UNIVERSITY OF HELSINKI

https://helda.helsinki.fi

Biohiiliopas viher- ja ympäristösuunnitteluun, -rakentamiseen ja kunnossapitoon

Elo, Annakaisa; Hagner, Marleena; Kainulainen, Aino; Kuoppamäki, Kirsi; Laulumaa, Pirjo ...

2023

http://hdl.handle.net/10138/564490

Elo, A, Hagner, M, Kainulainen, A, Kuoppamäki, K, Laulumaa, P, Männistö, A, Nuotio, A-K, Riikonen, A, Salo, E, Tammeorg, P & Tiilikkala, K 2023, Biohiiliopas viher- ja ympäristösuunnitteluun, -rakentamiseen ja kunnossapitoon. Viherympäristöliiton julkaisu, Nro 73, Viherympäristöliitto ry.

Downloaded from Helda, University of Helsinki institutional repository. https://helda.helsinki.fi
This is an electronic reprint of the original article.
This reprint may differ from the original in pagination and typographic detail.
Please cite the original version.





Toimittaja Anu Riikonen

Biohiiliopas viher- ja ympäristösuunnitteluun, -rakentamiseen ja kunnossapitoon

Viherympäristöliiton julkaisu nro 73

Viher-
ympäristöliitto

Biohiiliopas viher- ja ympäristösuunnitteluun,
-rakentamiseen ja kunnossapitoon

Julkaisija:	Viherympäristöliitto ry
Toimittaja:	Anu Riikonen
Kirjoittajat:	Annakaisa Elo, LAB-AMK Marleena Hagner, LUKE Aino Kainulainen, HSY Kirsi Kuoppamäki, Helsingin yliopisto Pirjo Laulumaa, yks. konsultti Aki Männistö, Turun kaupunki Aino-Kaisa Nuotio, Ramboll Anu Riikonen, Sitowise Oy Esko Salo, VTT Priit Tammeorg, Helsingin yliopisto Kari Tiilikkala, prof. emeritus, LUKE
Julkaisunumero:	Viherympäristöliiton julkaisu 73
Julkaisuvuosi:	2023
Sivuja:	104
Kieli:	Suomi
Kannen kuvat:	Marleena Hagner (vasen kuva) Valeria Azovskaya (kuva keskellä ja takakannen kuva) Ramboll (oikea kuva)
Taitto:	Tiia Naskali
Julkaisun jakelu:	Viherympäristöliitto ry www.vyl.fi Viljatie 4 C, 00700 Helsinki info@vyl.fi

ISBN 978-952-5225-86-0
ISSN 1238-8734

Biohiiliopas viher- ja ympäristösuunnitteluun, -rakentamiseen ja kunnossapitoon

Viherympäristöliiton julkaisu 73

Sisällysluettelo

Mitä biohiilet ovat? 9
Biohiilen monet hyödyt kaupunkialueilla 10
Mihin ja miksi biohiiliä käytetään viheralalla? 11
Millaista biohiili on? 15
Biohiilen laatukriteerit 17

Biohiilten tuotanto, kestävyys ja käyttö 19
Tuotanto ja raaka-aineet 19
Elinkaariarvionti 21
Hinnanmuodostus ja kokonaistaloudellisuus 22
Biohiili ja maaperä 23
Miten paljon biohiiltä? 26
Voiko biohiilistä olla haittaa? 29

Biohiilten ominaisuudet 31
Biohiili ja ravinteet 31
Biohiili ja maaperän eliöstö 32
Biohiili ja vesitalous 33
Biohiilen esikäsittely 35
Biohiilen ja sen sisältämän hiilivaraston elinkaari 39

Biohiilen käyttökohteita viheralalla 41
Kohde: Pensas- ja perennaistutus, Helsinginkatu, 001 I (keskusta), TURKU 42
Kohde: Katupuut, Tuhkatie ja Leipätie, Nastola, LAHTI 44
Kohde: Perennaistutus, Ingegerdinpuisto, Räntämäki, TURKU 46
Kohde:Esplanadinpuiston puut, LOVIISA 48
Kohde: Hyväntoivonpuiston hiilipuisto, Jätkäsaari, Helsinki 50
Kohde: Välikaistan puut ja pensaat, Munterinkatu, Runosmäki, TURKU 52
Kohde: Katupuut, Humalistonkatu, 007 VII kaupunginosa (keskusta), TURKU 54
Kohde: Katupuut, Iso Roobertinkatu, Punavuori, HELSINKI 56
Kohde: Katupuut, Puutarhakatu, VII kaupunginosa (keskusta), TURKU 58
Kohde: Katupuut, Puutarhakatu, JYVÄSKYLÄ 60
Kohde: Tutkimusviherkatto, Jokimaa, LAHTI 64
Kohde: Tutkimusviherkatto, Rakennusbetoni ja Elementti Oy, HOLLOLA 66
Kohde: Kankaan kanava, Kangas, JYVÄSKYLÄ 68
Kohde: Biosuodatuspainanne, Niittykumpu, ESPOO 72
Kohde: Metsälän biohiilisuodatusalue, Metsälä, HELSINKI 76
Kohde: Biosuodatuspainanne, Kivenlahden Marinpuisto, ESPOO 78

Kohde: Syvänsalmenmetsän hulevesiallas, Finnoo, ESPOO 80
Kohde: Lysimetrikoe, LAHTI 82
Kohde: Huleveden suodatuskoe 84
Kohde: Biohiilikaivot, Miksei, MIKKELI 85
Kohde: Biopeittokohde, Rautuvaara, KOLARI 88

Käyttöohjeet 91
Millaista biohiiltä, mihin tarkoitukseen? 91
Biohiilen ravinteistus kasvualustaa varten 92
Käyttömäärä 92
Maanparannuskäytön ohjeet 93
Käytännön vinkkejä ja kokemuksia biohiilen käytöstä 94
Kunnossapito 95

Sanasto 96
Viitteet 97
Liitteet
Liite 1. Suomen Biohiiliyhdistys ry:n biohiilen hankintaohje, 2020

Esipuhe

Kiinnostus biohiiltä kohtaan on jatkuvassa kasvussa, ja siihen ladataan paljon toiveita ilmastonmuutoksen hidastamisen ja kiertotalouden edistämisen kannalta. Biohiilen käytölle kaupungeissa on tarvetta, ja käyttö tapahtuu nykyisellään pääasiassa erilaisten viheralan käytännön hankkeiden ja käyttötarkoitusten kautta.

Viheralalla on ollut selkeä tarve biohiilen käyttöä koskeviin käytännön ohjeisiin ja tietoon. Tämä tuli ilmi mm. vuonna 2020 pidetyssä biohiiltä käsittelevässä esiseminaarissa Viherpäivillä. Esiseminaariin sisältyi työpajatyöskentelyä, jossa koottiin tietotarpeita ja tietoa sellaisista kohteista, joissa biohiilen käyttöä oli jo kokeiltu Suomessa. Tämä Viherympäristöliiton julkaisema opas pyrkii vastaamaan viheralan biohiiltä koskeviin tieto- ja ohjetarpeisiin. Työryhmää on vetänyt ja oppaan toimittanut Anu Riikonen (Viherympäristöliiton kasvualustatyöryhmä). Lämpimät kiitoksemme kohdeaineistojen toimittajille ja kohdetietojen tarkistajille.

Tätä Suomen viheralalle tarkoitettua ensimmäistä biohiiliopasta ovat olleet rahoittamassa Maiju ja Yrjö Rikalan puutarhasäätiö sekä Viherympäristöliitto. Biohiilen käyttö on uutta ja tutkimus on vilkasta, joten oppaan käyttöikä on ennakoitu tällaisenaan rajalliseksi. Siksi julkaisu on saatavilla VYL:n verkkosivuilta ilmaisena pdf-julkaisuna. Oppaan muokatut suunnitelmapiirrokset ja tyyppikuvat on viimeistellyt Susanna Lappalainen ja sen on taittanut Tiia Naskali.

Viherympäristöliiton biohiiliopasta ovat olleet kirjoittamassa

- Annakaisa Elo, LAB-AMK
- Marleena Hagner, LUKE
- Aino Kainulainen, HSY
- Kirsi Kuoppamäki, Helsingin yliopisto
- Pirjo Laulumaa, yks. konsultti
- Aki Männistö, Turun kaupunki
- Aino-Kaisa Nuotio, Ramboll
- Anu Riikonen, Sitowise Oy
- Esko Salo, VTT
- Priit Tammeorg, Helsingin yliopisto
- Kari Tiilikkala, prof. emeritus, LUKE

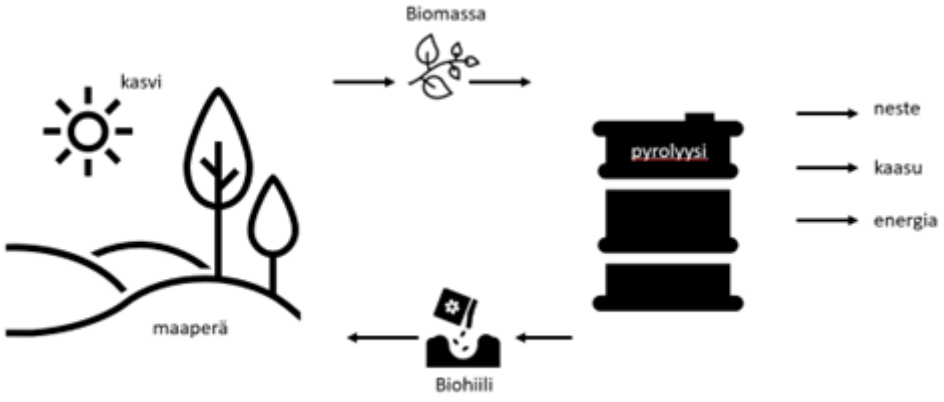


Mitä biohiilet ovat?

Biohiili (engl. biochar) tarkoittaa biomassasta pyrolyysin avulla valmistettua stabiilia, hiilirikasta ja huokoista materiaalia. Kemiallisesti biohiilelle on tyypillistä korkea hiilipitoisuus ja aromaattiset, hitaasti hajoavat hiiliyhdisteet. Niissä hiiliatomit muodostavat kuuden atomin rengasrakenteita, joissa on muista luonnon hiiliyhdisteistä poiketen vähän happea ja vetyä.

Biohiilelle on monenlaisia määritelmiä ja käsite sisältää eri kielissä erityyppisiä tuotteita. Suomessakin termi on yleisnimitys eri prosesseilla tuotetuille korkeahiilisille tuotteille. Biohiiliä voidaan valmistaa moneen käyttöön, kuten korvaamaan fossiilista kivihiiltä aktiivihiilen raaka-aineena tai maanparannuskäyttöön.

Tässä oppaassa **biohiilillä tarkoitetaan** kasvimateriaaleista pyrolysoituja tuotteita, joita käytetään niin, että niiden hiilivarasto säilyy pitkäaikaisesti. Periaatteena siis on, että biohiiliä valmistetaan ja käytetään niin, että sillä on edullinen vaikutus ilmastonmuutoksen torjunnassa. Biohiilet voivat myös parantaa kasvillisuuden kasvua ja sitä kautta edistää hiilensidontaa.



Biohiiltä tuotetaan pyrolysoimalla biomassaa. Tuotteena syntyy biohiiltä, pyrolyysinesteitä ja -kaasuja sekä energiaa.



Biohiilet ovat maassa **hitaasti hajoavia** ja voivat säilyä satoja, jopa tuhansia vuosia. Biohiilten oma ravinnepitoisuus on yleensä suhteellisen vähäinen, mutta ne voivat sitoa ravinteita ja muita liukoisia aineita. Biohiilten huokoinen rakenne voi parantaa maaperän vedenpidätys- ja läpäisyominaisuuksia. Pitkäaikaisesti maahan sitomansa alkuainehiilen (C) kautta biohiilet voivat osaltaan hillitä ilmastonmuutosta, jos niiden raaka-aineena käytetty biomassa on kestävästi tuotettu (tästä tarkemmin kappaleessa tästä tarkemmin kappaleessa elinkaariarvioinnista s. 21).

Biohiiliä voidaan tuottaa monenlaisista raaka-aineista ja erilaisilla prosesseilla, ja näin saadaan ominaisuuksiltaan vaihtelevia tuotteita. **Biohiilet ovat siksi keskenään hyvin erilaisia,** ja yleistykset biohiilten ominaisuuksista ja vaikutuksista voivatkin johtaa harhaan. Biohiilistä pyritään tässä oppaassa kertomaan monipuolisena tuoteryhmänä, ei vain yhtenä tuotteena.

Biohiilen monet hyödyt kaupunkialueilla

Biohiili on tällä hetkellä yksi lupaavimmista keinoista lisätä merkittävästi maaperän hiilivarastoa. Se on lähes ainoa hiilivarastoinnin teknologia, jonka käytöllä on nopea ja pysyvä positiivinen vaikutus paitsi ilmastoon, myös maaperän viljavuuteen, monimuotoisuuteen ja vesiensuojeluun sekä ravinteiden kierrätykseen kaupunkimaisilla alueilla. Lisäksi se on nykyisellään käyttövalmis ja käyttökelpoinen, toisin kuin monet muut lupaavat uudet hiilensidonnan teknologiat.

► *Kuva: Marleena Hagner/Luke.*



Kuva: Aki Männistö/Turun kaupunki.

Siksi biohiili on syytä ottaa heti osaksi hiilineutraalien kaupunkien ja taajamien maankäyttöä sekä rakentamista. Biohiilen käytön lisääminen edellyttää kuitenkin kolmea suurta muutosta:

1. biohiiltä kasvualustassaan sisältäville kasvillisuusalueille on oltava tilaa,
2. puistoissa ja viheralueilla muodostuva kuiva biomassa pitää hiiltää biohiiliksi lähellä raaka-aineiden kasvu- ja käyttöpaikkoja,
3. biohiilen käyttö on yhdistettävä osaksi hulevesien hallintaa ja ravinteiden kierrätystä.

Kaikki kolme asiaa edellyttävät kaavoituksen ja suunnittelun muutosta, jolla maksimoidaan hiilensidonta, mikä on haastavaa monitavoitteisessa alueiden käytön suunnittelussa. Ruotsissa julkaistu biohiiliopas (Fransson et al. 2020) käsittelee biohiiltä laajasti erityisesti kiertotalouden ja ilmastonmuutoksen kannalta. Tässä oppaassa **keskitytään biohiilten käyttöön viherympäristöissä.**

Mihin ja miksi biohiiliä käytetään viheralalla?

Viheralalla biohiilillä on nykyisellään kaksi käyttöaluetta: hulevesialueiden suodatusrakenteet ja kasvualustat, joilla biohiilillä pyritään pidättämään ja sitomaan epäpuhtauksia hulevesistä, ja muut kasvualustat, joissa toivotut edut liittyvät pääasiassa kasvien kasvuun ja hyvinvointiin. Biohiililtä toivotaan siis viheralalla ilmastohyötyjen lisäksi muitakin hyötyjä, jotka saattavat lyhyellä aikavälillä näyttäytyä vähintään yhtä merkittävinä.

Kantava kasvualusta

Yksi kasvualustojen toteutustapa viherrakentamisessa on kantava kasvualusta. Sen avulla katualueelta voidaan saada maaperätilaa kasvien käyttöön alueilta, joilla maan pinnalla on esimerkiksi parkkiruutuja tai jalkakäytäviä. Kantavan kasvualustan rakenteesta noin kolme neljäsosaa on kantavan rungon muodostavaa karkeaa, suurirakeista sepeliä. Varsinaista kasvien käyttöön tarkoitettua kasvualustaa on tilavuudesta noin 1/5 kivirunkoon jäävässä "tyhjätilassa".

Tällaisen kasvualustan vedenpidätysominaisuudet ovat suhteellisen heikot, koska kivirunko vie paljon tilaa, joten kantava kasvu-alusta on ollut yksi ensimmäisiä biohiilten käyttökohteita viherrakentamisessa.



Kuva: Valeria Azovskaya/Carbon

Saatavilla on valmiiksi tehtyjä, niin sanottuja tuotteistettuja kasvualustoja, joihin biohiiltä on lisätty valmiiksi, ja yleensä myös sen ravinnetasetta on samalla korjattu kasveille sopivaksi. Kasvualustojen rakentajat ja käyttäjät voivat toisaalta hankkia biohiiliä itse, ravinteistaa (ks. Biohiilen ravinteistus kasvualustaa varten, s. 12) ja sekoittaa ne kasvualustaan. Biohiiliä hankittaessa ja käsiteltäessä huomioidaan myös biohiilen laatukriteerit (s. 17) ja käsittelyn turvallisuus (s. 29).

Biohiili hulevesien suodatus- ja imeytysalueilla

Hulevesien suodatus- ja imeytysalueita rakennetaan lisääntyvässä määrin kaupunkialueiden hulevesien luonnonmukaista hallintaa varten. Biohiilillä voidaan sitoa epäpuhtauksia rakenteiden läpi kulkevista hulevesistä. Sidottavia haitta-aineita on monia, ja rakenteen suunnittelussa ja biohiilen valinnassa tuleekin pohtia, mikä haitta-aine on kyseisessä kohteessa keskeisin. Biohiili voidaan sijoittaa suoraan maaperään tai kasvualustaan, tai se voi olla erillisenä ”kasettina”, jonka läpi vesi virtaa. Jälkimmäinen vaihtoehto mahdollistaa suodattavan biohiilen vaihtamisen uuteen tarvittaessa, mutta tällöin veden nopea läpivirtaus pienialaisen kasetin läpi voi syödä puhdistustehoa.

Biohiili kasvualustoissa

Tavanomaisessa kasvualustassa käytettäessä biohiililtä toivotaan lähinnä erilaisia etuja kasvien kasvulle ja stressaavien kasvuolojen sietämiselle. Biohiilet lisäävät maan ravinteiden pidätyskykyä ja voivat vähentää maan haitta-aineiden vaikutuksia kasvillisuuteen. Ne parantavat yleensä myös maaperän vesitalousominaisuuksia, erityisesti vedenpidätys- ja läpäisykykyä. Tämä on usein erityisen arvokasta kaupungissa, missä kasvien juuristotilasta on pulaa, ja pienestä maa-alueesta pitäisi saada kaikki kasvin tarvitsemat resurssit.



Hulevesien suodatuspilottikoe biohiilen avulla Tampereen Hiedanrannassa. Kuva: Anu Riikonen.



Kuva: Esko Salo.

Kasvikatot eli viherkatot

Viherkatot ovat yksi viherrakentamisen kasvava käyttökohde kasvualustoille. Viherkatoilla kasvualustoilta vaaditaan erilaisia ominaisuuksia kuin perinteisemmissä käyttökohteissa (Kotze ym. 2020). Viherkaton kasvualusta tehdään karkeaksi ja läpäiseväksi, jotta vesi ei jää seisomaan katolle. Suomen ilmastossa tämä ominaisuus on tärkeä senkin vuoksi, että kasvikatot toimisivat hulevesien hallinnassa myös kylmänä vuodenaikana (Kuoppamäki 2021). Toisaalta karkeasta kasvualustasta fosfori huuhtoutuu herkästi suotautuvan veden mukana. Lisäksi valmiit kasvimatot, joilla kasvikatot usein perustetaan, voivat olla lannoitettuja, ja niiden orgaanisen aineen määrä voi olla kohtalaisen suuri, minkä vuoksi etenkin pian kasvimattojen asentamisen jälkeen ongelmana on huomattava ravinnehuuhtouma (Kuoppamäki ym. 2021b).

