päästöjen vähentämiseksi rakentamisessa on eri keinoja, joista yksi on biohiilien lisääminen bitumin sekaan. Kirjoitushetkellä tätä biohiilen käyttötapaa kehitetään maailmalla rakennetun ympäristön päästöjen vähentämiseksi, mutta laajaa käyttöä ei vielä ole.

Biohiilen käyttökohde: bitumi

Alueen määrä	Vuosittain bitumia käytetään Helsingin kaupungin rakentamissa pihossa ja huoltamissa teissä 7533 tonnia.
Lisäysintensiiteetti*	5-10 paino-%
Lisäystavat	Kun asfalttivalmistaja tarjoaa biohiiliasfalttia, se vaihdetaan nykyisin käytetyn asfalttilaadun tilalle, eivätkä rakentajan työvaiheet luultavasti muutu.
Lainsäädännölliset rajoitteet	Biohiiltä ei olla luokiteltu rakennusmateriaaliksi.
Taloudelliset rajoitteet	Kustannustietoa ei ole, tuotetta ei ole markkinoilla.
Tekniset rajoitteet	Tuote on tutkittu ja todettu toimivaksi, mutta koekohteita ei ole.
Biohiilen käyttötavan kypsyy	Käytetty laboratoriossa koeasetelmissa, ei käytännön kokemuksia. Kustannuksia vaikea arvioida, riippuu tuotekehittelyn onnistumisesta ja tuotteen kysynnästä.
Suositus lyhyellä aikavälillä, 5 vuotta	Tarkastellaan asfaltin päästöjen vähentämisen tapoja. Kysytään asfaltin tuottajilta näkemyksiä biohiilen käytölle asfaltissa. Sitoudutaan biohiiliasfaltin kysynnän vahvistamiseen, jos tuote arvioidaan kustannustehokkaimmaksi tavaksi vähentää rakennusmateriaalien päästöjä.
Suositus pitkällä aikavälillä, 15 vuotta	Käytetään kustannustehokkainta tapaa vähentää tierakentamisen päästöjä.

Paikkatietolähteet liitteessä 6. Lisäysintensiiteetti perustelut liitteessä 4.

*Lisäysintensiiteetti tarkoittaa painossa mitatuissa kohteissa prosenttia painosta ja pinta-alassa mitatuissa kohteissa lisäystä hehtaarikohtaisesti.

4.2 Betonin sideaine sementti

Betonirakentaminen on päästöintensiivistä, kattaen noin kaksi prosenttia Suomen kokonaispäästöistä. Vähäpäästöisempien betonien käytölle on suuri tarve, jotta rakennetun ympäristön rakentamisen päästöjä saadaan laskettua. Betonin sideaineen sementin korvaaminen osittain biohiilillä vähentäisi betonin hiilijalanjälkeä. Vuonna 2025 olemme tilanteessa, jossa biohiilibetonia tutkitaan useissa tutkimuskeskuksissa, mutta yhtään täyden hyödyntämisen koekohdetta ei ole tehty. Biohiilien optimaalisista määristä ja laaduista betonin seassa tarvitaan lisää kehitystyötä.

Biohiilen käyttökohde: sementti

Alueen määrä	Sementtiä käytetään Helsingin kaupungin asunto- ja palvelurakentamisessa sekä raiderakentamisessa vuosittain arviolta yhteensä 25 371 tonnia.
Lisäysintensiiteetti*	5-20 paino-%
Lisäystavat	Laajassa käytössä betonivalmistaja tarjoaa biohiilibetonituotteita, eikä biohiiltä sekoiteta sideaineeseen työmaalla. Aloitetaan kokeilu matalan riskin kohteista, kuten pihalaatat, betonijalustat ja meluvallit.
Lainsäädännölliset rajoitteet	Biohiiltä ei olla luokiteltu rakennusmateriaaliksi.
Taloudelliset rajoitteet	Kustannustietoa ei ole, tuotetta ei ole markkinoilla.
Tekniset rajoitteet	Tuote on tutkittu ja todettu toimivaksi, mutta koekohteita ei ole. Rakennukset ovat korkean riskin kohteita.
Biohiilen käyttötavan kypsyys	Käytetty laboratoriossa koeasetelmissa, ei käytännön kokemuksia. Kustannuksia vaikea arvioida, riippuu tuotekehittelyn onnistumisesta ja tuotteen kysynnästä.
Suositus lyhyellä aikavälillä, 5 vuotta	Tarkastellaan betonirakentamisen päästöjen vähentämisen tapoja. Kysytään betonituottajilta näkemystä biohiilen käytön mahdollisuuksista sementissä. Sitoudutaan biohiilibetonin kysynnän vahvistamiseen, jos tuote arvioidaan kustannustehokkaimmaksi tavaksi vähentää rakennusmateriaalien päästöjä. Matalan riskin koekohteita voidaan perustaa.
Suositus pitkällä aikavälillä, 15 vuotta	Käytetään kustannustehokkainta vähähiilistä betonia kaupungin rakentamisessa.

Paikkatietolähteet liitteessä 6. Lisäysintensiiteetti perustelut liitteessä 4.

*Lisäysintensiiteetti tarkoittaa painossa mitatuissa kohteissa prosenttia painosta ja pinta-alassa mitatuissa kohteissa lisäystä hehtaarikohtaisesti.