Koska kattovedet ohjataan yleensä suoraan hulevesiviemäreihin, ne päätyvät sellaisenaan läheisiin vesistöihin, missä fosfori aiheuttaa rehevöitymistä. Niinpä viherkattojen, joilla ei ole suljettua ravinnekiertoa, tulee olla niukkaravinteisia, karuja ekosysteemejä, joita ei saisi lannoittaa. Näiden suunnittelu- ja hoitoperiaatteiden lisäksi biohiilestä on tavoiteltu keinoa ratkaista fosforin huuhtoutumiseen liittyvä ongelma. Se on onnistuttukin osin ratkaisemaan, joskaan ei täysin poistamaan. Lisäksi biohiilen kosteutta pidättävän ominaisuuden ansiosta voidaan parantaa kasvien ja kasvualustan eliöiden selviytymistä ajoittaisten kuivien kausien aikana kasvikattojen äärevissä olosuhteissa.

Edellä esitetty erottelu suodatusrakenteisiin ja kasvualustoihin ei kuitenkaan ole suoraviivainen, sillä huleveden suodatus- ja imeytysrakenteisiin istutetaan myös kasveja, ja toisaalta viheralueiden kasvualustoja hyödynnetään lisääntyvässä määrin myös hulevesien hallinnassa.

Biohiiliä käytetään maanpinnan tason viherrakentamisen lisäksi myös **kasvikattojen eli viherkattojen kasvualustoissa** parantamassa ravinteiden pidättymistä ja ylläpitämässä kosteutta. Tällöin ne edistävät myös kasvien menestymistä katon vaativassa kasvuympäristössä. Kattojen kantavuuden aiheuttamien rajoitteiden vuoksi kevyet biohiilet soveltuvat hyvin viherkattojen kasvualustoihin.





► *Kantavaa kasvualustaa käytetään kovien kestopäällysteiden, kuten asfaltin tai noppakiveyksen, ympäröimien puiden kasvualustana. Kuva: Anu Riikonen.*

► *Biohiiliviherkattoa rakentamassa Kittilän Tonttulassa keväällä 2017. Kuva: Kari Tiilikkala.*



Kuva: Valeria Azovskaya/Carbon Lane-hanke.

Millaista biohiili on?

Tässä kappaleessa kerrotaan lyhyesti biohiilen keskeisistä ominaisuuksista. Niihin voi perehtyä syvällisemmin kappaleessa biohiilten ominaisuuksista, s. 31.

Biohiilten koostumus yleispiirteisesti

Biohiilet koostuvat lähinnä alkuainehiilestä sekä osasta niitä kivennäisaineita, joita raaka-aineissa on ollut mukana. Pyrolyysissa raaka-aineista poistuu erityisesti happea ja vetyä, sekä myös kiehumispisteeltään alhaiset eloperäiset yhdisteet. Jonkin verran poistuu myös sellaisia kivennäisaineita, joiden kiehumispiste on alhainen, ja osa kivennäisaineista sitoutuu pyrolyysissa hyvin huonosti liukenevaan muotoon.

Raaka-aine vaikuttaa suoraan ja hyvin selvästi biohiilen kemiallisiin ominaisuuksiin ja rakenteeseen. Biohiiliä tuotetaan pääasiassa kasvibiomassasta, Suomessa jokseenkin yksinomaan puuhakkeesta. Myös siksi biohiili on tyypillisesti suhteellisen ravinneköyhää. Maailmalla raaka-aineina käytetään myös muita biomassoja, kuten erilaisia maatalouden sivutuotteita. Esimerkiksi lannasta ja lietteestä voidaan tehdä biohiiliä, ja ne voivat sisältää paljon enemmän liukoisia ravinteita kuin biomassapohjaiset biohiilet.

Erityisesti niukkaravinteisista raaka-aineista, kuten puusta tai akanoista tehdyissä biohiilissä on pyrolyysin jälkeen **melko vähän liukoisia ravinteita**. Biohiilten ravinnekoostumus on vähemmän tasapainoinen verrattuna esimerkiksi komposteihin, sillä pyrolyysissa osa raaka-aineen alkuainesisällöstä muuttuu heikkoliukoiseen muotoon ja osa siirtyy muihin pyrolyysissa syntyviin tuotteisiin, kuten kaasuihin. Biohiilillä voi olla maassa kalkitusvaikutus, sillä niihin rikastuu karbonaatteja. Biohiilen kemiallisista ominaisuuksista kerrotaan tarkemmin sivulla 31.

Biohiilen rakenne

Sekä raaka-aine että tuotantoprosessi vaikuttavat biohiilten kemian lisäksi niiden rakenteeseen, joka määrää niiden huokoisuutta ja kemiallista aktiivisuutta. Raaka-aine on rakenteen osalta keskeinen. Biohiilet ovat tyypillisesti **kevyitä ja huokoisia**, mutta ominaisuuksissa on paljon vaihtelua. Erityisesti puuperäinen biohiili on runsashuokoista ja siinä on yleensä vielä havaittavissa puun solurakenne. Huokosten kokojakauma on usein edullinen kasveille käyttökelpoisen veden pidättämiseen ja luovuttamiseen. Kokojakauman lisäksi huokosten jatkuvuus vaikuttaa vedenpidätys- ja luovutusominaisuuksiin. Puuperäisen biohiilen huokoisuudesta kertoo esimerkiksi sen tilavuuspaino, noin 100-300 kiloa per kuutio.

Huokoisuuden vuoksi biohiilillä on suhteellisen **korkea ominaispinta-ala**, samaa luokkaa tai parempi kuin saveksella ja humuksella. Tämä luo mahdollisuuksia korkeaan kationinvaihtokapasiteettiin eli liukoisten aineiden sitomiseen ja luovuttamiseen. Lanta- ja lietehiilet ovat vähemmän huokoisia, mutta sisältävät raaka-aineensa vuoksi enemmän ravinteita. Biohiilten rakenteesta kerrotaan tarkemmin sivuilla 33-35.

Pyrolyysiolosuhteet ja biohiilen elinikä

Raaka-aineen lisäksi toinen keskeisesti biohiilten ominaisuuksiin vaikuttava asia on niiden valmistustapa, erityisesti pyrolyysilämpötila, joka vaihtelee välillä noin 350-700°C. Korkeassa lämpötilassa tuotetuissa biohiilissä suuri osa alkuainehiilestä (C) on aromaatti-

Analyytiikka on haastavaa

Koska biohiili koostuu lähinnä alkuainehiilestä, on sen erottaminen muusta maaperän eloperäisestä, hiilipitoisesta aineesta analyyttisesti vaikeaa. Tavanomainen viljavuusanalyysin hehkutushäviö mittaa myös biohiilen määrän osana maan kaikkea eloperäistä ainesta, eikä pysty erottelemaan sitä esimerkiksi komposti- tai turveperäisestä hiilestä



sissa, hitaasti hajoavissa yhdisteissä. Siksi ne ovat yleensä ilmastonmuutoksen hillinnän kannalta parempi vaihtoehto.

Jos biohiilen tuotantolämpötila on alempi, on hitaasti hajoavan hiilen osuus tuotteessa pienempi. Tuotantolämpötila vaikuttaa huomattavasti siihen, millaisia aineita biohiili pidättää parhaiten, ja alhaisen tuotantolämpötilan biohiilillä on siksi omia erityissovelluksiaan. Biohiilten elinikää tarkastellaan sivulla 39.

Biohiilen laatukriteerit

Biohiiliä on hyvin monenlaisia: raaka-aineena käytettävän biomassan ominaisuudet kuten huokoskoko, hiili-, ravinne-, ja metallipitoisuudet sekä kosteusprosentti vaikuttavat biohiilen laatuun. Samoin jokaisen pyrolyysilaitteen prosessikin on hieman erilainen. Myös jälkikäsittelyllä voidaan vaikuttaa biohiilen laatuun.

Biohiilen laadun varmistuksessa on kaksi näkökulmaa: turvallisuus ympäristölle ja teho käyttökohteessa. Turvallisuuden kannalta olennaiset asiat on esitetty Suomen biohiiliyhdistyksen tekemässä hankintaohjeessa (vuodelta 2020, Liite 1) sekä European Biochar Association -yhdistyksen (EBC:n) sertifikaateissa. EBC:n sertifikaateissa määritellään kuusi laatuluokkaa, jotka on sovitettu käyttökohdetta koskevaan EU-tason lainsäädäntöön. Viherrakentamiskäyttöön ei-ravintokasveille soveltuvan biohiilen luokka on EBC-Urban, ja ravintokasvien viljelyyn ja esimerkiksi kaupunkiviljelykohteisiin soveltuu tätä hieman tiukempi EBC-Agro tai EBC-AgroOrganic. Haitta-aineiden raja-arvoja lannoitevalmisteille, maanparannusaineille ja kasvualustoille määrittelee viime kädessä lannoitelainsäädäntö, joka on parhaillaan uudistumassa (2023).

Puusta tuotetun biohiilen ominaisuuksia

- runsas hiilipitoisuus
- niukat liukoiset ravinteet
- korkea huokoisuus
- suuri ominaispinta-ala
- korkea ravinteiden pidätyskyky



◄ *Kuva: Valeria Azovskaya/Carbon Lane -hanke.*

► *Kuva: Priit Tammeorg.*



Kuva: Priit Tammeorg.

Biohiilen tehon kannalta olennaista on määritellä, mitä vaikutuksia biohiileltä edellytetään kussakin käyttökohteessa. Maanparannuksessa, kompostoinnissa ja veden sidonnassa toimivat usein kaikki EBC- laadun mukaiset biohiilet. Suurin osa biohiilistä sisältää helppoliukoisista ravinteista lähinnä vain kaliumia. Muuta välitöntä lannoitusvaikutusta on vain hiilillä, jotka on ladattu ravinteilla ja hyödyllisillä mikrobeilla. Hulevesien suodatukseen ja kemikaalien poistoon vedestä käytettäviltä biohiililtä vaaditaan korkeaa ominaispinta-alaa, eikä niitä ole tarkoituksenmukaista ladata ravinteilla.

Myönteisen ilmastovaikutuksen eli hiilensidonnan osalta biohiilen hyvä laatu mitataan biohiilen alkuainehiilen (C) pitoisuuden, raaka-aineen tuotannon ja kuljetuksen sekä pyrolysointimenetelmän kautta. Ilmastomyönteisin vaikutus saadaan luotettavimmin biomassojen sivuvirroista ja käyttöpaikan lähellä tuotetusta biohiilestä, jolloin kuljetusmatka käyttökohteelle on lyhyt.

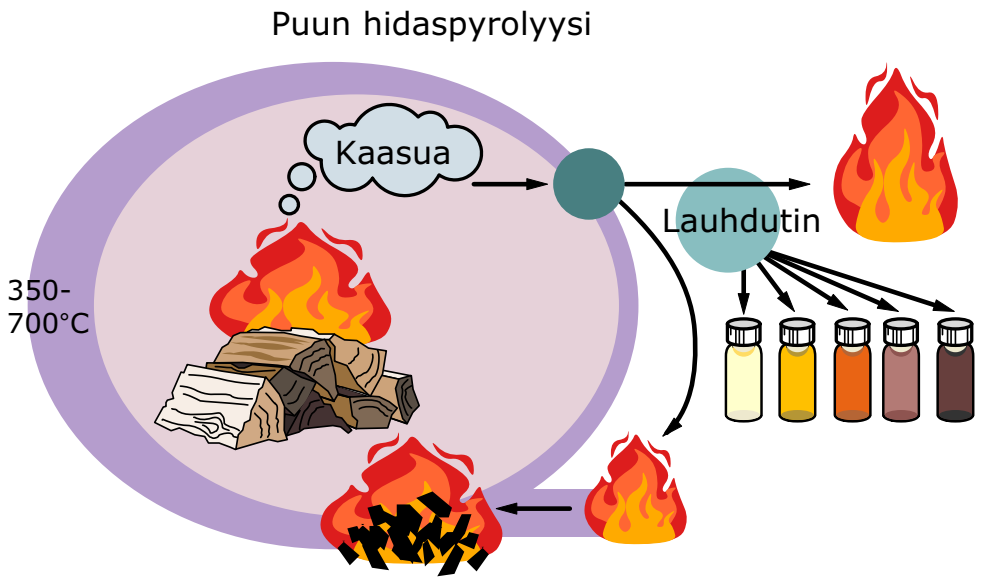
Suomessa lannoitteita, maanparannusaineita ja kasvualustoja sääntelevä lannoitelaki asetuksineen on juuri uudistumassa (2023). Aiempi lannoitelainsäädäntö salli maanparannukseen ja kasvualustoissa käytettäväksi vain kasvibiomassasta tuotetun biohiilen, mutta tämän oppaan julkaisuajankohtana (kevät 2023) ei ole varmuutta, mitä uusi lainsäädäntö tulee asiasta säätämään. Ajantasainen kasvualustoja, maanparannusaineita ja lannoitteita koskeva lainsäädäntö löytyy koosteena aihepiiriä valvovan viranomaisen, Ruokaviraston sivuilta.

Biohiilten tuotanto, kestävyys ja käyttö

Tuotanto ja raaka-aineet

Biohiiliä voidaan valmistaa lämpökäsittelyprosesseilla kuten pyrolyysillä ja kaasutuksella. Tuotannon perusperiaate on se, että käytetyn raaka-aineen rakenne säilyy, eikä sitä polteta tuhkaksi. Raaka-aineesta haihtuvat nesteet ja kaasut hyödynnetään energiaksi tai muiksi tuotteiksi.

Samasta raaka-aineesta saadaan siis kolmea tuotetta: biohiiltä, kaasua ja pyrolyysinesteitä. Prosessissa syntyvistä kaasuista saadaan enemmän energiaa kuin itse valmistusprosessi tarvitsee. Tätä ylijäämäenergiaa on mahdollista hyödyntää vaikkapa kaukolämmössä



Raaka-aineella on väliä

Biohiilen raaka-aineena voidaan käyttää myös neitseellistä puuta ja turvetta sekä sivuvirtoja, jotka vaativat raskasta logistiikkaa ja sitä kautta aiheuttavat merkittäviä kuljetuksen aikaisia päästöjä. Kyseisten raaka-aineiden käyttö saattaa olla perusteltua esimerkiksi korkean arvon hiilituotteissa, kuten kosmetiikka- ja lääketeollisuudessa.

On kuitenkin huomioitava, että raaka-aineilla on merkittävä vaikutus biohiilen kokonaiskestävyyteen, ja että osa biohiilistä lisää päästöjä eikä vähennä niitä. Eurooppalaisten biohiilituottajien hyväksymä raaka-ainelista on julkaistu EBC:n sertifikaatin liitteenä.

ja pyrolyysin raaka-aineiden kuivatuksessa. Biohiilen, nesteiden ja kaasujen saanto vaihtelee teknologioiden ja raaka-aineiden välillä, mutta yleisellä tasolla voidaan sanoa, että jokaista jaetta saadaan noin kolmannes.

Biohiiliä voidaan valmistaa useista raaka-aineista, esimerkiksi metsäteollisuuden ja maatalouden sivuvirroista. Pohjoismaissa kehitetään aktiivisesti esimerkiksi puupohjaisten sivuvirtojen, jätepuun, energiapajun, ligniinin, jätevesilietteen, oljen ja lantojen hyödyntämistä biohiilten raaka-aineeksi. Kyseisiä raaka-ainevirtoja on Suomessa saatavilla runsaasti, ja ne mahdollistaisivat kilpailukykyisen ja laajamittaisen biohiilen valmistamisen.

Nykytilanteessa monia soveliaita biohiilen raaka-aineita hyödynnetään huonosti. Ne joko poltetaan tai jätetään lahoamaan tai mätänemään, jolloin niiden sitoma hiilidioksidi vapautuu ilmakehään. Mikäli nämä materi-

Suomessa voidaan tällä hetkellä käyttää vain kasvimateriaalista tuotettuja biohiiliä. Biohiiliä voidaan tuottaa erilaisista kierrätysmateriaaleista, jolloin tuotenimenä voisi olla orgaaninen kierrätyshiili. Esimerkiksi jätevesilietepohjainen kierrätyshiili, jota kehitetään Helsingin seudun ympäristöpalvelut-kuntayhtymässä (HSY), on jo pilottivaiheessa. Jätevesilietteen pyrolysoinnin etuna on hiilen säilyminen ja orgaanisten haitta-aineiden poistuminen prosessissa. Jätevesilietepohjainen kierrätyshiili on haitta-ainepitoisuuksiltaan turvallinen, mutta huokoisuudeltaan kasvipohjaisia biohiiliä alhaisempi.



Kuva: Marleena Hagner/Luke.

aalit muutetaan biohiileksi, iso osa kasvien sitomasta hiilestä saadaan sidottua pysyvään muotoon. Biohiilen käyttö sitoo sadoiksi tai jopa tuhansiksi vuosiksi hiilen ilmakehästä maaperään.

Elinkaariarviointi

Elinkaariarviointia (LCA eli life cycle assessment) käytetään esimerkiksi tuotteiden, palveluiden ja prosessien ilmasto ja ympäristövaikutusten tarkempaan selvittämiseen. Biohiilten LCA-analyysillä voidaan osoittaa, että biohiilen raaka-aine, valmistus ja loppukäyttö on kokonaisuudessaan ilmaston kannalta kestävää.

Elinkaariarvioinnin pohjalta voidaan lisäksi tehdä ilmastoväittämiä ja laskelmia, joiden perusteella biohiiltä voidaan käyttää esimerkiksi päästöjen kompensoimiseen. LCA-analyysin tekijällä on kuitenkin mahdollisuus vaikuttaa laskelmien paikkansapitävyyteen ja siksi onkin tärkeää, että LCA-analyysin on tehnyt ammattilainen ja parhaan käytännön mukaisesti. Huolellisesti tehtyä LCA-analyysia pidetään luotettavana tapana osoittaa erilaisia ilmasto- ja ympäristövaikutuksia. Biohiilen hiilinielun laskennassa on useita erilaisia menetelmiä, joita on kehitetty erityisesti hiilikompensaatioiden myyntiin ja välitykseen. Näiden periaatteita on esitetty EBC:n ohjeistossa.

Miten raaka-aine vaikuttaa biohiilen ilmastohyötyyn?

Biohiilen ilmastohyödyn arviointi on monimutkaista, eikä raaka-aineita voi sen suhteen laittaa yksiselitteiseen paremmuusjärjestykseen. Yleensä paras ilmastohyöty saadaan raaka-aineista, jotka ovat lähellä tuotettuja, jäte- tai kierrätysmateriaaleja, muiden prosessien sivuvirtoja, tai joiden tuotantoon on muuten käytetty vähän ilmastoa kuormittavia panoksia.