5. Aikatauluarvion oletukset

Nämä aikatauluoletukset ovat **Biohiilen realistinen maksimipotentiaali Helsingin omistamilla alueilla** -skenaariolle. Biohiilen käyttö lasketaan 15 vuoden ajalle, koska Helsingin kaupungin nettonollatavoite on asetettu vuodelle 2040. Siihen mennessä on olennaista, että biohiilen käyttö on vakiintunutta ja markkinat kehittyneet, mitä Helsingin kaupungin laaja biohiilen käyttö edistää. Käytännössä 15 vuoden aikahorisontin voi ajatella esimerkkinä siitä, kuinka paljon biohiiltä voi olla mahdollista sijoittaa 15 vuoden aikana Helsingin kaupungin alueilla.

Biohiilen käyttö 15 vuoden ajanjaksolla ei jakaudu tasaisesti kahdesta syystä: 1. Biohiiltä ei voida käyttää heti ensimmäisenä vuonna mihinkään kohteeseen täydellä potentiaalilla käyttöohjeiden tai lisäselvitysten puuttuessa. 2. Pinta-alaltaan selkeästi rajatut kohteet, eli pellot, niityt ja nurmikot saavat tämän selvityksen mukaan vain yhden biohiililisäyksen. Näin ollen, kun kaikelle näille pinta-aloille on lisätty biohiiltä käytettyjen kertoimien mukaan, on niiden biohiilenlisäyspotentiaali käytetty.

Huomionarvoista on myös se, että biohiilen lisäämisen aikataulu sijoitetaan nyt 15 vuoden ajalle, eli vuosille 2026–2040, jos skenaariota lähdetäisiin toteuttamaan vuonna 2026. Tällä skenaariolla voi siis ajatella mitä tahansa vuotta aloitusvuodeksi ja asettaa kohteet siitä 15 vuotta eteenpäin (tällöin tosin erityisesti stabilointikohteiden määrä saattaa olla muuttunut). Lisäksi skenaariota voitaisiin jatkaa korkealla lisäyspotentiaalilla vielä ainakin seitsemän vuotta, jonka jälkeen laskennallisesti kaikkien liikenneväylien pohjatyöt on uusittu. Tämän jälkeen lisäyskohteita voi olla vielä ainakin stabilointikohteissa ja kasvualustoissa.

Tässä lisäysskenaariossa oletetaan aikataulullisesti:

- Helsingin kaupunki alkaa edistää biohiilen käyttöä kaikilla lisäysalueilla heti.
- *Kasvualustoilla* etsitään ensimmäisen vuoden aikana parasta lisäystapaa ja määrää ja erityyppisille kohteille tehdään työohjeet. Tällöin ensimmäisen vuoden lisäysmäärä on kymmenen prosenttia kokonaispotentiaalista ja tämän jälkeen kasvualustalle 100 %.
- *Niityillä ja nurmikoilla* potentiaali jaetaan tasaisesti ensimmäiselle kymmenelle vuodelle kuvastamaan sitä, että biohiililisäys pyritään tekemään muun hoidon yhteydessä, mutta että alue on rajallinen ja sen pinta-ala on jossain kohtaa hyödynnetty biohiililisäykselle. Ensimmäisenä lisäysvuonna harjoitellaan parasta lisäystapaa, mutta kymmenen prosentin osuus kokonaispotentiaalista onnistutaan silti lisäämään.
- *Pelloilla* suunnitellaan ensimmäisenä vuonna biohiilen lisäysmäärät yksityiskohtaisesti eri pelloille, jolloin lisäystä ei tehdä ollenkaan, tai koealat ovat niin pieniä, ettei niitä lasketa. Tämän jälkeen vuosittain lisätään 20 %, kunnes koko alalle on lisätty biohiiltä.
- *Murskekohteissa* ensimmäiset seurantakohteet tehdään ensimmäisenä vuonna puistokäytävillä, jotka kattavat viisi prosenttia niiden vuosittaisesta potentiaalista. Näitä seurataan kaksi seuraavaa vuotta, ja neljännestä vuodesta eteenpäin lisätään 100 prosentin vuosittainen potentiaali kaikille murskekohteille.
- *Stabilointikohteissa* toimitaan siten, että jokaisena vuonna stabilointimäärä on sama (kokonaisuus/15) paremman tiedon puuttuessa. Ensimmäisenä vuonna biohiiltä

koekohteissa käytetään viisi prosenttia vuosittaisesta potentiaalista. Näitä seurataan 2 vuotta, jonka jälkeen lisätään 100 % vuosittaisesta potentiaalista.

- *Asfaltti- ja betonikohteissa* tuotekehittely on valmis viidessä vuodessa ja tämän jälkeen tuotteita aletaan käyttää ensin ei-kantavissa kohteissa 50 %, sitten 100 %, ja kantavissa kohteissa joka vuosi kymmenen prosenttia kasvaen, kunnes käytetään 100 % vuosittaisesta potentiaalista. Mahdollisia koekohteita tuotekehittelyn aikana ei lasketa, koska niiden volyymi on pieni.

Kaikki nämä rajoitteet ovat todellisuudessa tuntemattomia. Ei ole selvää, olisiko tuotekehittely biohiililisätyille betoni- ja asfalttituotteille valmis viidessä vuodessa. Ei tiedetä myöskään, voisiko kaikki pinta-alapohjaiset kasvullisen maaperän kohteet lisätä samana vuonna, vai tulisiko ne hajauttaa vielä useammalle vuodelle, kuin tässä on oletettu. Ei ole myöskään varmaa, riittääkö kolmen vuoden seuranta murskekohteissa siihen, että biohiiltä voidaan soveltaa kaupungin kaikkien liikenneväylien alla.