Kuva: Priit Tammeorg.

Esimerkiksi vapaaehtoinen päästökauppa mahdollistaa sen, että biohiilen ilmastohyöty sertifioidaan ja “irroitetaan” itse fyysisestä tuotteesta. Mikäli biohiilen käyttö on tarkoitus kytkeä osaksi käyttäjän ilmastotoimia, on LCA-analyysin lisäksi tärkeää varmistua siitä, että biohiilen ilmastovaikutusta ei ole myyty tuotteesta irrallisena toisaalle. Mikäli biohiilen käytöstä halutaan ilmastohyötyjä, kuten päästökompensaatiota, tulisi varmistua siitä, että sertifioitu ilmastohyöty sisältyy ostettuun biohiileen, eikä sitä ole myyty kolmannelle osapuolelle.

Viheralalla suurin hiilensidontapotentiaali on biohiilillä, jotka tuotetaan puistojen ja puutarhojen jätteistä lähellä biohiilen käyttöpaikkaa. Myös puuta käyttävän teollisuuden sivuvirroista ja nopean kierron kasvilajeista valmistettujen biohiilten hiilinielupotentiaali on hyvä. Valmiin biohiilen kuljetusmatkan vaikutus hiilijalanjälkeen on kuitenkin pienempi kuin voisi kuvitella, sillä se on hyvin kevyttä; toisaalta se vie kuljetuksessa paljon tilaa.

Hinnanmuodostus ja kokonaistaloudellisuus

Biohiilten markkinat ovat vielä suppeat ja tuottajia on vähän, joten on vaikea arvioida, millaiseksi markkina muodostuu. Biohiilten hinta koostuu paitsi myyntikatteesta, myös käytetystä raaka-aineesta, kuljetuksista, laiteinvestoinnista ja henkilöstökuluista. Skaalaamalla nykyistä pientä ja usein pilottityyppistä tuotantoa suuremmaksi päästäisiin merkittävästi alempiin tuotantokustannuksiin, ja sitä kautta laajempaan ja edullisempaan biohiilten saatavuuteen.



Saatavuuden paranemisen ja hintojen laskun mahdollistamiseksi tarvitaan kuitenkin selvää kysyntää jo nyt, jolla luotaisiin ennakoitavuutta markkinoille ja mahdollistettaisiin laajemmat investoinnit. Biohiilet ovat myös mukana vapaaehtoisessa päästökaupassa, joka osaltaan edistää biohiilten valmistuksen kannattavuutta.

Biohiilten kokonaistalouteen sekä yleisesti tuotannon kestävyyteen vaikuttaa myös moni muu tekijä. Näistä tärkeimpiä ovat biohiilten tuotannon sivutuotteina saadun lämmön, nesteen ja kaasun taloudellinen hyödyntäminen. Tämän lisäksi biohiilten tuotannon yhdistäminen muihin teollisiin prosesseihin ja energiantuotantoon tarjoaa mahdollisuuksia uudelle liiketoiminnalle ja kannattavuudelle (Lokka et al. 2021).

Itse biohiilten lisääminen ja käyttö esimerkiksi viherrakentamisessa on edullista, sillä se soveltuu suoraan voimassa oleviin toimintamalleihin ja prosesseihin. Biohiilillä voidaan korvata esimerkiksi kastelun apuaineita tai osa ilmastovaikutuksiltaan ongelmallisesta turpeesta kasvualustan valmistuksessa.

Biohiili maassa

- pitkäikäistä, hitaasti hajoavaa
- niukkaravinteista
- korkea C/N suhde – paljon hiiltä, vähän typpeä
- korkea ph (riippuen tuotantomenetelmästä)
- vaikutus maan eliöstöön pääosin positiivinen

Biohiili ja maaperä

Maaperän biologia ja biohiilet

Yleisesti ottaen **maan eloperäinen aines** koostuu sekä kasvi- että eläinperäisistä, monimuotoisista maaeläimistön ja maamikrobien muokkaamista ja uudelleen koostamista orgaanisista yhdisteistä. Eloperäinen aines varastoi hyvin vettä ja lämpöä, mutta johtaa lämpöä huonosti. Orgaaniset yhdisteet voivat muodostaa pysyviä yhdisteitä mm. metallien kanssa. Tämä voi sitoa maan haitta-aineita niin, etteivät ne haittaa maaperän eliöitä ja kasveja, mutta myös huonontaa metallimuotoisten hivenravinteiden saatavuutta kasveille.

◄ *Biohiilen tuotantoa siirrettävällä panosretortilla syksyllä 2020. Kuva: Kari Tiilikkala.*

Biohiilet ovat maaperään lisättynä osa maan eloperäistä ainesta, sillä sekä biohiilet että muu maan eloperäinen aines koostuvat pääasiassa hiilestä. Biohiilten ja muunlaisen maan eloperäisen aineksen erottaminen onkin mittauksissa vaikeaa.

Kuitenkin biohiilet ovat ominaisuuksiltaan hieman muusta eloperäisestä aineksesta poikkeavia. Ne hajoavat hyvin hitaasti eikä siksi tarjoa energianlähdettä maaperän eliöstölle. Samasta syystä biohiilistä ei myöskään juuri vapaudu kasveille käyttökelpoisia ravinteita. Helpommin hajoavien eloperäisten ainesosien, kuten karikkeen, sisältämillä orgaanisilla typpi-, fosfori- ja rikkiyhdisteillä, on maaperän ravinnetaloudessa suuri merkitys.

Maaperäeliöstön elinoloja määräävät maaperän fysikaalinen toiminta ja rakenne, kuten mururakenne ja huokosto, sekä ravinnon saanti, esimerkiksi karikesyöte maahan. Maa-

peräeliöt hajottavat kariketta ja muita hiilipitoisia aineita ottaen niistä energiaa omiin elintoimintoihinsa. Samalla kuluu happea ja vapautuu ravinteita. Hyvin vaikeasti hajotettavien biohiilien vaikutukset eliöstöön välittyvät paljolti maaperäolojen muuttumisen kautta.

Merkittävä osa kasvilajeista elää symbioosissa maamikrobien kanssa: kasvi antaa maaperämikrobille yhteyttämistuotteitaan ja mikrobi kasville jotakin muuta sen tarvitsemaa, esimerkiksi ravinteita. Kasveilla on omat, lajille tyypilliset kumppanit maaperässä, mm. sienijuuren eli mykorritsan muodostajat, typpeä sitovat juurinystyräbakteerit, tai maan biokemiaa muokkaavat mykorritsat. Monien kasvilajien menestyminen ilman ominaista, symbioottista mikrobistoa olisi heikkoa tai mahdotonta.

Vaikka biohiilien käyttö maanparannusaineena lisää kasvualustan orgaanisen hiilen määrää, ne eivät kuitenkaan tarjoa mikrobeille hajotuskelpoisia hiiliyhdisteitä. Maan eliöstö tarvitsee karike- tai muuta hiilisyötettä maahan. Typpiyhdisteet voivat siirtyä biohiileen, pois mikrobien ulottuvilta, ja hidastaa orgaanisen aineen hajoamista, jos maa-aineksessa on vähän typpeä ja paljon hiiltä (C/N -suhde on korkea).

Maan rakenne ja fysikaalinen toiminta

Maan rakenne muodostuu kiinteästä aineksesta, joka voi olla esimerkiksi kivennäismaata, turvetta tai biohiiltä, ja sen lomaan muodostuvasta huokostilasta. Tätä tilaa täyttävät sekä vesi että ilma. Jotta maa toimii hyvänä ympäristönä kasvien juurille ja maaeliöille,

Biohiilen huokoisuus maaperässä

- voi lisätä savimaan vedenläpäisevyyttä
- voi parantaa savimaan happitilaa
- voi lisätä veden pidättymistä karkeilla mailla
- voi auttaa maata toipumaan tiivistymisestä
- edistää maan eliöstön ja ravinnekierron toimintaa



Kuvat: Priit Tammeorg.

tulisi vettä ja ilmaa olla huokosissa sopivassa suhteessa; molempia tarvitaan. Huokosten kokojakauma määrää sitä, millaiseksi ilman ja veden suhde maassa, ja sitä kautta maan vedenpidätys- ja läpäisykyky, muodostuvat. Huokoston jatkuvuus eli huokosten yhteydet toisiinsa ovat myös kaasujen vaihdolle ja veden liikkumiselle tärkeitä.

Jos huokoset ovat hyvin pieniä, ei vesi pääse niistä poistumaan, vaan se tarraa kapillaarisesti huokosten pintoihin. Jos maan huokoset ovat hyvin suuria, vesi ei niissä juuri pysy, vaan valuu nopeasti pois. Biohiilten huokosto voi olla suurempaa tai pienempää, vettä paremmin tai heikommin pidättävää, kuin maan oma huokosto, joten niillä voi olla erilaisia vaikutuksia maan vesitalouteen. Maaperän eliöt voivat asuttaa biohiilien niille sopivan kokoista ja riittävän kosteaa ja happipitoista huokosrakennetta, jolloin biohiilet voivat välillisesti edistää mikrobitoimintaa.

Etenkin savipitoisissa maissa hienojakoisen saviaineksen liittyminen karkeammiksi maamuruiksi on tärkeää, jotta maassa on myös suuria huokosia ilmalle. Maahan syntyy kestävä mururakenne, kun orgaaninen aine ja savimineraalit sitoutuvat toisiinsa tiukasti. Hienojakoisissa maissa ja usein muissakin kaupunkimaissa maan **tiivistyminen** ja polkeentuminen kuormituksen alla, samoin kuin eräät kaupunkiympäristön kemikaalit, haittaavat maan rakennetta. Se vähentää suurten, ilmalle sopivien huokosten osuutta maassa painamalla niitä kasaan.

Maaperän kemia

Maaperän hiukkasten pinnat ovat maan kemiallinen reaktiokeskus. Mitä suurempi pinta-ala hiukkasella on, sitä enemmän ravinteita ja muita liukoisia aineita maahan voi sitoutua ja varastoitua. Saveksella, eloperäisellä aineksella ja erityisesti huokoisilla biohiilillä on korkea ominaispinta-ala. Pinnan kemiallista aktiivisuutta kuvaa **kationinvaihtokapasiteetti** (kyky sitoa positiivisesti varautuneita ioneja). Korkea kationinvaihtokapasiteetti puskuroi myös maata sen happamuuden muutoksia vastaan.



Biohiilen korkea kationinvaihtokapasiteetti

- johtuu korkeasta ominaispinta-alasta ja pinnan kemiallisesta luonteesta
- sitoo ja vapauttaa liukoisia aineita, kuten ravinteita, kasvien käyttöön
- puskuroi maata kemiallisia muutoksia vastaan
- puskuroi ph:n muutoksia vastaan
- voi sitoa haitta-aineita

Maan **happamuus** on sen toiminnalle tärkeää. Kasvien kannalta vaikutus välittyy lähinnä ravinteiden liukoisuuden kautta; keskeiset kasvinravinteet ovat parhaiten kasvien saatavilla maan pH:n ollessa lähellä neutraalia. Ravinteet ovat kasvien otettavissa vain maaperän vedestä, minne ne voivat siirtyä maan kationinvaihtopaikoilta. Toisaalta jos liukoisia aineita on maavedessä enemmän kuin kationinvaihtopinnoilla, liike tapahtuu toiseen suuntaan. Luonnonmaissa harvoin on niin paljon maaveteen liuonneita ravinteita tai muita aineita, että maaveden väkevyys (johtokyky tai -luku) aiheuttaisi kasveille ongelmia, mutta liikalannoitus tai vierasaineet voivat johtaa tällaiseen tilanteeseen.

Biohiilillä voi olla vaikutusta maan happamuuteen sekä niiden oman, yleensä korkean pH-arvon kautta, että niiden puskurointikyvyn kautta. Biohiilen oma pH riippuu pääasiassa tuotantolämpötilasta; nyrkkisääntönä alhaisissa lämpötiloissa syntyy happamia ja korkeissa emäksisiä biohiiliä. Niiden vaikutus maan pH-arvoon riippuu käyttömäärästä ja maaperän omista ominaisuuksista. Puupohjaisten biohiilien kalkitusvaikutus on yleensä vaatimaton, luokkaa 1% kalkin vaikutuksesta. Myös maan vesi- ja happiolojen tasaantuminen maan huokoisuuden kasvaessa vaikuttaa maan kemiaan eri mekanismien kautta niin, että kasvien juuristo-olot paranevat, ja ravinteiden kierto maassa karikkeesta takaisin kasvien käyttöön helpottuu.

Miten paljon biohiiltä?

Biohiilten sopivaa ja riittävää käyttömäärää on tutkittu lähinnä maatalouden näkökulmasta, peltomaahan sekoitettaessa. On pyritty arvioimaan sitä, millä biohiilen lisäysmäärällä hyödyt sadon määrässä ja lannoitteiden tai kastelun kustannussäästöissä lakkaavat kasvamasta suoraan suhteessa käyttömäärään. Sopivaan käyttömäärään vaikuttavia tekijöitä on valtavasti, biohiilten omista ominaisuuksista, maalajiin ja muihin ympäristötekijöihin sekä valittuun viljelykasviin saakka. Suomessa, missä peltomaissa on pääsääntöisesti jo ennestään suhteellisen runsaasti eloperäistä ainesta ja maan pH:ta on muokattu kalkituksella, biohiilen edut eivät tule esiin yhtä pienillä käyttömäärillä kuin köyhemmissä maissa.

Biohiilen käyttömäärä

- riippuu tarkoituksesta ja resursseista
- yleensä viherrakentamisessa 5-20 til-%
- kasvien kasvulle ravinteistus tärkeää
- hulevesien puhdistukseen valitse ravinteistamaton biohiili
- lisää maahan ja rakenna mieluiten syksyllä

Biohiilen käyttömäärän ilmoittaminen

Yleensä biohiilen määrän ilmoittamisyksikkönä joko tonnia/hehtaari, tai tilavuus-% tietystä maakerroksesta tai kasvualustan määrästä. Biohiili on kevyttä, noin 100-300 kg/kuutiometri. 10% biohiiltä kasvualustan tilavuudesta tarkoittaa, että sitä on kasvualustan painosta vain 1-4%. On siis tärkeää kiinnittää huomiota siihen, missä yksiköissä biohiilen määrä ilmoitetaan.

Biohiilen vaikutukset maaperän vedenpidätyskykyyn ovat riippuvaisia pääasiassa biohiilen sisältämästä alkuainehiilestä (C) ja sen muodoista, mutta eri biohiilissä hiilipitoisuus vaihtelee tyypillisesti paljon, jopa välillä 50-95%. Siksi on kehitetty hyödyllinen yksikkö erityisesti biohiilen vesitalousvaikutusten arviointiin: biohiilen hiili eli BH%-H, joka lasketaan seuraavasti: biohiilen lisäysmäärä til-% x biohiilen org. alkuainehiilen pitoisuus-% (Razzaghi ym. 2020). Tätä yksikköä ei arkikäytössä vielä tunneta.

Viimeisten meta-analyysien pohjalta maailmanlaajuisista aineistoista **maatalouden sadonlisien suhteen optimilisäysmäärä on välillä 5-10 (- 20) tonnia biohiiltä hehtaarille** (20 cm muokkauskerroksessa tämä vastaa 0,5-1,5 til.-%) (Ye ym. 2020, Farhangi-Abriz ym. 2021). Näitä pienimmillä lisäysmäärillä saadaan harvemmin merkitseviä sadonlisiä, koska lisätyn hiilen osuus maan kokonaishiilestä jää pieneksi. Tämä pitää paikkaansa erityisesti pohjoisissa oloissa, missä maaperän hiilipitoisuudet ovat luontaisestikin korkeita (tyypillisesti yli 3%, Tammeorg ym. 2014 a, b).

Peltomaahan sekoitettaessa korkeammissa lisäysmäärissä kuin 30 t/ha (20 cm muokkauskerrokseen yli 4-6 til.%) taas haasteeksi tulee erityisesti ensimmäisenä kahtena vuotena typen immobilisoituminen eli sitoutuminen kasveille käyttökelvottomaan muotoon (Gao ym. 2019, Farhangi-Abriz ym. 2021). Tämä liittyy siihen, että biohiilissä on myös nopeasti hajoavia hiiliyhdisteitä, joiden hajotus sitoo maasta typpeä. Typenpuute voi osoittautua jopa kohtalokkaaksi monivuotisille kasveille, kuten puistopuille, ja kannattaakin siksi huomioita lannoitusta suunnitellessa. Yen ym. (2020) tutkimuksessa havaittiinkin sadontuoton maksimoimiseksi tehokkaimmaksi lisätä 100-200 kg/ha typpeä biohiilen kanssa: tätä isommat levitysmäärät voivat olla tarpeen, jos biohiilen lisäysmäärä ylittää 40 t/ha (20 cm muokkauskerrokseen noin 20 til.%, painavimmilla biohiilillä jopa vain 6-8 til.%).

Käyttömäärä on kompromissi

Biohiilten käyttäjän on haarukoitavaa sopiva kompromissi eri vaikutusten välillä, koska yksi hyöty biohiilien lisäysmäärän kasvaessaan voi kasvaa ja toinen pienentyä.

Esimerkkinä tästä voidaan käyttää veden ja ravinteiden saannille optimaalisia biohiilimääriä. Biohiilet lisäävät usein kasveille käyttökelpoisen veden sekä fosforin määrää maassa ilman havaittua ylärajaa (aina 40-60 t/ha tai jopa 8% lisättyä biohiilen hiiltä kohti, Glaser ja Lehr 2019, Gao ym. 2019, Razzaghi ym. 2020). Mutta toisaalta yli 10 t/ha lisäysmäärät saavat usein aikaan mineraalitypen määrän vähentymisen maaperässä, ja vaikutus on erittäin suuri, jos biohiilten lisäysmäärä ylittää 40 t/ha (Gao ym. 2019).



Kuva: Marleena Hagner/Luke.



◄ *Biohiilistä viherrakentamisen kasvualustoissa on vasta vähän tutkimuksia. Helsingin Hyväntoivonpuiston tutkimushanke alkoi vuonna 2020. Kuva: Priit Tammeorg.*



◄ *Kuva: Priit Tammeorg.*

Tarvitaan kuitenkin vielä lisätutkimusta siitä, miten paljon biohiiliä voisi käyttää aiheuttamatta haittoja, jos halutaan maksimoida ilmastovaikutus. Lupaavana mahdollisuutena lisätä suhteellisen kalliiden biohiilten kustannustehokuutta on **täsmälisäys kasvin juurien ympärille**, ei niinkään tasaisesti koko maa-alan tilavuuteen. Samoin biohiilten **rikastus ravinteilla ja mikrobeilla** kuhunkin käyttötarkoitukseen lisäisi saatavaa hyötyä. Myös biohiililisäyksen avulla tehostettua kompostointia ja tuotetun biohiilipitoisen kompostin käyttöä lannoitteena pidetään lupaavana käyttötapana (ks. kappale Lataaminen ja aktivointi).