6. Laskentamenetelmät ja biohiilen paino

Laskentamenetelmät

Biohiilen potentiaalin laskentaa on tehty kaupungin eri alueille tässä kappaleessa esitellyn menetelmän mukaisesti 15 vuoden ajalle, vuoteen 2040 asti. Biohiilen lisäysmäärät on laskettu materiaalin painon tai paikkatiedon mukaan. Kunkin kohteen lisäysmäärät perustuvat kertoimiin, jotka perustuvat kirjallisuuteen tai itse laskettuihin arvioihin (taulukko 4). Lisäksi on erikseen arvioitu kunkin kohteen aikataulua perustuen sen kypsytyteen (kypsyys kootusti tulokset kappaleessa 9.2).

Laskentakaava biohiilen lisäämiselle massojenkäyttöperusteisissa kohteissa eli tie- ja talorakentamisen sekä kasvualustakäytön kohdalla on seuraava:

*Biohiilen lisäystahti kohteessa painoprosentteina * kohteen vuosittainen rakentaminen painossa*

= biohiilen vuosittainen käyttömäärä tietyssä kohteessa

Laskentakaava biohiilen lisäämiselle pinta-alaltaan rajatuissa kohteissa eli pelloissa, niityissä ja nurmikoissa on seuraava. Kohteen määrän voi kertoa myös prosenttikertoimilla, jos halutaan vuosien (15) sijaan.

*Biohiilen lisäystahti kohteessa * kohteen määrä/15*

= biohiilen vuosittainen käyttömäärä tietyssä kohteessa, kun biohiili laitetaan tasaisesti 15 vuoden aikana

Hiilipitoisuutta laskettaessa kerrotaan biohiilen hiilensidonta luvulla 2,8–3,2 väliltä, jotta saadaan korkealaatuisen puubiohiilen hiilensidonta. Näissä kertoimissa huomioidaan hiilidioksidin ja hiilen suhde 3,67 ja biohiilen hiilipitoisuus 80–90 prosenttia. Näistä kertoimista on myös vähennetty tuotannon päästöt.

Miksi biohiilen paino on olennaista?

Biohiilen painon vaihtelu vaikuttaa biohiileen sitoutuneen hiilen määrään. Biohiilen painaessa 300 kg/m^3 , se sitoo noin 900 kg CO_2 , kun taas tilavuuspainon ollessa 100 kg/m^3 sitoo noin 300 kg CO_2 , kun puhutaan puupohjaisesta biohiilestä. Painon vaihtelua selittää biohiilen huokosrakenne; mitä enemmän huokosia, sitä kevyempää biohiiltä. Riippuen siis siitä, mitä biohiililisyksellä tavoitellaan, voidaan valita biohiiliä eri ominaisuuksilla. Yksinkertaistetusti kevyt biohiili on laadukkaampaa ja sitä halutaan käyttää vesiensuodatus- tai kasvillisuuskohteissa. Kaikkiin kohteisiin ei silti tarvita parasta laatua. Biohiililaatujen tarkastelu on erillinen työnsä ja sitä voi lähestyä etsimällä tai pyytämällä Suomen biohiilituottajilta tuotekuvaukset heidän valmistamistaan biohiilistä.

Miten painon vaihtelu vaikuttaa kohteissa?

Painon muuttaminen vaikuttaa biohiilen viemään tilavuuteen, mikä puolestaan vaikuttaa lisäyskohteen rakenteeseen. Esimerkiksi pelloissa 20 t/ha biohiilen lisäysmäärä on 300 kg/m³ painoisella biohiilellä tilavuudessa 66,7 m³/ha ja 100 kg/m³ painoisella biohiilellä 200 m³/ha. Molempia on mahdollista levittää peltoon, mutta työn tekeminen muuttuu ja on suunniteltava sen mukaan, minkä verran tilavuudessa biohiiltä käytetään.

Tässä laskennassa ei oteta kantaa biohiilen painoon muuta kuin kasvualustoissa ja murskeessa. Murskeessa käytetään painoa 300 kg/m³, koska siinä ei tarvita niin huokoista, korkealaatuista biohiiltä. Kasvualustoissa käytetään 100 kg/m³ painoista biohiiltä, joka on erittäin huokoista ja tarjoaa kasvualustassa pinta-alaa, johon kiinnittyy juuristomikrobistolle, vedelle ja ravinteille. Kerrointen laskutapa on taulukossa 4.