Viherrakentamisen kasvualustoissa biohiilien käyttömääristä on vain muutamia tutkimuksia. Karkeasti yleistettynä edullisimmat käyttömäärät, joissa vaikutukset ovat selvät mutta kustannusvaikutus vielä kohtuullinen, ovat olleet 5-10 tilavuus-% tienoilla, mutta kokeiltujen käyttömäärien haarukka on usein ollut varsin suppea. Esimerkiksi äskeisessä australialaistutkimuksessa Somerville ym. (2020) lisäsivät kasvualustaseokseen 20 til.% kompostia ja jopa 10 til.% biohiiltä, mutta negatiivisia vaikutuksia katupuiden kasvuun ei havaittu. Päinvastoin, parantuneen vedensaannin takia puut tässä seoksessa voivat paremmin kuin pienemmissä biohiilen lisäysmäärissä.

Biohiilten käyttömäärään **hulevesisovelluksissa** liittyviä kokeiluja on julkaistu hyvin niukasti. Kevytsoramurskaan sekoitettu 30 % biohiililisäys voi parantaa typen pidättymistä biosuodatusrakenteisiin, mutta lisätä fosforin huuhtoutumista (Kuoppamäki ym. 2021). Toisaalta vain 3 % lisäykselläkin on saatu parannettua kykyä pidättää typpeä ja fosforia (Kuoppamäki ym. 2021a). Käytännössä 30 t/ha korkeampia käyttömääriä rajoittaa eniten hyvälaatuisten biohiilten korkea hinta.

Voiko biohiilistä olla haittaa?

Biohiilten käyttö on Suomessa melko uutta, mutta mitään uusia materiaaleja ne eivät sinänsä ole. Hiiltynyttä biomassaa syntyy luonnossa myös esimerkiksi metsäpaloissa, ja pyrogeenistä hiiltä voikin olla luonnostaankin varsin paljon maaperässä joillain alueilla, esimerkiksi mustan mullan aroilla ja preerioilla. Suomessakin on pyrogeenista hiiltä maassa jo nykyisellään paikoin runsaasti, mm. metsäpalojen, kaski- ja kytöviljelyn ja tervanpolton jäljiltä.

Biohiilissä voi olla eräitä **haitta-aineita**, erityisesti polyaromaattisia hiilivetyjä (PAH), polykloorattuja bifenyylejä (PCB), dioksiineja ja furaaneja, sekä raskasmetalleja. Loppukäyttäjälle helpointa on hankkia **laatusertifioitua** biohiiltä (ks. Biohiilen laatukriteerit, s. 17), sillä sertifioinnissa valvotaan haitta-ainepitoisuuksia. PAH-yhdisteet ovat pääasiassa biohiilten tuotantoprosessin sivutuotteita, joiden määrää biohiilissä voidaan vähentää pyrolyysin olosuhteiden hyvällä hallinnalla. PCB-yhdisteiden syntyyn vaikuttaa erityisesti raaka-aineiden klooripitoisuus, eikä kasviperäisissä biohiilissä yleensä ole haitallisia määriä PCB:tä. Raaka-aineiden raskasmetallit puolestaan eivät juurikaan poistu pyrolyysissa, vaan rikastuvat lopputuotteisiin, joten raaka-aineen laatu vaikuttaa keskeisimmin biohiilten raskasmetalleihin.

Tuotannossa on oltava tarkkana

Biohiililtä toivotaan pitkäaikaista hiilen varastointia maahan ja sitä kautta edullisia ilmastovaikutuksia, mutta joitakin haittojakin tuotannolla voi olla. Huonosti toimivassa pyrolyysissä voi päästä ilmaan metaania ja muita kasvihuonekaasuja, sekä PAHeja, dioksiineja ja PCB-yhdisteitä. Lisäksi prosessissa voi syntyä ja päästä ilmaan pienhiukkasia, jotka heikentävät ilmanlaatua, ja lisäksi pinnoille laskeutuessaan tummentavat niitä. Tummat pinnat puolestaan heijastava huonommin pois auringon lämmittävää säteilyä kuin vaaleat, ja sitä kautta hiukkaspäästöt voivat syödä osan biohiilten ilmastohyödyistä.

Biohiilten tuotannossa mahdollisesti syntyvien pienhiukkasten lisäksi itse biohiilet ovat väriltään tummia, ja maan pintaan jäädessään voivat lisätä maapallon lämpiämistä samalla mekanismilla. Siksi olisi tärkeää sijoittaa biohiili maaperässä pintakerrosta syvemmälle. Tämä suojaa samalla myös biohiiltä itseään eroosiolta eli kulkeutumiselta veden ja tuulen mukana pois.

Pyrolyysiprosessin päästöjen seuranta ja hallinta on keskeistä ympäristöhaittojen vähentämisessä. Tuotantotekniikka vaikuttaa myös keskeisesti siihen, minkä verran päästöjä ja haittoja tuotannosta voi syntyä. Korkean tuotantolämpötilan laitokset, joissa syntyvät palokaasut otetaan talteen tai jälkipoltetaan, ovat päästöjen osalta parempi valinta kuin perinteiset hiilimiilut.



◄ *Biohiili pölyää helposti ja se kannattaa kostuttaa käsittelyä varten, jotta pölystä ei ole työntekijöille terveyshaittoja. Kuva: Marleena Hagner/Luke.*

Biohiilipöly on paitsi sotkevaa ja tummentaa pintoja, myös **terveysriski biohiilen käsittelijälle**. Biohiiltä tuleekin käsitellä kostutettuna, jotta se ei pölyäisi.

Maaperässä biohiilillä voi olla **tietyissä tilanteissa** myös haittavaikutuksia. Nämä ovat pääasiassa seurausta samoista ominaisuuksista, jotka ovat oikeassa tilanteessa edullisia ja toivottuja. Biohiilet voivat imeä vettä heti maahan sekoittamisen jälkeen itseensä silloinkin, kun kasveilla on vedestä pulaa, ja pahentaa kuivuutta. Biohiilten lisäyksen yhteydessä tuleekin huolehtia siitä, että maa ja biohiili kostuvat läpikotaisin. Biohiilet voivat myös väliaikaisesti sitoa maasta liukoisia, kasville tarpeellisia ravinteita, erityisesti typpeä, samaan tapaan kuin monet muutkin runsashiiliset, niukkaravinteiset materiaalit. Viheralalla tuttuna esimerkkinä tästä vaikutuksesta on vanhastaan hakekate. Siksi onkin tärkeä huolehtia sopivasta typpilannoituksesta (ks. Biohiilten tuotanto, kestävyys ja käyttö, s. 19 ja Biohiilen ravinteistus kasvualustaa varten, s. 92).

Myös biohiilten vaikutus maan happamuuteen voi joko sitoa tai vapauttaa maasta liukoisia aineita, kuten ravinteita ja raskasmetalleja. Haitat ja hyödyt riippuvat sekä tietyn biohiilen omista ominaisuuksista että siitä, mitä ravinteita ja raskasmetalleja maaperässä on, ja mikä maan pH alkutilanteessa on. Biohiilet kannattaa pääsääntöisesti lisätä maahan syksyllä, kun kasvien ravinteiden ja veden otto on jo vähenemässä. Tällöin biohiilten veden ja ravinteiden sidonta ehtivät tasaantua ennen kasvillisuuden toiminnan alkua.

Biohiilen kuljetus

Biohiili luokitellaan vaaralliseksi aineeksi kuljetusten riskien kannalta, sillä kuivana se voi syttyä itsestään. Tuotteiden kuljetusta maalla ja merellä säätelee monikerroksinen kansainvälinen sopimusrakenne, jonka ylin taso on YK:n luokitukset. Biohiilillä ei ole omaa erillistä kategoriaa, vaan siihen sovelletaan vaarallisen aineen luokittelua UN 1361 (HIILI, eläin- tai kasviperäinen).

Vaarallisten aineiden merkinnät ja ohjeet löytyvät Tukesin sivuilta. Lainsäädäntö lähtee siitä liikkeelle, että tuotteen tarkempi luokittelu ja vastuu on aina sen lähettäjällä. Näin ollen loppukäyttäjä ei yleensä ole vastuussa biohiilen kuljetuksesta ja sen riskeistä. Maanparannuskäyttöön tarkoitettua biohiiltä voidaan kuljettaa kosteana tai sekoittaa kasvualustaan, kompostiin tai lannoiteaineisiin, jolloin itsesyttymistä ei käytännössä voi tapahtua.

Biohiilten ominaisuudet

Biohiili ja ravinteet

Kasvimateriaalista valmistettujen biohiilten sisältämät ravinteet ovat peräisin niiden raaka-aineista. Yleisesti ottaen typen määrä biohiilissä laskee pyrolyysilämpötilan noustessa; raaka-aineen typestä noin puolet on hävinnyt 400 asteessa. Fosforin määrä tavallisesti taas nousee pyrolyysilämpötilan noustessa sen konsentroituessa kiintoainekseen. Puubiohiilten typpi-, kalium- ja fosforipitoisuudet ovat tyypillisesti alle 10 g/kg, kun lanta- ja jätevesiliete-biohiilissä vastaavasti voi olla useita kymmeniä grammoja typpeä, kaliumia ja fosforia per kilo.

Suuri osa biohiiliin jäävästä typestä, rikistä ja fosforista on kasveille käyttökelvottomassa muodossa. Usein oletetaan, että biohiiliin sitoutuneet ravinteet vapautuvat hitaasti ajan kuluessa kasveille käyttökelpoiseen muotoon, mutta asiasta ei ole juurikaan tutkimusta. Yhtenä poikkeuksena edelliseen on kahdeksan vuoden tutkimus Helsingin Viikin koekentiltä, jossa havupuubiohiilillä havaittiin pitkäaikaista lannoitusvaikutusta vielä seurantajakson lopussakin, erityisesti fosforin, kaliumin, magnesiumin, rikin ja kuparin suhteen (Kalu ym. 2021). Biohiilistä itsestään liukenevat ravinteet, kuten fosfaatti, tulee ottaa huomioon käytettäessä esimerkiksi käytettäessä biohiiliä viherkatoilla tai muualla, missä ravinnepäästöt ovat ei-toivottuja (Kuoppamäki ym. 2021a).

Kasviperäisten biohiilten itsensä sisältämillä ravinteiden lannoitusvaikutus on yleensä pieni; suhteessa kasvien ravinnetarpeeseen biohiilissä on selvästi enemmän liukoista fosforia ja kaliumia kuin typpeä, mutta tämä vaihtelee raaka-aineesta riippuen (Ippolito et al. 2015).

Käytännössä merkittävä lannoitusvaikutus kasviperäisellä biohiilellä voidaan saada aikaan vain, jos ravinteita on lisätty biohiileen, tai biohiili on rikastettu ravinteilla esimerkiksi kompostoinnissa. Biohiili sitoo tehokkaasti typpeä ja erikoishiilet myös fosforia. Pääosa ravinnerikastettuun biohiileen sitoutuneista ravinteista on kasveille käyttökelpoisessa muodossa heti tai viiveellä, ja jäte- ja sivutuoteravinteilla ladattu biohiili soveltuu hyvin kasvualustatuotteiden ravinnelähteeksi.



Kaski-hiilettimet sopivat oksien ja risujen hiiltoon viheralueilla. Kuva : Innovaatiopalvelu Koivukunnas Oy.

Biohiilten lannoitevaikutuksen arvioimiseksi olisi erittäin tärkeää ilmoittaa kokonaisravinteiden lisäksi myös liukoisten ravinteiden osuus. Tämä on toistaiseksi vaikeaa siksi, että vakiintuneita laboratoriomenetelmiä liukoisten ravinteiden analysointiin biohiilistä ei vielä ole.

Biohiili ja maaperän eliöstö

Monet tutkimukset osoittavat, että biohiilet lisäävät maassa olevien mikrobien määrää sekä muuttavat pieneliöstön lajistoa. Vaikutukset kuitenkin riippuvat sekä biohiilen, maan että paikan kasvillisuuden laadusta, ja voivat olla erilaisia suhteessa eri mikrobeihin ja pieneläimiin. Usein huokoinen kasviperäinen biohiili lisää suoraan mikrobeille sopivaa elinympäristöä ja edistää mikrobien aineenvaihduntaa (Gorovtsov et al. 2020).

Maan biologisen toiminnan tehostuminen nopeuttaa eloperäisen aineksen hajoamista maassa ja ravinteiden muuttumista kasveille käyttökelpoiseen muotoon (Slapakova ym. 2018). Erityisen suuri apu biohiilistä on sienijuuriston toiminnalle. Mykorritsojen aktivoituminen perustuu maan fysiologisiin ja kemiallisiin muutoksiin, kasvien ja sienen välisen vuorovaikutuksen paranemiseen sekä sientä haittaavien aineiden sitoutumiseen ja inaktivointiin. Huokoiset biohiilet tarjoavat myös mikrobeille “pakopaikan” niitä syöviltä eliöiltä (Thies ja Rillig 2009, Wong ym. 2019).

Toisinaan tuoreen biohiilen sisältämillä orgaanisilla yhdisteillä voi aluksi olla myös haitallisia vaikutuksia mikrobistoon (Dutta ym. 2017, Gorovtsov ym. 2020). Nämä vaikutukset voidaan usein välttää “ikäännyttämällä” tai kompostoimalla biohiili, minkä jälkeen mahdolliset pyrolyysissä syntyneet toksiset yhdisteet ovat poistuneet (Gorovtsov ym. 2020).



Kuva: Priit Tammeorg.

Lieroja lukuun ottamatta biohiilten vaikutuksesta maaperäeläimiin on melko vähän tietoa (Domene 2016). Oletettavaa on, että vaikuttaessaan maan fysikaalisiin ja kemiallisiin ominaisuuksiin sekä mikrobien määrään ja laatuun biohiilet vaikuttavat myös maassa eläviin mikrobeja, kasvien juuria ja hajoavaa kasvikariketta laiduntaviin maaperäeläimiin. Suomessa toteutetussa tutkimuksessa biohiilellä ei ole havaittu olevan haittavaikutuksia maaperän lieroihin (Tammeorg et al. 2014c). Myöskään merkittäviä haittoja mikroniveljalkaisiin, sukkula- ja änkyrimatoihin ei olla raportoitu (Domene 2016). Maahan lisätty kuiva biohiili voi kutenkin aluksi heikentää kosteutta tarvitsevien maaperäeläinten oloja, eli maahan lisättäessä biohiilen kastelu on tärkeää.

Useiden tutkimusten mukaan biohiilet voivat myös vaikuttaa kasvien taudinkestoon, erityisesti sienitautien kestoon (De Tender ym. 2016, Rasool ym. 2021). Vaikutusmekanismeja voi olla useita: biohiililisä voi muuttaa maaperän tai ritsosfäärin mikrobiston koostumusta suotuisampaan suuntaan (De Tender ym. 2016), jolloin mikrobisto tukahduttaa tehokkaammin maalevintäisiä taudinaiheuttajia. Vaste voi tulla myös biohiilen suorasta vaikutuksesta kasvin parantuneen ravitsemukseen (De Tender ym. 2016) tai tehostuneen puolustuskemikaalien tuotannon muodossa (Elmetr ja Pignatello 2011).

Biohiili ja vesitalous

Biohiililisäys vaikuttaa maan rakenteeseen mururakenteen ja huokoston kautta. Se vaikuttaa sekä maamurujen välillä oleviin että niiden sisäisiin huokoisiin, mutta usein myös maamurujen kokoon ja kestävyyteen. Samalla tavalla maaperän ominaisuudet vaikuttavat siihen, miten biohiilien huokoiset johtavat tai pidättävät vettä. Yhteisvaikutukset maaperän

ja biohiilten ominaisuuksien välillä ovatkin syynä siihen, miksi jopa 10 kertaa oman painonsa verran vettä pidättävä biohiili ei aina vaikuta samoin kasvualustaseoksen vedenpidätyskykyyn (Masiello ym. 2015). Pelkän biohiilen ominaisuuksien lisäksi erilaisten seosten ominaisuuksia pitäisi tarkastella erikseen.

Biohiilien rakeiden väliset huokoiset yleensä täyttyvät maahan sekoitettaessa nopeasti pienillä maamuruilla, kun taas biohiilten omat huokoiset ovat pienempiä. Ne täyttyvät saveksella ja eloperäisellä aineksella vasta vuosien saatossa, riippuen maamurujen koosta ja myös maaperän eliöstön toiminnasta (Masiello ym. 2015). Tällaiset muutokset biohiilten avoimien huokosten määrässä sekä biohiilen pinnoilla tapahtuvat muutokset ajan kuluessa ovat mahdollisia syitä siihen, miksi biohiilten positiivinen vaikutus maaperän vedenpidätysominaisuuksiin jatkuu harvoin kahta vuotta pidempään (Tammeorg ym. 2014a, Wang ym. 2019, Kalu ym. 2021, Ibrahimi & Alghamdi 2022). Toinen syy on se, että biohiilet liikkuvat maaperässä alaspäin ajan mittaan.

Tuoreimmat yhteenvetojulkaisut maailmalta on samaa mieltä seuraavista päätuloksista: 5 t/ha isommat biohiililisäykset **lisäävät erityisesti karkeiden maiden huokoisuutta ja parantavat vedenpidätysominaisuuksia**. Ne nostavat kenttäkapasiteettia, kasveille käyttökelpoisen veden määrää maaperässä, sekä vedellä kyllästetyn maan vedenjohtavuutta (Omondi ym. 2016, Wang ym. 2019, Hussain ym. 2020, Razzaghi ym. 2020, Ibrahimi & Alghamdi 2022). Vaikutus maaperän kasveille käyttökelpoisen veden määrään yleensä kasvaa yhdessä biohiililisäyksen määrän kanssa ainakin 80 t/ha tai jopa 8% lisättyä biohiilen hiiltä kohti (Omondi ym. 2016, Razzaghi ym. 2020, Ibrahimi & Alghamdi 2022).

Biohiililisäyksillä on **savimaissa** harvemmin merkitseviä vaikutuksia maan vedenpidätyskykyyn, koska pienet (< 2 µm) savespartikkelit voivat täyttää isompia biohiilirakeiden huokoisia (< 10 µm) (Omondi ym. 2016, Hussain ym. 2020, Razzaghi ym. 2020). Myös äskeisessä tutkimuksessa Jokioisten savimailla Soinne ym. (2020) havaitsivat vain



Viherrakentamisen kasveja kastellaan yleensä vain muutaman vuoden ajan istutuksen jälkeen. Sen jälkeen on tärkeää, että maaperän luontaiset vesivarat riittävät kasveille. Kuva: Priit Tammeorg.

pienehkön nousun maan vedenpidätyskyvyssä kaksi vuotta 30 t/ha puubiohiilen lisäyksen jälkeen. Tämä johtui pääasiassa 25–30 µm kokoluokan maahuokosten lisääntymisestä, todennäköisesti suoraan biohiilen omien sen kokoluokan huokosten lisäämisen kautta.