Taulukko 4: Kertoimet eri biohiilen painolla auki selitettynä

	300 kg/m ³	200 kg/m ³	100 kg/m ³
<p>Kasvualustat:</p> <p>Biohiiltä 20 % kasvualustan tilavuudesta. Kasvualusta painaa 1t/m³</p>	<p>Biohiiltä 0,2 m³ × 0,3 t/m³ = 0,06 t.</p> <p>Kasvualustaa 0,8 m³ × 1 t/m³ = 0,80 t.</p> <p>Biohiilikasvualusta painaa yhteensä = 0,86 t/m³</p> <p>Biohiilen osuus on 0.06/0.86 = 0,0698 ≈ 7 %</p> <p>0.0698 kerroin</p>	<p>Biohiiltä 0,2 m³ × 0,2 t/m³ = 0,04 t.</p> <p>Kasvualustaa 0,8 m³ × 1 t/m³ = 0,80 t.</p> <p>Biohiilikasvualusta painaa yhteensä = 0,84 t/m³</p> <p>Biohiilen osuus on 0.04/0.84 = 0,0476 ≈ 5 %</p> <p>0.0476 kerroin</p>	<p>Biohiiltä 0,2 m³ × 0,1 t/m³ = 0,02 t.</p> <p>Kasvualustaa 0,8 m³ × 1 t/m³ = 0,80 t.</p> <p>Biohiilikasvualusta painaa yhteensä = 0,82 t/m³</p> <p>Biohiilen osuus on 0.02/0.82 = 0,0244 ≈ 2,5 %</p> <p>0.0244 kerroin</p>
<p>Murske:</p> <p>Biohiiltä lisätään kiven hienoaineen ominaisuuksien mukaan 2 paino %. Murske on 0,7 m paksuinen ja painaa 1,5 t/m³. Kiinteä kiviaines painaa 2,65 t/m³, jota käytetään hienoaineen painona.</p>	<p>Painossa 2 % on: 0,02 t × 1,5 t/m³ = 0,03 t</p> <p>Tilavuus: 0,03 t / 2,65 t/m³ = 0,0113 m³</p> <p>Kun sama tilavuus korvataan biohiilellä: 0,0113 * 0,3 ≈ 0,0034 t/m³</p> <p>Neliökohtainen määrä: 0,7 m * 0,0034 t/m³ = 0,0024 t/m² eli</p> <p>24t/ha</p>	<p>Painossa 2 % on: 0,02 t × 1,5 t/m³ = 0,03 t</p> <p>Tilavuus: 0,03 t / 2,65 t/m³ = 0,0113 m³</p> <p>Kun sama tilavuus korvataan biohiilellä: 0,0113 * 0,2 ≈ 0,00226 t/m³</p> <p>Neliökohtainen määrä: 0,7 m * 0,00226 t/m³ = 0,001582 t/m² eli</p> <p>16t/ha</p>	<p>Painossa 2 % on: 0,02 t × 1,5 t/m³ = 0,03 t</p> <p>Tilavuus: 0,03 t / 2,65 t/m³ = 0,0113 m³</p> <p>Kun sama tilavuus korvataan biohiilellä: 0,0113 * 0,1 ≈ 0,00113 t/m³</p> <p>Neliökohtainen määrä: 0,7 m * 0,00113 t/m³ = 0,000791 t/m² eli</p> <p>8t/ha</p>

7. Biohiilen monikäyttö ja kierrätys

Kierrätys

Uusimman puro.earth -metodologian mukaan biohiili tulee sijoittaa kohteeseen, josta sitä ei voi poistaa tai polttaa vähintään 200 vuoden aikana ([Puro Biochar Methodology, 2025](#)). Tällöin kierrätettävyyden tulee suunnitella siten, että biohiililäisätyt maamassat pitää uudelleensijoittaa, jos niitä täytyy siirtää. Oletus on, että biohiilikohteet eivät pilaannu ja maamassat voidaan uudelleensijoittaa, jos aluetta rakennetaan uudelleen tai korjataan siten, että maamassoja halutaan vaihtaa. Kierrätyksen ja loppusijoituksen tulee olla järjestelmällisesti ja läpinäkyvästi kirjattu, jos biohiilimaamassoja siirretään

Monikäyttö vesisuodatuksessa

Jos biohiili käy läpi useita kohteita, se lasketaan hiilensidontaan vain, jos se loppusijoitetaan. Vesikohteissa biohiili voi suodattaa hulevesiä ojissa vaihdettavina pusseina tai maaperässä erotusalueilla. Näissä kohteissa maa tai suodatinpussit on suositeltu vaihdettavaksi 3–10 vuoden välein riippuen tuotteesta. Vedensuodatuksen jälkeen biohiilessä on mahdollisesti PAH-yhdisteitä, raskasmetalleja tai mikromuovia, jolloin se täytyy puhdistaa huuhtelemalla tai kuumentamalla uudelleen ennen kuin sitä voi uudelleen käyttää maaperä- tai vesisuodatuskohteissa. Tienpohjaan sijoittaminen vesisuodatuskäytön jälkeen käsittelemättömänä lienee myös mahdollista, mutta tässä täytyy arvioida kannattaako korkealaatuinen biohiili sijoittaa tienpohjaan, jossa siitä ei ole muuta kuin hiilensidonnan hyötyä.

Hulevesien suodatuksessa tehokkaimmin toimii pajubiohiili, mutta myös muista puulajeista tehty biohiili toimii. Pajubiohiili voi olla kalliimpaa, jolloin sen puhdistaminen uudelleen vedensuodatuskäyttöön voi olla suositeltavaa, kun taas puubiohiili voi olla hyvin hyödynnetty yhdellä vesisuodatuskierroksella ja sen sijoittaminen maaperään voi olla kustannustehokasta. Kustannustehokas vaihtoehto voi myös olla muun suodattavan materiaalin, kuten hakkeen lisääminen biohiilisuodattimen päälle, ja vaihtaa vain hake. (UUMA5-hankkeen meneillään oleva selvitys)

Monikäyttö eläinten rehussa

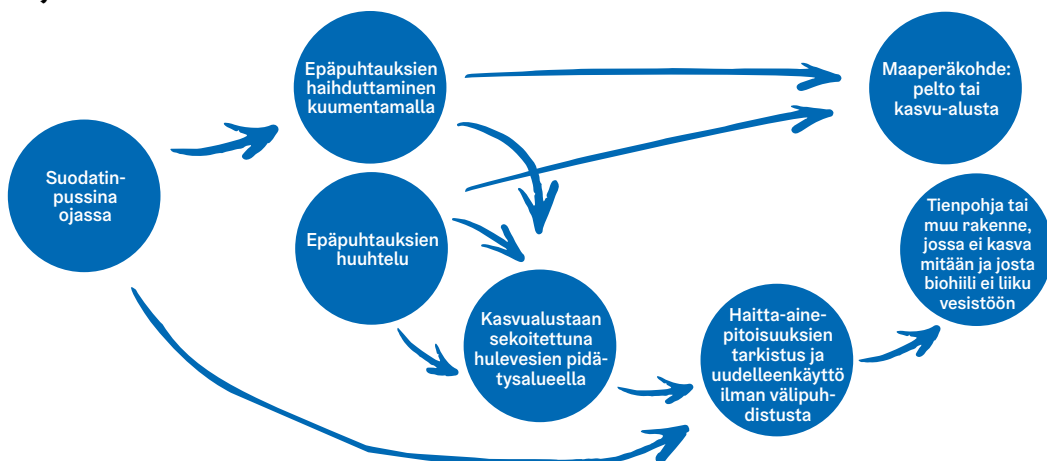
Biohiiltä on tutkittu myös eläinten ruokavalion osana. Tällöin se sekoitetaan eläinten rehuun ja loppusijoitetaan lannan mukana peltoon. Biohiiliruokinnalla on todettu useita hyötyjä, kuten ravinnon parempi imeytyminen oikealla lisäysmäärällä. Se sopii ainakin naudan, sian, lampaan ja siipikarjan ruokavalioon. Annokset esim. lampaat 10g per kg ja lehmillä päivittäin 200-400 g per lehmä. Eläinten ruokintaan käytettävälle biohiilille on myös oma EBC-feed sertifiointi.

Helsingissä biohiilen lisääminen eläinten rehuun voisi olla tutkimuksellisesti kiinnostavaa, ja toimia esimerkkinä muualla Suomessa. Helsingissä ei kuitenkaan luultavasti ole niin paljon laiduneläimiä, että eläinten rehuun lisääminen olisi kustannustehokas tapa ladata biohiiltä.

Ensimmäinen käyttökohde

Väliprosessi

Loppusijoitus



Kuva 4 Esimerkkikaavio siitä kuinka biohiili käytetään kahdesti tai kolmesti loppusijoitukseen mennessä

8. Tulokset

Yhteensä biohiiltä voidaan tämän maksimipotentiaaliskenaarion mukaan lisätä 15 vuoden aikana 100 084 tonnia. Kasvullisen maaperän kohteet kattavat tästä 28 prosenttia eli 28 229 tonnia 15 vuodessa. Tienpohjakohteet kattavat 36 prosentin osuuden eli 36 200 tonnia 15 vuodessa ja stabilointikohteet 19 prosentin osuuden 18 561 tonnilla 15 vuodessa. Betonikohteet kattavat 10 prosentin osuuden 10 403 tonnilla ja asfalttikohteet kahdeksan prosentin osuuden 7910 tonnilla 15 vuodessa. Keskimääräinen vuosittainen lisäys taas on skenaarion mukaan 6672 tonnia biohiiltä vuodessa. Hiilidioksidissa tämä vastaa 20 017 t CO₂e.

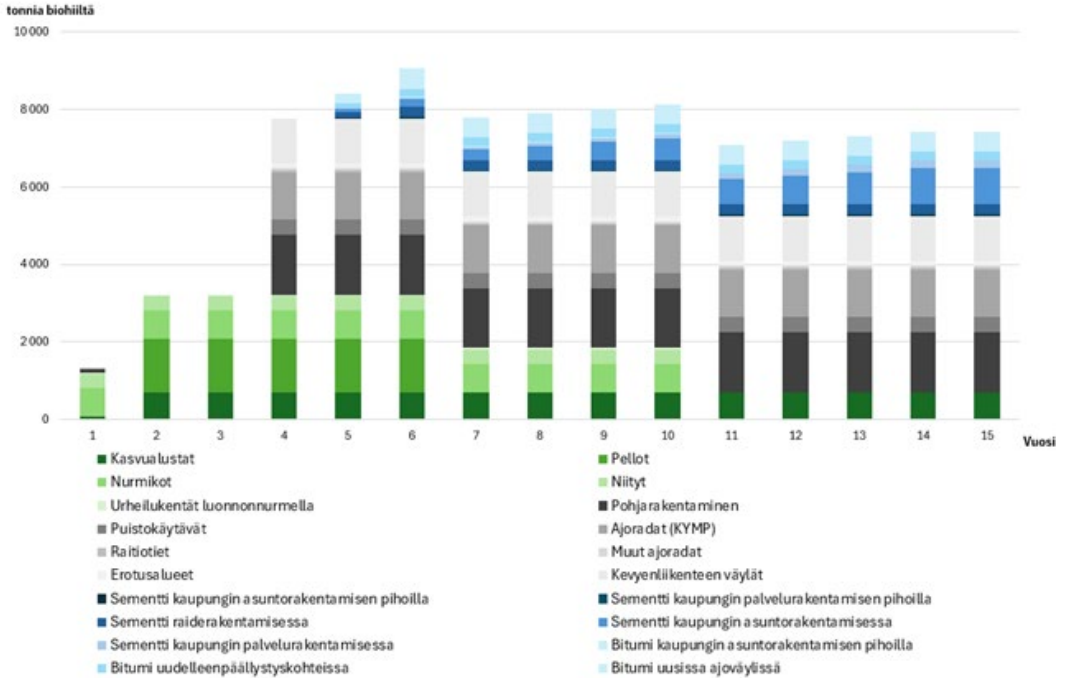
Helsingin suorien päästöjen päästövähennystavoite on vuonna 2030 527 kt CO₂e, jolloin biohiilen sitoma hiili kattaisi siitä 2,7 prosentin osuuden. Tämä osuus on keskimääräinen vuosittainen biohiilen loppusijoitettu määrä, 14,4 kt CO₂e, ja se perustuu ensimmäisten viiden biohiilen hyödyntämivuoden keskiarvoon. Tällöin kaikkia biohiilikohteita ei vielä hyödynnetä täysimääräisesti. Mikäli tarkastellaan vain kasvullisen maaperän kohteiden vuosittaista keskiarvoa, on osuus vuoden 2030 päästöarviosta 1,6 prosenttia eli 8,5 kt CO₂e. Skenaarion seuraavat 10 vuotta eli vuodet 2031–2040, jos skenaarion ensimmäinen vuosi on 2026, sitovat hiiltä verrattuna vuoden 2030 päästötasoon keskimäärin 4,4 prosenttia. Koko 15 vuoden skenaarion keskiarvo on 3,8 prosenttia verrattuna vuoden 2030 päästöihin.