Biohiilien ominaisuudet vaikuttavat myöskin siihen, miten kyseiset biohiilet vaikuttavat maaperän vedenpidätyskykyyn sekä vedenjohtavuuteen. Isompien, 1-2 mm kokoisten biohiilipartikkelien vaikutus vedenpidätyskykyyn on yleensä isompi kuin pienten, alle 1 mm partikkelien. Samoin mitä korkeampi biohiilen ominaispinta-ala on, sitä suuremman muutoksen se saa aikaan maaperän vedenpidätyskyvyssä (Liu ym. 2017, Hussain ym. 2020, Razzaghi ym. 2020, Ibrahimi & Alghamdi 2022). Biohiilien ominaispinta-ala nousee yleensä pyrolyysilämpötilan noustessaan (ainakin 800°C asti, yli 1000 asteessa taas voi pienentyä). Siksi korkeammassa lämpötilassa (700°C) tuotetut biohiilet vaikuttavat seoksen vedenpidätyskykyyn yleensä tehokkaammin kuin 300 tai 500 asteessa valmistetut (Hussain ym. 2020).



Kuva: Priit Tammeorg.

Onkin mahdollista, että juuri biohiilien ominaispinta-ala selittää havaittuja eroja eri raaka-aineista tuotettujen biohiilien vaikutuksien välillä. Omondin ym. (2016) meta-analyysissä lannasta ja lietteistä tehdyillä biohiilillä oli huomattavasti puu- tai olkipohjaisia pienempi vaikutus kyllästetyn maan vedenjohtavuuteen ja kasveille käyttökelpoisen veden pidätyskykyyn. Parempi vedenjohtavuus on erityisen tärkeä savimaissa tulvatilanteiden välttämiseksi, ja onkin havaittu, että erityisesti millimetriä isommat biohiilipartikkelit parantavat täysin vettyneen maan vedenjohtavuutta (Omondi ym. 2016). Karkeissa maissa olisi toisaalta tärkeä lisätä enemmän kasveille käyttökelpoisen veden määrä maassa, ei niinkään maan vedenjohtavuutta: siksi on suositeltavaa käyttää näissä yli 500 asteen lämpötilassa tuotettuja kasviperäisiä biohiiliä, joista suurin osa olisi alle 2 mm raekoolla.

Biohiilen esikäsittely

Tarve esikäsitellä biohiiliä sekä esikäsittelyyn käytettävät menetelmät riippuvat hiilten käyttökohteista. Esikäsittelyjä voivat olla mm. pelletöinti, seulonta, pesu, aktivointi ja ravinteistus eli ”lataaminen”. Niiden vaikutuksista tiedetään vielä suhteellisen vähän, mutta tässä kappaleessa on koottu aihepiiriä koskevaa tutkimusta yhteen.

Vähän tietoa, paljon luuloja

Biohiilen raekoon tai pelletöinnin vaikutuksista biohiilen käytettävyyteen ja ominaisuuksiin on vasta suhteellisen vähän tutkimusta, ja kenttätutkimusta ei käytännössä vielä ole. Asia liittyy osittain esikäsitellyn biohiilen vaikeaan saatavuuteen: jos haluttaisiin vertailuun tonneittain eri raekokoihin seulottua (tai pelletöityä) biohiiltä, kokeen kustannukset nousevat helposti liian isoiksi.

Esikäsittely lisää askeleita biohiilen tuotantoprosessiin, ja sillä on luonnollisesti kustannuksia lisäävä vaikutus. Kaikissa mahdollisissa biohiilien **esikäsittelyissä** (esim. seulonta, pelletöinti, pesu, aktivointi) onkin oleellista huolellisesti arvioida, **kattaako käsittelystä saatava hyöty kyseisen jälkikäsittelyn kustannukset.**

Seulonta ja raekoon vaikutus biohiilen toimintaan

Biohiilikokeissa käytetään yleensä vain yhtä raekokoa tai eri raekokojen sekoitusta. Seulomattomissa biohiilissä valtaosa materiaalista on tyypillisesti alle 2 mm raekokoa, mutta mukana on myös isompia, jopa 10 mm ylittäviä palasia. Havaitut vaikutukset ovat eri raekokojen yhteisvaikutuksia, ja lisäksi on huomioitava, miten isoja seoksessa käytettävän maa-aineksen omat partikkelit ovat.

Suurin osa biohiilten raekokoon liittyvästä tutkimuksesta koskee biohiilten vaikutuksia maaperän vesitalouteen (ks. Biohiili ja vesitalous, s 33). Yleisesti ottaen isompi, > 2 mm palakoko lisää enemmän vedenjohtavuutta ja pieni, < 2 mm palakoko maaperän vedenpidätyskykyä (Omondi ym. 2016, Hussain ym. 2020, Ibrahimi & Alghamdi 2022).

Myös tiettyjen haitta-aineiden vapautuminen korkeimmankin laadun biohiilistä voi olla riippuvaista raekoosta. Hiljattaisessa lierojen välttelykokeessa (Prodana ym. 2019) lierot välttivät biohiiltä ja laihtuivat, jos maahan lisättiin pientä, <0,5 mm raekokoista puupohjaista



Karkeudeltaan erilaisia biohiiliä. Kuva: Marleena Hagner/Luke.

biohiiltä 80 t/ha, kun taas karkeammalla (2-4 mm palakoon) biohiilellä ei havaittu haittoja lieroille. Mahdolliseksi syyksi esitettiin biohiilen naftaleenin, joka on eräs PAH-yhdiste, suurempaa vapautumista pienemmistä biohiilen rakeista. Biohiilien vaikutuksia lieroihin on tutkittu myös Suomen kenttäkokeissa. Niissä merkitseviä eroja kontrolliin ei kuitenkaan ole havaittu vuoden tai viiden vuoden päästä biohiilen lisäyksestä (Tammeorg ym. 2014c, Zrim ym., käsikirjoitus).

Lataaminen ja aktivointi

Maanparannuskäytössä on hyödyllistä, että biohiili on ladattu ravinteilla. Jos biohiiltä taas halutaan hyödyntää suodatinmateriaalina, ei ravinteita kannata lisätä. Tällöin biohiilen pinta-aktiivisuuden kasvattaminen voi tulla kyseeseen.

Kasvualustaan sekoitettaviin biohiiliin imeytetään helppoliukoisia ravinteita. Ne siirtyvät myöhemmin kasvualustassa biohiilestä pikkuhiljaa kasvin käyttöön. Ellei ravinteistusta tehdä etukäteen, voi biohiili napata kasvualustan ravinteita kiinni itseensä jopa niin, että kasveille tulee ravinnepulaa. Esikäsittelyprosessia kutsutaan usein biohiilen lataamiseksi tai ravinteistamiseksi.

Suoraviivaisin tapa lisätä biohiiliin ravinteita on käyttää ravinnepitoista nestettä biohiilen sammuttamiseen pyrolyysiprosessin jälkeen. Biohiilen lataaminen ravinteilla voidaan toteuttaa myös sekoittamalla biohiili kompostiin tai vielä mieluummin käyttämällä biohiili ensin ravinnepitoisen massan kompostoinnissa apuaineena. Tällöin biohiileen latautuu ravinteiden lisäksi hyödyllisiä mikrobeja. Biohiilillä on havaittu olevan kompostointiprosessia kiihdyttäviä ja prosessin kasvihuonekaasupäästöjä alentavia vaikutuksia (mm. Godlewska et al. 2017), joten ravinnelatauksella tätä kautta voidaan saavuttaa useita hyötyjä samalla kertaa. Tuoressa meta-analyysissa (Zhou ym. 2023) löydettiin parhaat tulokset kompostien kanssa, joissa oli enintään 20% biohiiltä, ja tällaisten kompostien suositeltu levitysmäärä on välillä 10-20 t/ha.

Biohiilien ravinteita sitovat ominaisuudet ovat edullisia hulevesien käsittelyssä, eikä siihen käytettävää biohiiltä yleensä pidäkään ravinteistaa. Kompostin tai muiden biologisesti aktiivisten maa-aineiden kanssa muhitettaessa biohiilen pintarakenteet aktivoituvat niin, että se hylkii vettä vähemmän ja osallistuu tehokkaammin maaperän kemiallisiin ja fysikaalisiin reaktioihin. Siksi se on tältä osin edullista myös hulevesiratkaisuissa käytettävälle biohiilelle. Eri biohiilien aktivointimenetelmiä tarkasteltiin äskettäin meta-analyysissa (Ghorbani ym. 2022), jossa todettiin biohiilen happokäsittelyn olevan tehokkain keino lisätä ominaispinta-alaa, kationinvaihtokapaisteettia sekä mikrohuokoisia, verrattuna käsittelyihin emäksillä, metallioksideilla, fysikaalisesti tai ikääntymisen kautta.

Aktiivihiili

Varsinainen aktiivihiili voi olla bio- tai kivihiilestä valmistettua. Se on pintakäsitelty erikseen siten, että sen pinta-aktiivisuus ja reaktiivinen pinta-ala kasvaa erityisen suureksi. Yksinkertaisimmillaan aktivointi voidaan tehdä kuumentamalla puuhiili uudelleen hapettavassa ympäristössä. Aktivointi voidaan tehdä myös pyrolyysin aikana käsittelemällä raaka-aine kemiallisesti ennen pyrolysointia. Tavanomaisen biohiilen ja aktiivihiilen välinen ero on kapenemassa, sillä biohiilten tuotantoon pyritään integroimaan lisäkustannuksiltaan ja energiankäytöltään vähäisiä aktivointitapoja.

Pelletöinti ja pesu

Jo valmiin biohiilen pelletöinnistä on vielä raekokoakin vähemmän tutkimustietoa. Tässä vaiheessa ei voida sanoa, onko siitä mahdollisesti hyötyä tai haittaa, mutta lisäkustannus pelletöinti joka tapauksessa on. Biohiilen pesukäsittelyjen vaikutukset ovat yhtälailla epäselviä.

Andrenelli ym. (2016) tutkivat pelletöidyn vehnäleseen pyrolyysiä 800 ja 1200 asteen lämpötiloissa ja 14 t/ha lisäysmäärillä. He havaitsivat pelletöinnin tuovan lisätehoa pelkän biohiilen lisäykseen verrattuna, kun tutkittiin maaperän vedenpidätyskyvyn parantumista. Samassa italialaisessa kaksivuotisessa kenttäkokeessa itse pelletöinnin vaikutuksen maaperän irtotiheyteen arvioitiin olevan n. 10% luokkaa verrattuna biohiilen lisäykseen sellaisenaan.

Hiljattain Mohammadi (2021) tarkasteli biohiilien pelletöinnin mahdollisuuksia ja listasi tärkeimpinä etuina jopa puolet pienemmän hävikin (levityksen yhteydessä sekä tuuli- ja vesieroosion mukana) verrattuna tavalliseen biohiileen. Puupohjaisten biohiilien mekaanisen lujuuden lisäämiseksi on melkein aina syytä lisätä pelletöinnissä sidos- tai liima-aineita, ja myös pyrolyysiöljyn käyttöä tähän on arvioitu lupaavaksi.

Esimerkiksi Helsingin Yliopiston AgriChar-ryhmän vielä julkaisemattomissa tutkimushankkeissa kyseistä menetelmää on menestyksellisesti sovellettu biohiilipohjaisten täsmälannoitteiden kehityksessä.

Erityisesti lannoista tai lietteistä tehtyjen biohiilten muutenkin suhteellisen pieni huokoisuus ja ominaispinta-ala vähenee edelleen pelletöinnin yhteydessä (Mohammadi 2021). Pelletöinti onnistuu toisaalta helpommin lietemäisista massoista tehdyille biohiilille (esim. hydrohiilelle), kun taas yli 500 asteen lämpötiloissa tuotetusta puupohjaisesta biohiilestä tehdyt pelletit ovat yleensä aika hauraita.

Biohiilien pesua vedellä tai erilaisilla liuoksilla on tutkittu lähinnä keinona lisätä biohiilen haitta-aineiden sorptiokykyä (Dugdug ym. 2018, Boakye ym. 2019). Pesukäsittely vähentää yleensä tuhkan ja myös ravinteiden määrää biohiilissä. Eräässä kanadalaistutkimuksessa pestyillä pajupuusta sekä vehnänoljesta tehdyillä biohiilillä havaittiin pienempi Ca- ja Mg-pitoisuus ja siten myös alempi fosforin



Pelletöityä biohiiltä.
Kuva: Priit Tammeorg.

sitomiskyky (Dugdug ym. 2018). Boakye ym. (2019) taas havaitsivat vahvan vesipesukäsittelyn (2 h ravistelussa ja suodatus) parantavaansa leväbiohiilien ominaispinta-alaa ja pienentävän niiden tuhkapitoisuutta. Kaikkiaan pesukäsittelyjen vaikutukset riippuvat monista seikoista, eikä kokonaisuudesta ole vielä käsitystä.

Biohiilen ja sen sisältämän hiilivaraston elinkaari

Biohiilten ilmastonmuutoksen vaikutusta torjuvat ominaisuudet johtuvat pääasiassa niihin sidotun alkuainehiilen pitkäaikaisesta säilyvyydestä. Biohiili on maaperän eliöstölle vaikeasti hajotettavaa, mutta lopulta mikrobit kuitenkin hajottavat biohiilen ja sen sisältämä alkuainehiili palaa hiilidioksidina ilmakehään. Hajotuksen hitaus on keskeistä ilmastovaikutukselle, ja biohiilten hiilivaraston säilymistä onkin tutkittu paljon.

Biohiilissä on huonosti hajoavan hiilen lisäksi aina mukana hieman helpomminkin hajoavaa hiiltä, mikä on vaikeuttanut biohiilten säilymisen selvittämistä. Hitaasti hajoavan osuuden eliniän arviot liikkuvat pääasiassa 300-3000 vuoden haarukassa. Tähän vaikuttaa paitsi biohiilen omat ominaisuudet, kuten alkutilanteen hiilipitoisuus ja ravinteet, myös ympäristöolot. Biohiilet ovat kevyinä herkkiä eroosiolle eli kulkeutumiselle veden ja tuulen mukana, mikä voi liikutella biohiiltä ja vaikeuttaa sen eliniän tutkimista.

Biohiiliä hajottavat maaperän eloperäistä ainetta muutoinkin hajottavat maamikrobit ja muut maaperän eliöt. Niiden runsauteen ja toiminnan aktiivisuuteen vaikuttavat seikat ovatkin biohiilten säilymiselle tärkeitä. Suomessa kylmä talvi ja sitä kautta maaperän kylmyys voi hidastaa biohiilten mikrobihajotusta. Toisaalta jäätyminen ja sulaminen voivat hajottaa biohiilipalasia pienemmiksi ja paljastaa mikrobeille lisää pintaa työstettäväksi, tai lisätä biohiilten alttiutta eroosiolle. Mikrobitoiminta hyötyy lämmöstä, sopivasta kosteudesta ja hapen hyvästä liikkuvuudesta maassa, joten nämä seikat nopeuttavat biohiilten hajoamista. Ne kuitenkin ovat myös hyvän kasvien kasvun edellytyksiä.

Ilmastonmuutoksen torjunnan mittakaavassa biohiilten muutaman sadan vuodenkin elinikä riittäisi siihen, että siitä olisi suurta hyötyä. Niiden hiiltä sitova vaikutus on välitön ja useiden ihmissukupolvien mittainen. Biohiilet ovat nopea ja tehokas tapa lisätä hiiltä maaperään myös maanparannustarkoituksessa.



Biohiilen käyttökohteita viheralalla



Kohde:
Pensas- ja perennaistutus

Helsinginkatu, 001 I (keskusta), TURKU

Suunnittelu:

Varsinais-Suomen ELY-keskus ja Luonnonvarakeskus

Rakentaja ja rakennusvuosi:

Luonnonvarakeskus 2013 ja 2014

Tausta ja tavoitteet:

Turussa toteutettiin Liikennevihreä- tutkimushanke vuosina 2013-2016. Hankkeen tilaajana olivat Varsinais-Suomen ELY-keskus ja Liikennevirasto (nyk. Väylävirasto). Tutkimuksen toteutti Luonnonvarakeskuksen Piikkiön toimipaikka. Tutkimusta tuki Borisoffin puutarhasäätiö ja siihen osallistui myös Turun kaupunki.

Hankkeen tavoitteena oli hyvien kasvilajien löytäminen korvaamaan hävitettävää kurtturuusua (*Rosa rugosa*) vilkkailla liikennealueilla. Koealueeksi valittiin erittäin vilkkaasti liikennöity sisääntuloväylä Helsinginkatu (noin 24000 ajoneuvoa/vrk) ja sen keskikaista.

Kasvualustaseoksessa testattiin myös biohiilen käyttöä. Istutus oli laajuudeltaan 385 neliötä ja se jaettiin kolmeen osaan kasvualustojen testaamista varten.

Käytetty biohiili:

Kokeessa käytetty biohiili oli valmistettu lehtipuusta (leppä, haapa, saarni) ja pyrolyysilämpötila 450 °C (Biolan Oy).

Kasvualusta- ja rakenneratkaisut:

Verrokkina oli ns. tavanomaista eli kasvualustaa, jota urakoitsija normaalin menettelynsä mukaan tilasi (Kasvualusta 1).

Kokeiltavista kasvualustoista ensimmäinen sisälsi kompostoitua mädätysjäännöstä (30 %), kivennäismaa-aineksia (30 %), lehtikompostia (20 %) ja turvetta (20 %) (Kasvualusta 2).

Toiseen kokeiluun laitettiin samaa kasvualustaa, johon lisättiin biohiiltä noin 17 % tilavuudesta (Kasvualusta 3). Biohiili lisättiin kerroksena kasvualustan alle biohiilen ja turpeen seoksena (suhteessa 75% ja 25%). Turpeeseen

◄ *Tutkimushankkeessa kadun keskikaistalle istutettiin monipuolisesti matalakasvuisia pensaita, perennoja ja koristeheiniä. Vaikka hanke jäi kesken, ehdittiin monen kasvilajin kohdalla jo saada alustavia tuloksia menestymisestä liikennealueilla. Kuva Eeva-Maria Tuhkanen/Luke*

► *Liikennevihreä-tutkimushanke toteutettiin vilkkaasti liikennöidyllä Helsinginkadulla vuosina 2013-2016. Kuvassa erottuvat selkeästi eri kasvilajien koeruudut. Kuva Eeva-Maria Tuhkanen/Luke*

sekoittaminen vähensi biohiilen pölyämistä. Katteeksi laitettiin havupuukuoriketta noin 10 cm paksuudelta.

Kasvillisuutena käytettiin matalakasvuisia pensaita, perennoja ja koristeheiniä. Pensaita istutettiin 350 m² yhteensä 7 eri lajia sekä perennoja ja koristeheiniä 450 m² yhteensä 22 eri lajia. Pensaat istutettiin astiataimina (taimikoko at2l). Perennat ja heinät istutettiin valmiina rullina ja mattoina. Taimet hankittiin kotimaisilta taimistoilta.