8.1 Biohiilen käyttöpotentiaali

Kuvaajassa 1 näkyvässä skenaariossa: Biohiilen realistinen maksimipotentiaali Helsingin omistamilla alueilla, suurimman potentiaalin vuodet osuvat vuosille 5–6, koska tällöin kasvullisen maaperän kohteita, joilla on rajalliset lisäysalueet, sovelletaan vielä biohiililisäykselle, ja samalla stabilointi-, liikenneväylä-, bitumi- ja sementtikohteet tulevat mahdollisiksi. Nämä suurimman lisäyksen vuodet ovat siis riippuvaisia siitä, mille vuosille mikäkin kohde halutaan sijoittaa. Rajoitteena on kuitenkin toisten kohteiden pidempi valmisteluprosessi ennen mahdollista hyödyntämistä, jota tässä skenaariossa tuodaan esille: kaikkiin kohteisiin lisätään biohiiltä heti, kun sen oletetaan olevan mahdollista ja kasvullisen maaperän kohteet ovat tässä järjestyksessä ensimmäisiä. Kasvullisen maaperän kohteista kuitenkin vain pelto on asetettu kokonaan lisättäväksi viidessä vuodessa (vuodet 2–6), koska kyseessä on alue, jota muokataan jatkuvasti, ja biohiilen lisäämisessä ei tarvitse yleensä odottaa muuta hoitotoimenpidettä. Osa pelloista on monivuotisessa nurmipeitteessä, jolloin muokkausväli on pidempi.

Nurmikot ja niityt taas ovat kohteita, joissa hoito on harvempaa kuin pelloissa, mutta joissa pinta-ala rajoittaa kohteen hyödyntämistä. Se pinta-ala, jolla nurmikoita tyypillisesti hoidetaan vuosittain maata muokkaamalla, on tuntematon, jolloin lisäystähti on vain asetettu tasolle kymmenen prosenttia vuodessa kokonaispotentiaalista. Toisaalta kasvualusta on kohteena sellainen, että sitä käytetään vuosittain vaihteleva määrä riippuen rakentamisen määrästä. Kasvualustan kulutus ei samalla tavalla lopu, kuin pinta-ala rajoitettujen kohteiden pinta-ala.