Kokemukset

Koealueen kohtaloksi koitui TYKS:n rakennustyömaa. Uudisrakennuksen tulo oli jo koekohdetta valittaessa tiedossa, mutta työmaan vaatiman kiertotien sijaintia ei osattu ennakoida. Tämä tie tuli juuri koealueen kohdalle. Tutkimus päättyi tähän syksyllä 2016, eivätkä eri kasvualustojen erot ehtineet tulla esiin.

Kunnossapito: kokeen aikana kasvillisuutta kitkettiin tavanomaiseen tapaan useita kertoja kasvukauden aikana (4-6 kertaa kahtena ensimmäisenä kesänä) koekasvin peittävyydestä riippuen. Perennojen ja heinien tarve kitkennälle oli vähäinen johtuen valmiiden rullien ja mattojen käytöstä.

Kasvien menestyminen: Pensaiden menestymisessä ei ehditty havaita eroja eri kasvualustojen välillä. Sen sijaan pensaiden ja ruohovartisten kasvien menestymisestä saatiin jo alustavia tuloksia ja lajikohtaiset erot olivat huomattavia.



Kohde:
Katupuut

Tuhkatie ja Leipätie, Nastola, LAHTI

Suunnittelu:

Lahden kaupunki ja Helsingin yliopisto, 2017

Rakentaja ja rakennusvuosi:

L&T Viherpalvelut, syksy 2018

Tausta ja tavoitteet:

Tutkimustarkoituksessa normaaliin, perinteiseen katupuuistutukseen perustettu koealue. Kokeessa selvitetään, vaikuttaako kasvualustaan lisätty kuusesta valmistettu biohiili puistolehmusten selviämiseen, kasvuun (rungon ja juurten) ja kasvin hyvinvointiin (mm. lehtien ravinnepitoisuudet ja herbivoria).

Käytetty biohiili:

Noireco Oy (kuusibiohiili)

Kasvualusta- ja rakenneratkaisut:

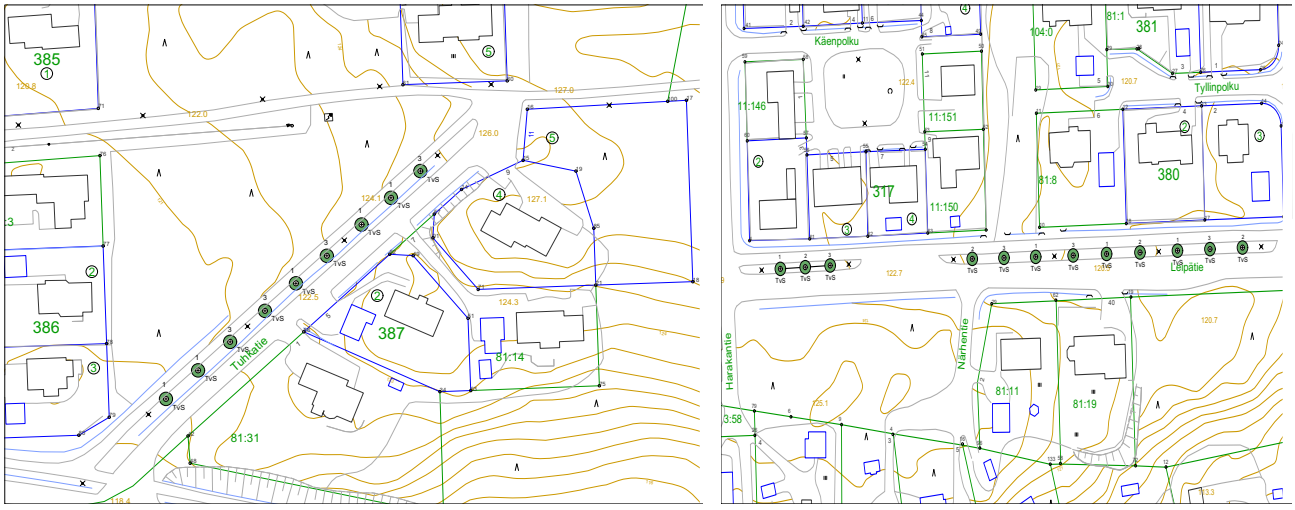
Kahden kadun nurmipintaisiin välikaistoihin istutettiin katupuut, joiden perinteisissä kasvualustoissa (VRT'17 ravinteisuustyyppi 1) on eri määriä biohiiltä (tilavuus-%):

- 10 %
- 50 %
- ei lainkaan (kontrolli)

Kasvillisuus: 21 puistolehmusta (*Tilia x vulgaris* 'Siivonen'). Kasvualustan syvyys 80-130 cm, kasvualustan vähimmäismäärä 7,2 m³ per puu. Biohiilen aiheuttamaa "laimenemista" ravinteissa ei korvattu lisälannoitteella.

Kokemukset

Kunnossapito: Ei toistaiseksi erityistä. Ensimmäisten kolmen kesän aikana puita kasteltiin. Puita leikattiin kevyesti vuonna 2021, mutta hellekesästä huolimatta puilla ei ollut kastelutarvetta.



1 = kontrolli (0 % biohiili), 2 = 10 % biohiili, 3 = 50



21 puistolehmuksesta kolme eri biohiilikäsittelyä edustavaa puuta kuvattuna 2 vuotta istuttamisen jälkeen, jolloin oli vielä silminkin nähtäviä eroja mm. lehtien värissä ja klorofyllipitoisuudessa: 50 % biohiiltä sisältävissä kasvualustoissa kasvavien lehmusten lehtien väri oli vaaleampi ja klorofyllipitoisuus alhaisempi kuin lehmusten, jotka oli istutettu biohiilettömään tai 10 % biohiiltä sisältävään kasvualustaan. Kuva: Kirsi Kuoppamäki

Kasvien menestyminen: Alustavien havaintojen mukaan kaikki puut ovat kasvaneet hyvin. Neljän kasvukauden jälkeen puiden ympärysmitta on kontrollipuissa keskimäärän 24,0 cm, 10 % biohiiltä sisältävissä alustoissa 25,0 cm ja 50 % biohiiltä sisältävissä kasvualustassa 22,5 cm. Suurin ero kasvien kasvussa oli ensimmäisen vuoden aikana, jonka jälkeen merkittäviä eroja ei ole havaittu.



► *Vasemmalla kairanäyte kasvualustasta, jossa ei ole biohiililisäystä, oikealla näyte kasvualustasta, jossa on 50 % biohiililisäys. Kuvat: Kirsi Kuoppamäki*



Kohde:
Perennaistutus

Puiston vanhat perennaryhmät uudistettiin kokonaan. Uuteen kasvualustaan sekoitettiin biohiiltä. Kuva otettu 2.6.2021. (Kuva Kalervo Mattila ja Suvi Kuusisto/ Ramboll CM Oy).

Ingegerdinpuisto, Räntämäki, TURKU

Suunnittelu:
Turun kaupunki 2017

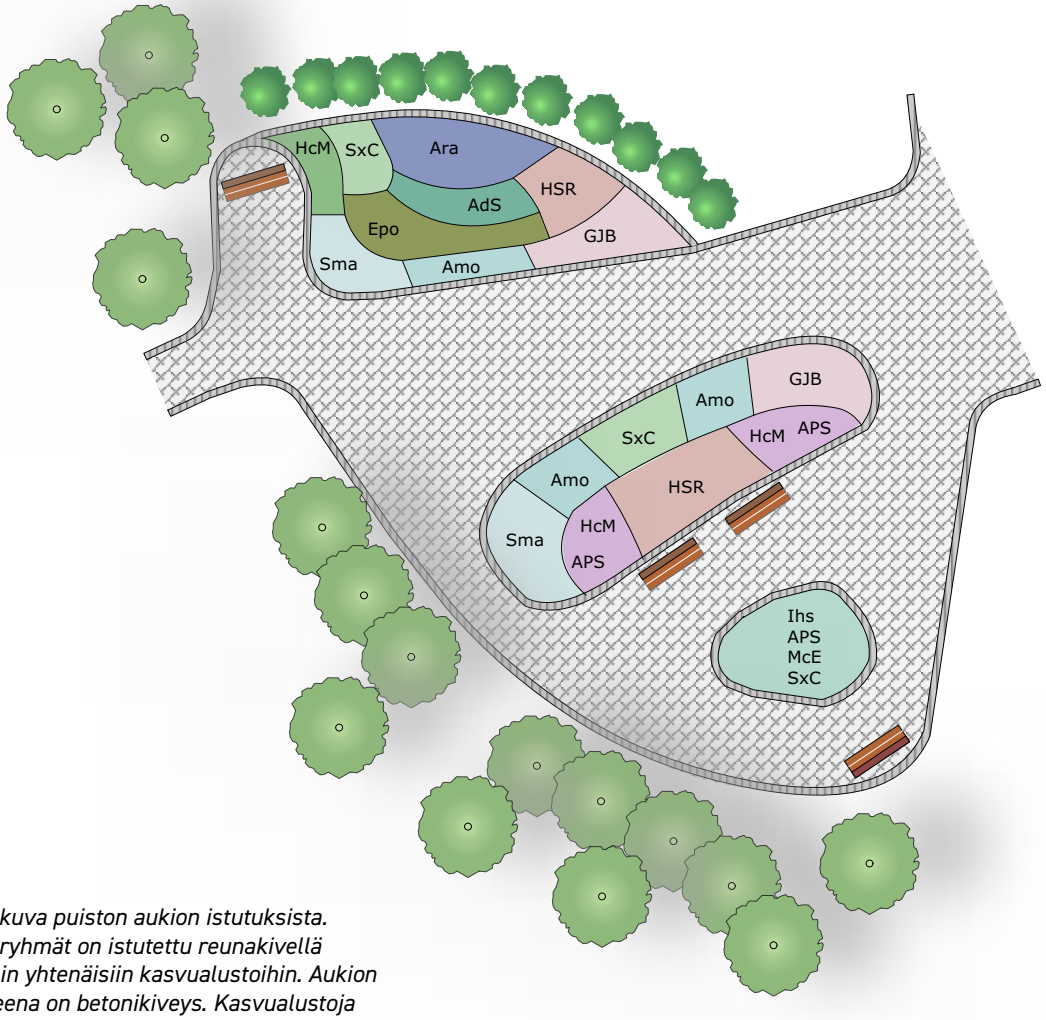
Rakentaja ja rakennusvuosi:
Kuntec Oy 2018

Tausta ja tavoitteet:
Puiston vanhat huonokuntoiset perennaryhmät haluttiin uudistaa edustavampaan kuntoon. Samassa yhteydessä avoimen ja helposti kuivahtavan kasvupaikan kasvuolosuhteita haluttiin parantaa biohiilen käytöllä.

Käytetty biohiili:
Carbofex Oy:n kuusesta valmistettua biohiiltä (pyrolyysilämpötila 600 astetta). Biohiilen raekoko oli 0-10 mm.

Kasvualusta- ja rakenneratkaisut:
Perennaryhmille rakennettiin uudet kasvualustat 40 cm syvyyteen. Tavanomaisen kasvualustan sekaan sekoitettiin biohiiltä 10% kasvualustan tilavuudesta.

Istutettu kasvillisuus: monilajiset istutukset perennoja ja heiniä, kuten poimulehtiä (*Alchemilla*), kimikkejä (*Actaea*), laukkoja (*Allium*), astereita (*Aster*(, tyräkkejä (*Euphorbia*), kurjenpolvia (*Geranium*), päivänliljoja (*Hemerocallis*), kurjenmiekkoja (*Iris*), siniheinää (*Molinia*), salvioita (*Salvia*)), ja jalopähkämöä (*Stachys*). Kasvualustan katteena käytettiin kaakaopapujen kuorirouhetta.



Periaatekuva puiston aukion istutuksista. Perennaryhmät on istutettu reunakivellä rajattuihin yhtenäisiin kasvualustoihin. Aukion pinnoitteena on betonikiveys. Kasvualustoja parannettiin biohiilellä.

Kokemukset

Kunnossapito:
Normaalit perennaryhmän alkuvaiheen työt kuten säännöllinen kastelu. Kitkentätarve suhteellisen vähäinen johtuen laadukkaasta kasvualustasta ja hyvästä katteesta.

Kasvien menestyminen:
kasvien menestyminen alusta lähtien erittäin hyvä. Talvien ailahtelevuus on tuonut näkyviin menestymiseroja eri perennalajien kesken. Osa lajeista menestyy erittäin hyvin, mutta eivät aivan kaikki. Huonosti menestyvät lajit joudutaan paikkausistuttamaan.



Perennat lähtivät pääsääntöisesti erittäin hyvin ja vahvasti kasvuun. Kuva otettu 13.7.2021. Kuva Kalervo Mattila ja Suvi Kuusisto/ Ramboll CM Oy



Kohde: Esplanadinpuiston puut

Yleiskuva Loviisan Esplanadinpuiston työmaalta. Vanhojen lehmusten juuriston kasvuolosuhteita päätettiin parantaa avaamalla ilmalapiolla ojamaiset kanavat puiden runkojen läheisyydestä säteittäisesti ulospäin. Kuva Emilia Marila

LOVIISA

Suunnittelu:

Loviisan kaupunki ja Juurista latvaan -arboristipalvelut 2021

Rakentaja ja rakennusvuosi:

Loviisan kaupunki ja Juurista latvaan -arboristipalvelut 2021. Hanke jatkui kesällä 2022.

Tausta ja tavoitteet:

Loviisan Esplanadinpuiston vanhat lehmukset ovat maisemallisesti ja ekologisesti arvokkaita ja osa valtakunnallisesti merkittävää kulttuurihistoriallista ympäristöä. Puiden nurmipintainen juuristoalue oli vuosien saatossa tiivistynyt ja sen pieneliötoiminta köyhtynyt.

Puiden juuristoalueen olosuhteita päätettiin parantaa maaperän toimintaa aktivoimalla. Tässä parannuksessa biohiilellä oli merkittävä rooli.

Käytetty biohiili:

Carbofex Oy:n lehtipuusta (leppä, saarni, haapa) valmistettua lataamatonta biohiiltä (pyrolyysilämpötila 600 astetta, viipymä 4 tuntia). Biohiilen raekoko oli 5-10 mm.

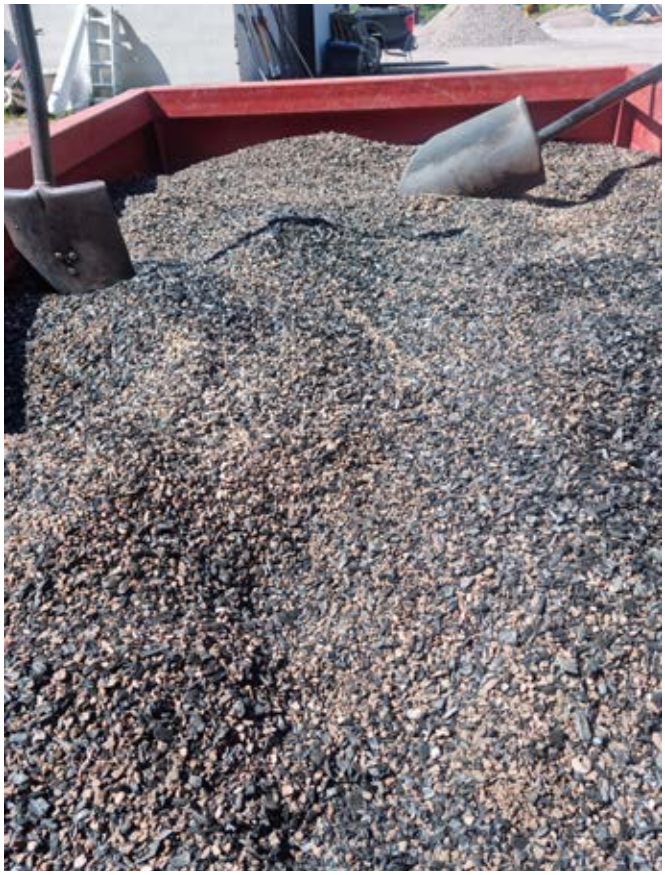
Kasvualusta- ja rakenneratkaisut:

Puiston maaperän kunnostaminen ja puiden juuristoalueen parantaminen toteutettiin ilmalapion (AirSpade) avulla. Maan pintakerrosta puhallettiin irti voimakkaan paineilman avulla noin 10-25 cm syvyydeltä mahdollisuuksien mukaan. Paineilman avulla puhallettiin ojamaiset kanavat säteittäisesti rungolta ulospäin (ns. radial trenching, maanparannuskäytön ohjeet, s. 94). Kanavat olivat 5-7 metriä pitkiä ja 0,4-0,6 metriä leveitä. Ilmalapion avulla tehdyssä maaperän kaivutyössä puiden ravinteiden- ja vedenotolle tärkeät hienojuuret säilyvät kohtalaisen vähin vaurioin.

Syntyneisiin ojiin lisättiin sepelin ja biohiilen seosta (sekoitussuhde 1:1). Sepelin raekoko



▲ *Ojamaisten kanavien kaivu tehtiin ilmalapion (AirSpade) avulla. Kuva: Emilia Marila*



► *Kaivettuihin kanaviin lisättiin sepelin ja biohiilen seosta. Sepelin raekoko oli #3-8 mm ja biohiilen #5-10 mm. Kuva: Emilia Marila*

oli #3-8 mm. Sepelin tarkoituksena oli estää maan tiivistymistä uudelleen. Biohiilellä oli merkittävä rooli maaperän vesi-, happi- ja mikrobitoiminnan parantajana. Kanavien pintaan levitettiin uutta kasvualustaa ja kylvettiin nurmikkoa.

Kokemukset

Kunnossapito: rakentamisvaiheen jälkeen nurmikkopintaisen puiston kunnossapito jatkuu tavanomaisena.

Kasvien menestyminen: maaperän kasvuolosuhteiden edellytysten parantamisen tulokset kyetään arvioimaan tulevien vuosien aikana. Puiden latvusten kehittymistä seurataan.



Kohde:
Hyväntoivonpuiston hiilipuisto

Jätkäsaari, HELSINKI

Suunnittelu:

Helsingin yliopisto ja Aalto-yliopisto (Carbon Lane- hanke), VSU Maisema-arkkitehdit

Rakentaja ja rakennusvuosi:

Stara 2019-2020

Tausta ja tavoitteet:

Jätkäsaareen rakentuvan uuden kaupunginosan rakennettuun uuteen, laajaan puistoon perustettiin erilaisten biohiiliä sisältävien viherrakentamisen kasvualustojen pilotti- ja koealue puiston rakentamisen yhteydessä. Tarkoituksena oli selvittää biohiilien vaikutusta puiston hiilensidontaan, puiden kasvua biohiilikasvualustoissa, ja biohiilien vaikutusta maan vesitalouteen. Alueella tehdään tunnetuksi kaupunkialueiden hiilensidonnan mahdollisuuksia myös tavallisille kaupunkilaisille.

Käytetty biohiili:

Puupohjaisia biohiiliä, kaikkien pyrolyysilämpötilä yli 600°C. Eri kasvualustaseoksissa eri valmistajien tuotteita: Carbofex Oy, Noireco Oy, Novarbo Oy.

Kasvualusta- ja rakenneratkaisut:

Biohiilikasvualustojen pilotointialue sijoittuu puiston länsiosiin, missä tavanomaiset nurmikolle tai niitylle istutettavien puiden kasvualustat korvattiin erilaisilla kokeiltavilla biohiilikasvualustoilla ja verrannekasvualustalla.

Alueelle suunniteltiin koejärjestely, jossa samoja puulajeja voitiin sijoitella eri kasvualustoille siten, että niiden kasvua voidaan verrata keskenään. Lisäksi läheiselle kestopäällystealueelle istutettavilla saarnilla käytettiin kolmea vertailtavaa kantavaa kasvualustaa.

Kokeilussa on mukana 2 biohiiltä sisältävää kantavaa kasvualustaa ja biohiiletön verranne, sekä 5 biohiiltä sisältävää perinteistä kasvualustaa ja näiden biohiiletön verranne.

◄ *Biohiilikasvualustoilla kasvavia Hyväntoivonpuiston koristeomenoita keväällä 2021.*

► *Hyväntoivonpuiston biohiilialueella on tutkittu sekä puiden kasvua että maaperän ominaisuuksien kehittymistä.*



Biohiiltä sisältävät kasvualustat olivat kasvualustanvalmistajien markkinoilla olevia tai uusien valmistajien koetta varten tehtyjä tuotteita.

Rakenneratkaisut eivät muuten poikenneet tavanomaisesta. Kaikkiaan kokeessa on mukana n. 80 puuta, puita kasteltiin kastelupusseilla jatkuvasti 2020-2021 aikana.

Biohiilikasvualustoille istutettiin koristeomenaa (*Malus* 'Makamik'), amerikanpihlajaa (*Sorbus americana*), ja metsälehmusta (*Tilia cordata*). Kantaville kasvualustoille istutettiin saarnia (*Fraxinus excelsior*). Puuistutusten alla on osin nurmikkoa, osin niittyä.

Kokemukset

Sekä perinteisissä että kantavissa kasvualustoissa puut ovat kasvaneet biohiilikasvualustoilla hyvin, vähintään yhtä hyvin kuin biohiilettömissä verranteissa, mutta seuranta-aika on vielä lyhyt. Joissakin koetta varten tehdyissä seoksissa käytetyt kompostit tekivät kasvualustoista liiankin ravinteikkaita, eritysesti fosforin osalta. Biohiilelliset kasvualustat lisäsivät kontrolliin verrattuna kasvualustojen isojen huokosten osuutta sekä näiden kasvualustojen vedenpidätyskykyä: siitä voisi olla hyötyä poutajaksojen aikana kun puiston kastelu päättyy.

Kokeilun perustamisesta on julkaistu varsin tarkka dokumentaatio (Soronen et al. 2019, Tammeorg et al. 2021, näissä lähteissä kuvataan myös yleisesti vastaavien kokeilupuistojen suunnitteluperiaatteet ja Hyväntoivonpuiston perustamisesta saatu kokemukset), ja puiden kasvua ja kasvualustojen ominaisuuksia on seurattu jatkohankkeessa (Hiilipuisto-hanke)
.
Alkuvuosien (2020-2021) seurantatuloksista on valmistunut v. 2022 Topi Kopakkalan pro gradu -työ ja v. 2023 julkaistaan HiiliPuisto -hankkeiden loppuraportti (sis. myös vuoden 2022 seurannan tulokset).

Kunnossapito: Osa koetta varten valmistetuista kasvualustoista painui liiallisen ruokokompostin tai turpeen käytön vuoksi niin paljon, että niitä jouduttiin korjaamaan/täydentämään päältäpäin kontrollikasvualustalla, HSY:n Metsäpirtin mullalla.



Kohde:
Välikaistan puut
ja pensaat

Munterinkatu, Runosmäki, TURKU

Suunnittelu:
Turun kaupunki 2016

Rakentaja ja rakennusvuosi:
Kuntec Oy 2017

Tausta ja tavoitteet:
Munterinkadun katuvihreä uusittiin kokonaisuudessaan vuonna 2017. Välikaistat ovat kapeat ja vedestä on helposti puutetta. Entiset suurikasvuiset välikaistan pensaat ja huonokuntoiset kotipihlajat (*Sorbus aucuparia*) päätettiin korvata vahvoilla matalilla pensailla ja uusilla kapeakasvuisilla katupuilla. Biohiilellä tavoiteltiin parempaa kasvillisuuden vesitaloutta ja parempia juuriston kasvuoloja.

Käytetty biohiili:
Biohiilenä Carbofex Oy:n kuusesta valmistettua biohiiltä (pyrolyysilämpötila 600 astetta) raekooltaan 10-20 mm.

Kasvualusta- ja rakenneratkaisut:
Välikaistoille kaivettiin uudet kasvualustat 100 cm syvyyteen. Tästä ylin 50 cm on tuotteistettua kasvualustaa (jossa 30% biohiiltä). Alempi 50 cm on kantavaa kasvualustaa, joka samalla tukee rakenteellisesti ajorataa ja viereistä kevytliikenneraittia.

Kantavan kasvualustan tukirakenne on #100-200 mm graniitti, johon on sekoitettu biohiiltä 30% hienon maa-aineksen tilavuudesta. Kantava kasvualusta on rakennettu vedellä

◄ *Kadun välikaistat ovat tavanomaista kapeammat. Biohiilen avulla pyritään parantamaan kasvualustan vedenpidätyskykyä ja biologista toimintaa. Kuva otettu 15.7.2022. Kuva Aki Männistö/Turun kaupunki*

► *Munterinkadun puut ja pensaat on istutettu kadun välikastoihin. Puut kasvavat pensasryhmissä yhtenäisissä kasvualustoissa. Kuva otettu 15.7.2022. Kuva Aki Männistö/Turun kaupunki*



syöttämällä. Kaistoihin johdetaan hulevesiä ajoradoilta ja kevytliikennereiteiltä.

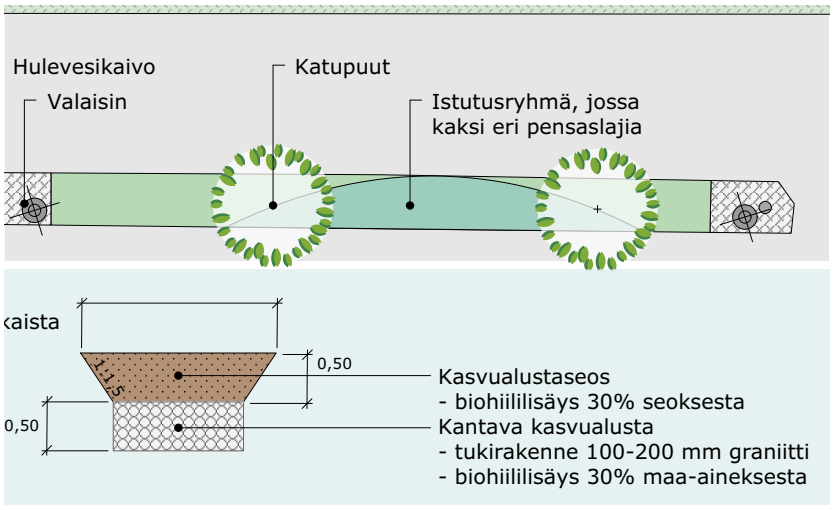
Kasvillisuus: 15 kpl pylväslehmusta (T*ilia platyphyllos f. fastigiata* 'Harviala'), rym 16-18 cm, Harvialan taimistolta. Pensaat koivuangervoa (*Spiraea betulifolia*) ja keltajapaninangervoa (*Spiraea japonica* 'Golden Princess').

Kokemukset

Kunnossapito: Kapeat välikaistat ovat haastavia kunnossapidolle.

Kasvien menestyminen: Sekä puiden että pensaiden juurtuminen ja kasvuunlähtö oli heti alussa hyvää. Kasvillisuus on kuitenkin vielä nuorta. Kesällä 2022 puiden kasvu oli erittäin hyvää. Kapea välikaista on uhkana puiden ja pensaiden menestymiselle pitkällä aikavälillä.

► *Munterinkadun asemapiirros ja poikkileikkauskuva kasvualustan rakenteesta. Puille ja pensaille rakennettiin yhtenäinen kasvualusta. Kasvualustan alin osa rakennettiin kantavalla kasvualustalla, joka tukee kadun kapeaa välikaistaa rakenteellisesti. Tämän päälle levitettiin kasvualustaseos, johon puut ja pensaat istutettiin. Molemmat kasvualustan kerrokset sisältävät biohiiltä.*





Kohde:
Katupuut

Humalistonkatu, 007 VII kaupunginosa (keskusta), TURKU

Suunnittelu:

Turun kaupunki 2016

Rakentaja ja rakennusvuosi:

Kuntec Oy 2017

Tausta ja tavoitteet:

Humalistonkatua saneerattiin vuonna 2018 uusien polkupyöräkaistojen vuoksi. Tässä yhteydessä kadulta kaadettiin kaksi huonokuntoista katupuuta. Ne korvattiin kahdella uudella, joiden kasvualustoissa käytettiin biohiiltä.

Käytetty biohiili:

Biohiilenä kohteessa on Carbofex Oy:n kuusesta valmistettu biohiili (pyrolyysilämpötila 600 astetta), raekooltaan 10-20 mm.

Kasvualusta- ja rakenneratkaisut:

Istutettaville puille rakennettiin kantavat kasvualustat (tukirakenne #100-200mm graniitti), johon on sekoitettu biohiiltä. Biohiiltä on 30% maa-aineksen tilavuudesta, se korvasi TerraCottemin vedensitojana. Kantava kasvualusta on rakennettu vedellä syöttämällä.

Jalkakäytävän ja pyöräkaistan hulevesiä ohjataan puiden kasvualustoihin. Kasvualustan pohja on salaojitettu ylimääräisen veden poistamiseksi. Pinnoitteena on betonilaattaa. Puilla on maaritilät ja runkosuojat.

Istutetut puut: 2 kpl tulivaahteraa (*Acer x freemanii* 'Jeffersred' AUTUMN BLAZE®), rym 18-20 cm, hankittu Ruotsista.

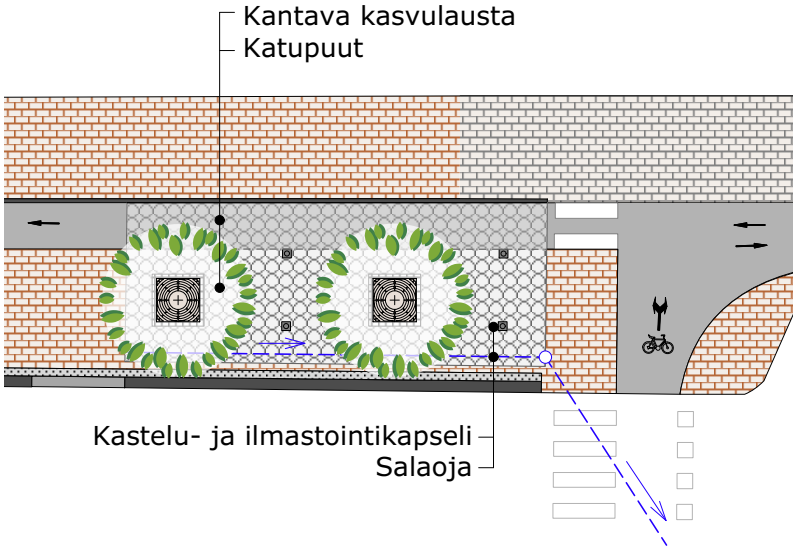
Kokemukset

Kunnossapito: Hulevedet johdetaan puille betonilaatoitusta pitkin, joka voi muodostaa talven aikana liukastumisriskiä. Muu tekninen ratkaisu voisi olla parempi.

Kasvien menestyminen: Puiden menestyminen heti alussa melko hyvää, mutta puut vielä nuoria. Ensimmäisenä kesänä kuiva ja kuuma kesä vaivasi ja aiheutti oksan kärkien kuivumista. Puiden kasvu jatkunut kuitenkin erittäin hyvänä.

► *Humalistonkadun katupuiden kasvualustan rakentaminen valmistumassa. Kantava kasvualusta on kuvassa jo valmis ja jalkakäytävän laatoituksen rakentamista valmistellaan. Puut tullaan istuttamaan kuvassa näkyvien metallilieriöiden (muottien) kohdille. Kuva on otettu 18.9.2017. Kuva Aki Männistö/ Turun kaupunki*

► *Humalistonkadun detaljikuva asemapiirroksesta ja poikkileikkauskuva. Puut istutettiin yhtenäiseen kantavaan kasvualustaan. Pyöräkaistan ja jalkakäytävän hulevesiä hyödynnetään kastelu- ja ilmastuskapseleiden avulla.*





Humalistonkadulle istutetut tulivaahterat kuvattuna 29.8.2018. Kuuman kesän merkkejä näkyy puiden latvuksissa. Kuva Aki Männistö/ Turun kaupunki



Tulivaahterat kuvattuna 15.7.2022. Puiden kasvu on jatkunut vahvana ja lupaavana. Kuva Aki Männistö/ Turun kaupunki



Kohde:
Katupuut

Annankadun ja Fredrikinkadun välinen kortteli syyskuussa 2019. Kuva: Minna Terho/ Helsingin kaupunki.

Iso Roobertinkatu, Punavuori, HELSINKI

Suunnittelu:

Ramboll ja Helsingin yliopisto 2017

Rakentaja ja rakennusvuosi:

VRJ 2017

Tausta ja tavoitteet:

Kävelykadun remontissa uusittiin myös katualueen istutukset kahdessa korttelivälissä. Toisen korttelivälin kasvualustoissa kokeiltiin biohiilikasvualustaa ja toinen toteutettiin tavanomaisella kasvualustalla.

Käytetty biohiili:

Biohiilen toimittaja oli Pajupojat Oy. Sen raaka-aine oli paju ja pyrolyysilämpötila 420C.

Kasvualusta- ja rakenneratkaisut:

Kantavat kasvualustat toteutettiin korttelivälillä Yrjönkatu-Annankatu tavanomaisella kantavalla kasvualustalla.

Korttelivälillä Annankatu-Fredrikinkatu kantavan kasvualustan hienoaineesta 20% on biohiiltä. Kaikissa kasvualustoissa on Tukholman mallin mukainen ilmastuskerros, johon johdetaan hulevesiä.

► *Kuolleiden puiden poistoa samalta korttelivälitä syksyllä 2021. Kuva: Anu Riikonen/Sitowise Oy.*

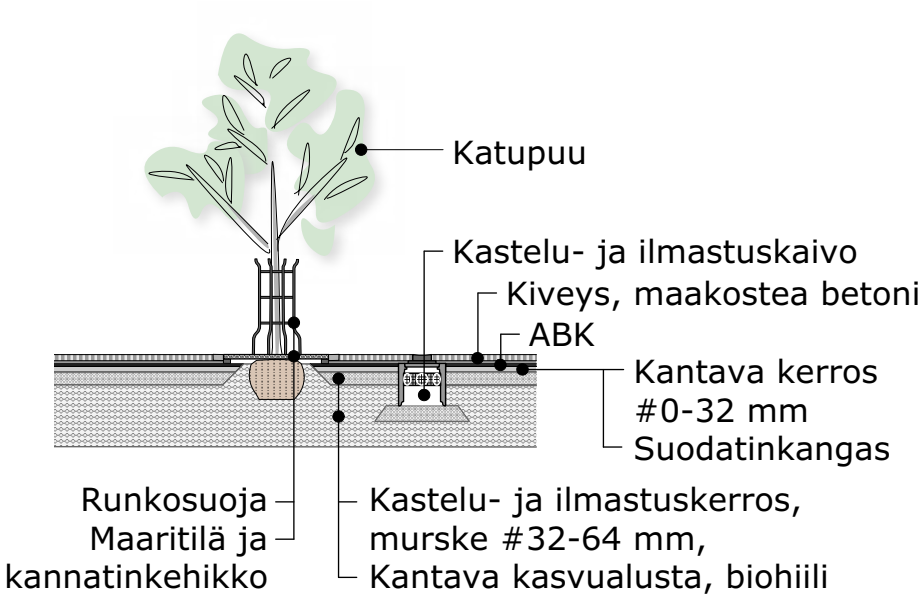


Osa puista uusittiin, kolme noin neljäkymmentävuotiasta lehmusta (*Tilia* sp.) voitiin säilyttää. Niille tehtiin kasvualustasaneeraus imuroimalla käyttäen samaa kasvualustaa, jota kyseisellä korttelivälillä käytettiin uusillekin puille.

Kokemukset

Kunnossapito: Ei toistaiseksi erityistä.

Kasvien menestyminen: Monet biohiilikasvualustaan istutetut punavaahterat ja kartiovalkopyökit olivat kuolleet tai heikossa kunnossa kesällä 2021. Kuolinsyystä ei ole varmuudella saatu selville, vaikka sitä tutkittiin syksyllä 2021. Kasvualustojen näytteiden analyyseissa ei havaittu mitään vikaa tai puutteita. Mahdolliseksi kuolinsyyksi epäillään joko katualueen pesuun käytettyä kemikaalia tai talvenkestävyydeltään riittämättömiä perusrunkoja. Myös verranteena käytettävällä, biohiilettömällä katujaksolla on joitakin huonokuntoisia puita.





Kohde:
Katupuut

Kuvassa rakennetaan Puutarhakadulle katupuun kantavaa kasvualustaa, johon johdetaan jalkakäytävän ja pyöräkaistan hulevesiä. Hulevesien imeytys toteutettiin "malli Tukholma" mukaisesti kastelu- ja ilmastuskaivon kautta. Kaivo näkyy kuvassa keskellä. Kuva Aki Männistö, Turun kaupunki

Puutarhakatu, VII kaupunginosa (keskusta), TURKU

Suunnittelu:
Turun kaupunki 2017

Rakentaja ja rakennusvuosi:
Vaihe 1: Kuntec Oy 2018 (Aurakatu-Käsityöläiskatu). Vaihe 2: Oteran Oy 2019 (Käsityöläiskatu-Koulukatu)

Tausta ja tavoitteet:
Puutarhakatua saneerattiin vuosina 2018-2019 uusien polkupyöräkaistojen vuoksi. Tässä yhteydessä vanhan kadun poikkileikkausprofiilia muutettiin. Autoilta vapautuvaa tilaa käytettiin pyöräilyn ja jalankulun hyödyksi.

Samalla kadulle istutettiin uusia katupuita. Katupuilla kantavana teemana oli saada hyödynnettyä jalkakäytävien ja pyöräkaistojen hulevesiä mahdollisimman paljon.

Käytetty biohiili:
Välillä Aurankatu - Käsityöläiskatu käytettiin Carbofex Oy:n kuusesta valmistettua biohiiltä (pyrolyysilämpötila 600 astetta) raekooltaan 10-20 mm. Välillä Käsityöläiskatu - Koulukatu käytettiin Biolan Oy:n lehtipuusta valmistettua biohiiltä Virosta (pyrolyysilämpötila 450 astetta).