Biohiilen realistinen maksimipotentiaali Helsingin omistamilla alueilla

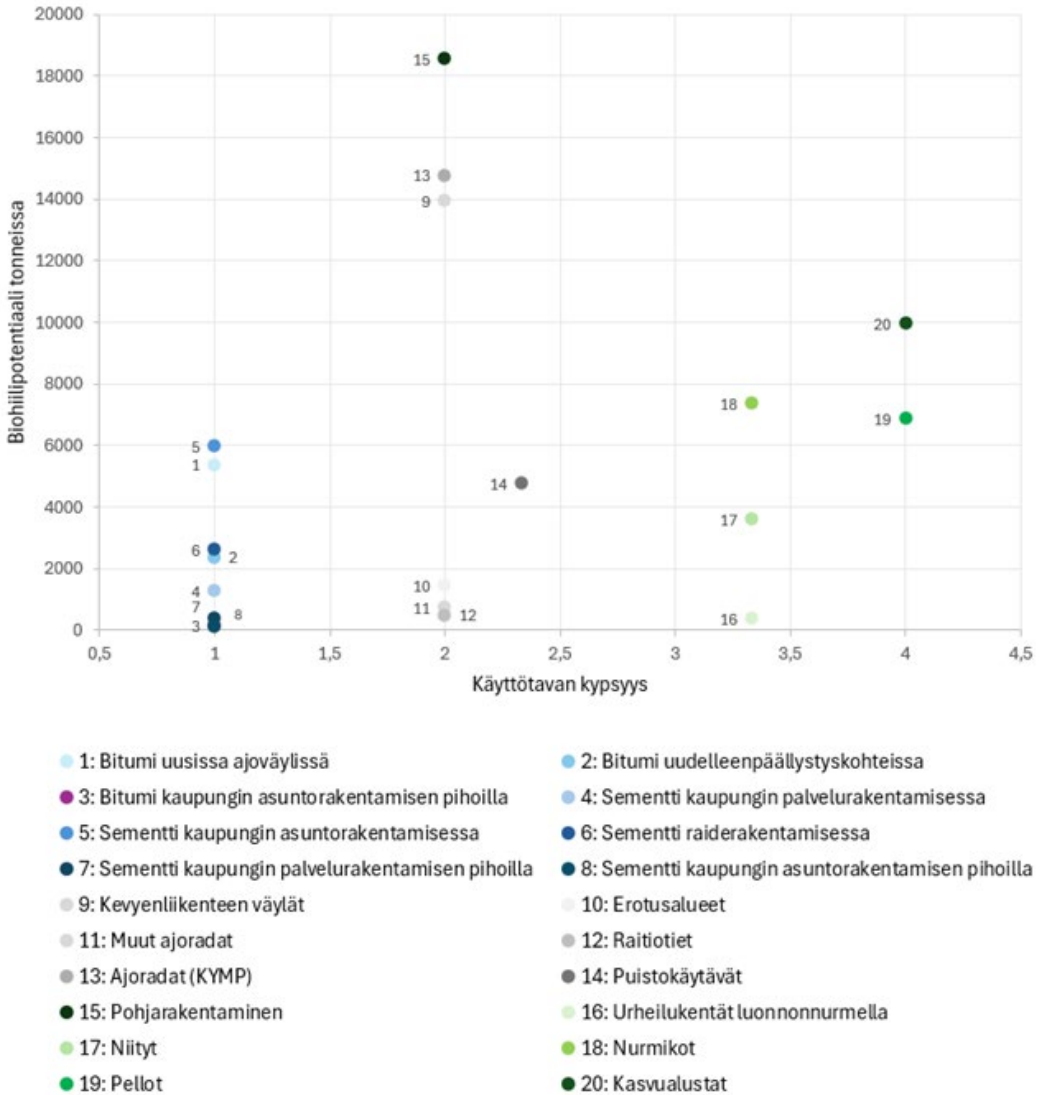


Kuvaaja 1: Biohiilen käyttöpotentiaalin skenaario eriteltynä kohteittain. Vihreän sävyt kuvaavat kasvullisia maaperäkohteita, lähes musta väri kuvaa stabilointikohteita, harmaan sävyt kuvaavat liikenneväylien alla olevaa mursketta ja sinisen sävyt kuvaavat bitumi- ja asfalttikohteita.

8.2 Biohiilen eri loppusijoituskohteiden suositeltavuus

Tässä kappaleessa esitellään biohiilen käyttökohteet verraten niitä toisiinsa. Eri biohiilikohteet on järjestetty sen mukaan, kuinka suositeltavia ne ovat verrattuna muihin kohteisiin. Suositeltavuuteen vaikuttavat sekä potentiaalin koko että käyttötavan kypsyys. Käyttötavan kypsyys arvioi kunkin kohteen taloudellista, laillista ja teknologista kypsyystä suhteessa muihin kohteisiin.

Biohiilikohteiden suositeltavuus kypsyyden ja käyttöpotentiaalin mukaan skenaariossa: Biohiilen realistinen maksimaalinen käyttöpotentiaali Helsingin omistamilla alueilla



Kuvaaja 2: Biohiilen käyttökohteet asetettuna käyttöpotentiaalin ja käyttötavan kypsyyden mukaan. Kypsyyden koostuu taloudellisen houkuttelevuuden, teknisen kypsyyden ja laillisen kypsyyden arvioiden keskiarvoon, jossa paras arvo suhteessa muihin kohteisiin on 4 ja heikoin suhteessa muihin kohteisiin on 1. Biohiilipotentialiaali perustuu kuvaajassa 1 esiteltyyn skenaarioon.

Kuvaajassa 2 vihreän sävyillä merkityt kohteet ovat kasvullisen maaperän kohteita, jotka sijoittuvat oikeaan reunaan, eli käyttötavaltaan kypsimpiin biohiilen loppusijoituskohteisiin. Potentialiltaan suurin näistä on kasvualustat, toiseksi suurin nurmikot, sitten pellot, sitten niityt ja pienimpänä urheilunurmet. Harmaan sävyillä merkityt kohteet ovat tien alla olevan

murskeen kohteet, joissa selvästi suurimpia ovat ajoväylät ja kevyenliikenteenväylät. Lähes musta piste edustaa stabilointikohteita, jotka ovat potentiaaaliltaan kaikista suurimpia yksittäisiä kohteita. On kuitenkin huomioitava, että jos biohiiltä käytetään murskeeseen, tulee sitä sekä ajoväylille että kevyenliikenteenväylille, jolloin lisäämistapana biohiili murskeen seassa on suurin kohde. Sinisen sävyt edustavat betoni- ja sementtikohteita, ja näissä suurimman potentiaalin kohteita ovat sementti kaupungin asuntorakentamisessa ja bitumi uusissa ajoväylissä.

Kypsimmät käyttötavat ovat kasvullisen maaperän kohteet, eli kasvualustat (kuvaajassa piste 20), nurmikot (18), pellot (19) ja niityt (17). Toisaalta suurimman käyttöpotentiaalin kohteet ovat pohjarakentaminen (15), ajoradat (13), kevyenliikenteen väylät (9) ja kasvualustat (20). Tällaisen arvioinnin pohjalta suositeltavinta olisi hyödyntää kasvualustoja biohiililisäykselle ja toiseksi suositeltavinta liikenneväylien mursketta, stabilointia ja nurmikko ja peltoalueita. Huonoimman kypsyysluokituksen saaneista kohteista asuntorakentamisen sementti (5) on potentiaaaliltaan suurin.

Kypsyysluokitukset on tehty taulukossa 5 näkyvin perustein, jossa tarkastellaan käyttötavan kypsyyttä suhteessa muihin kohteisiin. Taloudellisen kypsyuden luokka perustuu sekä lisäyuskustannusarvioon, joka on tehty yksittäisistä kohteista sekä mahdollisiin tai tunnettuihin ulkoisvaikutuksiin.

Taulukko 5: kypsyysluokat, joiden keskiarvo on kunkin kohteen kypsyysluokitus

Laillinen kypsyys tarkoittaa:	Tekninen kypsyys tarkoittaa:	Taloudellinen kypsyys tarkoittaa:	Saa arvon
Käyttö on sallittu lainsäädännössä ja biohiillelle on laatuvaatimuksia (kasvullinen maaperä, ks. EBC)	Lisäystapa on tutkittu ja siitä on kokemusta useissa kohteissa.	Lisäyuskustannusten ja positiivisten ulkoishyötyjen kannalta mielenkiintoisin kohde suhteessa muihin kohteisiin.	4
Biohiiltä ei mainita lainsäädännössä, eikä yleisiä käyttösuosituksia ole (oletetaan kevyt standardointiprosessi)	Lisäystapa on jonkun verran tutkittu ja siitä on joitakin koekohteita	Toiseksi mielenkiintoisin	3
Biohiiltä ei mainita lainsäädännössä, eikä yleisiä käyttösuosituksia ole (oletetaan pidemmän tarkastelujakson tarve standardien saamiseksi)	Lisäystapa on teknisesti vaativa, eikä siitä ole koekohteita. Koekohteita on kuitenkin suunnitteilla tai yksittäinen koekohte olemassa.	Kolmanneksi mielenkiintoisin	2
Biohiiltä ei mainita lainsäädännössä, eikä yleisiä käyttösuosituksia ole (tarkasti standardien varassa olevat kohteet, joissa erityisen vahvat todisteet käytön toimivuudesta, erityisen vakiintuneet käytännöt)	Lisäystapa on teknisesti vaativa, eikä siitä ole koekohteita. Lisäyustapaa on kokeilta vasta laboratorioissa.	Neljänneksi mielenkiintoisin	1

Liitteet

Liite 1: Lähdetaulukko biohiilen lisäystavalle ja lisäyskertoimelle

Liite 2: Materiaalin määrä tai alueen koko tietolähteet (sisäinen)

Liite 3: Jatkotutkimustarpeet koostetaulukko (sisäinen)

Liite 4: Yhteyshenkilötaulukko (sisäinen)

Liite 5: Peltojen maaperätiedot (sisäinen)

Liite 1: Lähdetaulukko biohiilen lisäystavalle ja lisäyskertoimelle

Kohde	Lisäystapa	Lisäyskerroin
Pellot	Kalkin <u>lisäystapa</u> . Maan muokkauksen kanssa tai levittäen.	<u>Tässä</u> testattiin 10-30 t/ha lisäyksiä, eikä merkittäviä vaikutuksia ollut. <u>Tässä</u> testattiin 10 t/ha lisäystä ja vedenpidätyskyky parani biohiililisäyksellä 10-20 t/ha yleisesti suositeltua
Kasvualustat	Sekoittaen kasvualustaan yleinen käytännöllinen tapa.	<u>Tässä</u> todettiin 20 tilavuus-% olevan turvallinen lisäys kasvualustoille, ja jopa 50 tilavuus-% pidettiin mahdollisena tietyin ehdoin. 20 tilavuus-% yleinen suositus
Nurmikot	Ilmaamalla tai jyrsimällä, kuten <u>biohiiliprojektissa</u>	Ilmaamalla 4t/ha tai jyrsimällä 15t/ha, kuten <u>biohiiliprojektissa</u>
Niityt	Käytetty nurmikoiden lisäystapaa	Käytetty nurmikoiden lisäystapaa
Urheilukentät	Lisäys voidaan tehdä ilmaamalla, ellei kenttää rakenneta uudelleen. Lähteitä ilmaamalla lisäämiselle on rajoitetusti	<u>Tässä</u> lisättiin 10 tilavuus % biohiiltä hiekkaan. <u>Tässä</u> lisättiin 5 tilavuus % biohiiltä, 10 % kompostia ja 85 % hiekkaa parhaissa kasvutuloksissa. Nämä määrät mahdollisia kentän uusimisessa. Ilmauksella lisäykseen valittu maltillinen 2 t/ha
Stabilointikohteet	Sekä pilari- että massastabiloinnissa voidaan käyttää biohiiltä. Sekoitetaan maamassaan stabilointimassaa samalla kun pehmeää pohjamaata sekoitetaan. Biohiili on valmiiksi sideaine-seoksessa.	Biohiiltä 10 % sideaineesta. Perustuu DeMiCo-hankkeen laboriotesteihin. Laskentaperusteena käytetään yhtä pilaria nelio metriä kohden, pilarin halkaisija 0,6 m ja pituus 5 m (tyypillinen tilanne Helsingissä). Tyypillisellä sideainemäärällä 120 kg/m ³ , yhteen pilariin menee sideainetta noin 169 kg/pilari. Tästä 10 paino-% on 0,016965 t, jonka oletetaan jakautuvan maapinta-alalle.

Kohde	Lisäystapa	Lisäyskerroin
Puistokäytävät Ajoradat Raitiotiet Muut ajoradat Erotusalueet Kevyenliikenteen väylät	Arvioitu katurakentamisen asiantuntijoiden kanssa alustavasti sekoituksena murskeeseen. Tavoitteena ettei kantavuus muutu.	Arvioitu murskeen nolla-aineksen määrän perusteella alustavasti 2–8 tilavuus-% (Rudukselta kysytty hienoaineen määriä ja arvio biohiilen määrästä on tehty itse 24 t/ha–135 t/ha)
Sementti	Betonituottajien selvitettävä ja tarjottava valmis tuote	<u>Cuthbertson</u> <u>Sirico</u> 5–20 paino-% sementistä
Bitumi	Asfalttituottajien selvitettävä ja tarjottava valmis tuote	<u>Chebil</u> <u>Rondón-Quintana</u> 5–10 paino-% bitumista

Helsinki

Helsingin kaupunki
Kaupunkiympäristön toimiala

Pohjoisesplanadi 11–13
00170 Helsinki
PL 1
00099 Helsingin kaupunki
Puhelinvaihte 09 310 1641

www.hel.fi