Kasvualusta- ja rakenneratkaisut:
Kaikille puille rakennettiin kantavat kasvualustat (tukirakenne #100-200mm graniitti), johon on sekoitettu ladattua biohiiltä #5-10mm. Biohiiltä on 30% hienon maa-aineksen tilavuudesta. Kantava kasvualusta rakennettu vedellä syöttämällä. Jalkakäytävän ja pyöräkaistan hulevesiä ohjataan kasvualustoihin erilaisella ratkaisuilla tilanteen mukaan, koska vanhalla kadulla yhtenäinen ratkaisu ei ollut mahdollinen.

Hulevesiä johdetaan kasvualustaan jalkakäytävän pintavaluntana hulevesikapseleihin tai linjakuivatusjärjestelmän kautta. Osalle puista on rakennettu kastelu- ja ilmastuskaivot (”Malli Tukholma”). Kasvualustat on myös salaojitettu. Kasvualustan pinnoitteena on betonilaattaa.

Istutettu kasvillisuus: 13 kpl katupuita seuraavia lajeja: tulivaahtera (*Acer x freemanii* ’Jeffersred’ AUTUMN BLAZE®), hurmevaahtera (*Acer platanoides* ‘Deborah’), turkinpähkinä



◄ *Puutarhakatu hulekaivo: Puutarhakadulla käytettiin Suomessa valmistettuja kastelu- ja ilmastuskaivoja. Työmaalla otetussa kuvassa näkyy kolme kyseistä kaivoa. Kaivon sisältä hulevesi imeytetään kasvualustan kastelu- ja ilmastuskerrokseen sivujen reikien kautta. Metallinen ritiläverkko estää karkea murskeen valumista kaivon sisälle.*

▼ *Kantavan kasvualustan rakentaminen tekeillä. Kastelu- ja ilmastuskaivo on työn ajan suojattuna. Ilmastuskapseleiden sijoituspaikat ovat näkyvissä. Puu tullaan istuttamaan metallisen lieriön (muotti) paikalle. Kuva Aki Männistö, Turun kaupunki*



Kuvassa Puutarhakadulla käytettyjä kantavan kasvualustan materiaaleja. Tukirakenteena käytettiin #100-200mm graniittia. Maa-aines hankittiin Biolan Oy:ltä, johon oli valmiiksi sekoitettu 30% ladattua biohiiltä #5-10mm. Kuva Aki Männistö, Turun kaupunki



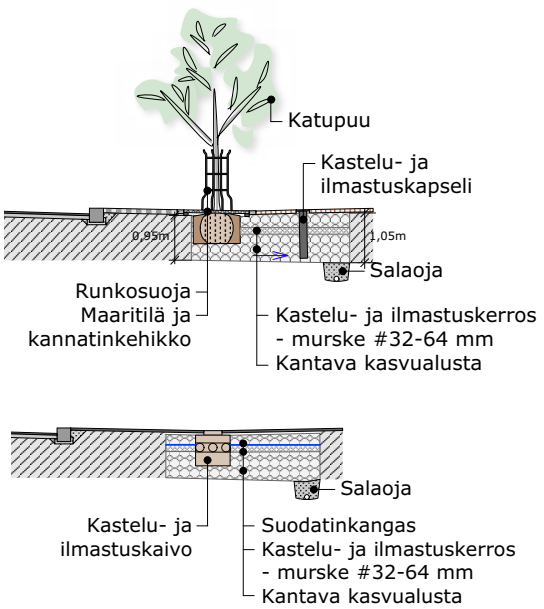
▼ *Puutarhakadun puuistutuksen rakenneratkaisu, jolla kadun jalkakäytävän ja pyörätien hulevesiä hyödynnetään. Hulevesiä johdetaan puun kantavaan kasvualustaan sekä hulevesikapseleilla että kastelu- ja ilmastuskaivon avulla. Kuvassa kaksi eri ratkaisua, jotka kuvaavat saman puun kasvualustaa. Leikkauskuvat ovat kasvualustan eri kohdista.*

(Corylus colurna), metsälehmus (*Tilia cordata* 'Greenspire'), hopealehmus (*Tilia tomentosa*). Kaikkien taimien istutuskoko rym 20-25 cm, ja ne on hankittu Ruotsista.

Kokemukset

Kunnossapito: ei toistaiseksi erityistä. Linjakuivatusjärjestelmä edellyttää jatkossa säännöllistä puhdistamista. Monen puun kasvupaikka melko kapea joten puiden nuoruusvaiheen rakenneleikkauksille on jatkossa suurta tarvetta.

Kasvien menestyminen: heti alussa erittäin hyvää, mutta puut vielä nuoria.





Kohde:
Katupuut, yksittäispensaat, köynnökset ja perennat

Köynnöksiä biohiilipitoisessa kasvualustassa välillä Kyllikinkatu-Tapionkatu 2021. Kuva: Ramboll.

Puutarhakatu, JYVÄSKYLÄ

Suunnittelu:

Ramboll

Rakentaja ja rakennusvuosi:

Altek Aluetekniikka- liikelaitos
1. vaihe 2019 välillä Kyllikinkatu-Tapionkatu

Tausta ja tavoitteet:

Tourujoen vedenlaatu on heikko ja alueen kuormittuneen hulevesiverkoston johdosta Jyväskylän keskustassa on toistuvia tulvia.

Tavoitteena oli pilotoida Puutarhakadulla erilaisia hulevesien hallinnan ratkaisuja tiiviissä kaupunkiympäristössä, joilla vähennetään tulvia, ja vähentää Tourujokeen päätyvää päästökuormaa.

Suunnitelmat laadittu Green street –periaatteella, jossa hulevedet ohjataan kasvillisuuden käyttöön ja puhdistettavaksi.

Kadulla testattiin erilaisia vettä läpäiseviä pinnoitteita ja kasvualustoja, joilla hallitaan hulevesien laatua ja määrää.

Puutarhakadusta on toteutettu vuoden 2021 loppuun mennessä kadun ensimmäinen osuus välillä Kyllikinkatu-Tapionkatu. Puutarhakadun loppuosuuden on tarkoitus valmistua 2022.

Käytetty biohiili:

Suunnitelman mukaisesti: saatavuudesta riippuen joko havupuu- tai pajubiohiili.

Kasvualusta- ja rakenneratkaisut:

Puutarhakadulla on sekä viherpainanteita että puita kantavassa kasvualustassa. Kaikissa viherpainanteiden kasvualustoissa käytetään samaa kivennäisainesta.

Kohteessa kokeillaan kaikkiaan kymmentä erilaista kasvualustaseosta, joista viisi on kantavia kasvualustoja ja viisi viherpainanteen kasvualustoja. Kasvualustatyypit on

jaoteltu kortteleittain. Niissä on raaka-aineina Leca-soraa, biohiiltä, viherkompostia ja tummaa turvetta; biohiiltä sisältäviä seoksia on neljä. Biohiili on aina ensin ravinteistettu sekoittamalla siihen 20 til-% runsasravinteita kompostia ja sitten ravinteistettu biohiili on sekoitettu 1:1 -suhteessa kompostiin. Biohiilen pitoisuus sitä sisältävissä kasvualustoissa on n. 5-10 til.-%.

Puutarhakadun biosuodatuspainanteeseen (Kyllikinkatu-Tapionkatu) on asennettu heinäkuussa 2021 kasvualustan kosteustasapainoa ja lämpötilaa seuraavat sekä purkautuvan veden määrää mittaavat langattomat anturit.

Kasvillisuus:

Viherkaistat ovat kasvipeitteisiä. Monipuolisessa perenna- ja heinälajistossa on huomioitu vedenjohtamisen ja lammikoitumisen alueet. Kyllikinkadun ja Tapionkadun välisellä osuudella erotuskaistalla on köynnöstelineissä neljää erilaista kärhöä, muualla on yksittäispensaita (marjatuomipihlaja-, heisiangervo-, punapaju-, kiiltoheisi-, ja taikinamarjalajikkeet) ja puita. Puulajeina ovat tervaleppä, loimaankoivu, suomenpihlaja ja kartiotaatanpihlaja.

Kokemukset

Kunnossapito:
Perennat on ohjeistettu hoidettavaksi rakentamis- ja takuuaikana A2 hoitoluokan ohjeiden mukaan ja jatkossa VHT ’14 biopidätysalueiden kasvillisuuden hoito-ohjeen mukaisesti. Hoito rakentamis- ja takuuaikana ei ole toteutunut vaaditulla tavalla.

Vaikutus huleveden laatuun: Kokonaisuudessaan Green street -ratkaisulla fosforikonsentraatio hulevedessä väheni n. 50% ja typpi n. 40%.

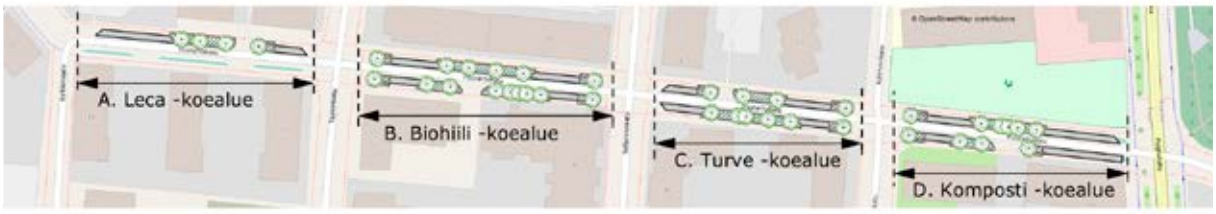


Puutarhakadun havainnekuva. Ramboll.

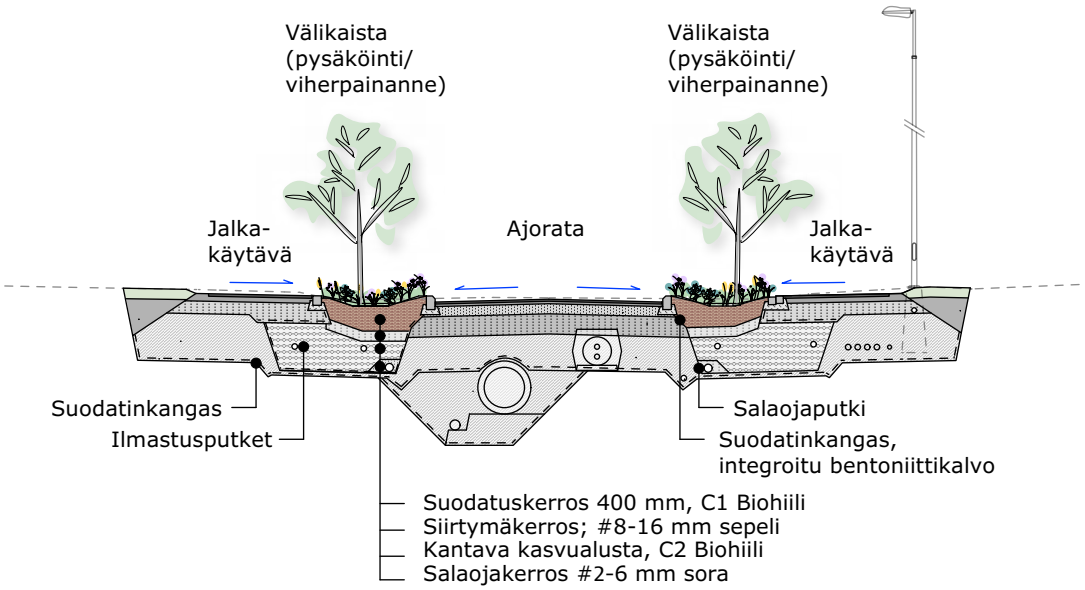
Kasvien menestyminen:
Ensimmäinen kasvillisuuskartoitus rakennetulta katuosuudella on tehty kesällä 2021. Tuossa vaiheessa istutetussa kasvillisuudessa on ollut aukkoisuutta ja hulevesirakenteessa tyypilliset rikkakasvit kuten horsmalajit, voikukka, pihasaunio, ja kyläkarhiainen, ovat paikoitellen vallanneet alueen. Alkusyksystä alue oli kitketty. Vuonna 2022 kadun pohjoispuoleinen viherkaista oli kokonaisuudessaan jäänyt viereisen rakennustyömaan alle. Muilla viherkaistoilla rikkakasvilajisto oli täydentynyt puiden taimilla kuten vaahteran, pajun, lehmuksen ja lepän taimilla.

Puutarhakadulla testattavat kasvualustat kortteleittain. Turvekasvualustoja lukuun ottamatta kaikissa kasvualustoissa on lisäksi 7-10 til-% lehti- ja oksakompostia. Viherpainanteiden kasvualustoissa on sama kivennäisaines (70 til.-%).

Kortteli I: **Kyllikinkatu - Tapionkatu** A. Leca- koealue	**Kortteli II:** **Tapionkatu – Tellervonkatu** A. Biohiili- koealue	**Kortteli III:** **Tellervonkatu – Kalervonkatu** C. Turve- koealue	**Kortteli IV:** **Kalervonkatu – Puistokatu** A. Komposti- koealue
A1 Leca (viherpainanne) A2 Leca (kantava kasvualusta, viherpainanteet) B3 Biohiili ja komposti (kantava kasvualusta)	B1 Biohiili (viherpainanne) B2 Biohiili (kantava kasvualusta, viherpainanteet) B3 Biohiili ja komposti (kantava kasvualusta)	C1 Turve (viherpainanne) C2 Turve (kantava kasvualusta, viherpainanteet) B3 Biohiili ja komposti (kantava kasvualusta)	D1 Komposti (viherpainanne) D2 Komposti (kantava kasvualusta, viherpainanteet) B3 Biohiili ja komposti (kantava kasvualusta)



Puutarhakadun kasvualustojen koealue.



Leikkaus Puutarhakadun biohiilikasvualustoista Tapionkadun ja Tellervonkadun välisellä alueella





Kohde:
Tutkimusviherkatto

Biohiili lisättiin 1 cm paksuisena kerroksena 10 cm paksun tiilimurskaseoksen keskelle. Tavoitteena oli että kaikki kasvikaton läpi suotautuva vesi joutuu kontaktiin biohiilen kanssa, koska hulevesien hallinta kasvikatoilla oli kokeen keskeisin tutkimuskysymys. Kuva: Kirsi Kuoppamäki

Jokimaa, LAHTI

Suunnittelu:
Koerakenne, Helsingin yliopisto

Rakentaja ja rakennusvuosi:
Helsingin yliopisto, 2013.

Tausta ja tavoitteet:
Kohteessa tutkittiin kasvualustaan kerroksena lisätyn biohiilen (10 %) vaikutusta

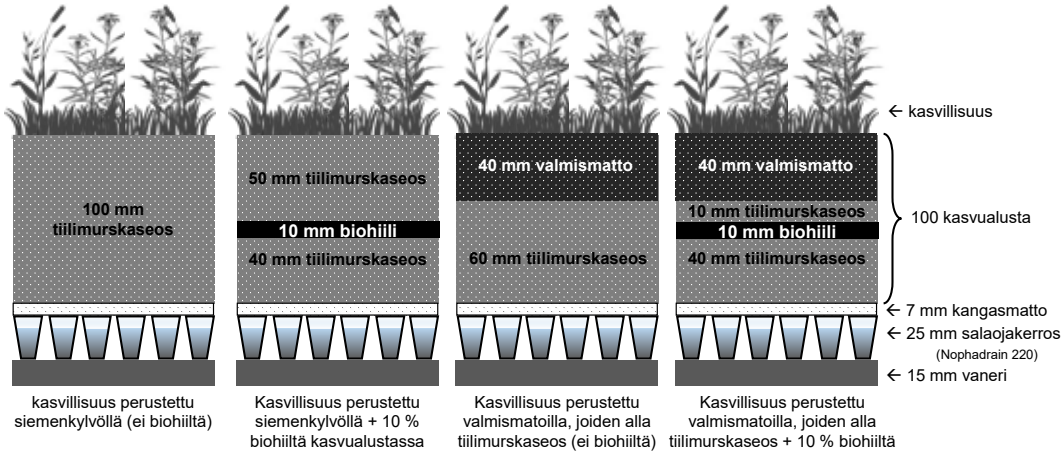
1) eri tavalla perustettujen (siemen vs. maksaruohomatto) viher- eli kasvikattojen kasvillisuuden kehitykseen sekä
2) kasvikatoilta valuvan veden määrään ja laatuun.

Käytetty biohiili:
Biohiili oli koivupohjaista ja tuotettu 450°C lämpötilassa (Charcoal Finland Oy).

Kasvualusta- ja rakenneratkaisut:
Koerakenne sisälsi kaksi erilaista kasvualustaratkaisua:

1) tiilimurska (85%), komposti (5%), hake (5%) ja turve (5%) tai
2) sama seos, mutta välissä 1 cm kerros biohiiltä.

Molempia kasvualustoja tehtiin kymmenen kappaletta kahden neliömetrin ruutua, joista puoleen kasvillisuus kylvettiin, ja puolessa käytettiin valmiita niitty- tai maksaruohomattoja. Koe kesti vuodesta 2013 vuoteen 2020. Kasvillisuuskartoitukset tehtiin vuosittain, katolta valuvan veden määrän mittaus osin jatkuvatoimisesti, osin kampanjaluontoisesti. Veden laadun analysointi tehtiin noin kolme kertaa vuodessa.





Koekasvikatot 2 vuotta perustamisen jälkeen. Kasvillisuuden yleisilme ei eronnut käsittelyjen välillä eikä biohiilen vaikutus ollut silminnähden selkeä, vaikka tarkempi kasvi-inventointi osoitti sen vaikuttaneen positiivisesti etenkin siemenkylvöllä perustetun kasvillisuuden peittävyyteen. Kuva: Kirsi Kuoppamäki

Kokemukset

Kunnossapito: Ei havaittu erityisiä tarpeita taikka tehty tavanomaisesta poikkeavia toimenpiteitä.

Vaikutus huleveden laatuun ja määrään sekä kasvillisuuden kehittymiseen: Koivupohjainen biohiili lisättynä 1 cm kerroksena keskelle 10 cm paksua kasvualustaa (10 % tilavuudesta) vähensi merkitsevästi fosforin huuhtoutumista tiilimurskapohjaisista kasvikatoista. Se ei kuitenkaan vaikuttanut typen huuhtoutumiseen ensimmäisen vuoden aikana kattojen perustamisesta (Kuoppamäki & Lehvävirta 2016).

Biohiilen fosforia vähentävä vaikutus havaittiin myös seuraavina kuutena vuotena, joiden ajan valumaveden laatua tutkittiin (Kuoppamäki 2021b). Lisäksi biohiililisäys vaikutti positiivisesti niittykasvillisuuden peittävyyteen katoissa, joihin kasvit oli perustettu siemenkylvöllä. Biohiili myös lisäsi viherkattojen vedenpidätyskykyä, erityisesti kuivien jaksojen jälkeen (Kuoppamäki 2021b).

Lisätietoa tutkimusjulkaisuista: Kuoppamäki & Lehvävirta 2016, Kuoppamäki 2021.



Kohde:
Tutkimusviherkatto

Vastavalmistuneet kasvikattokoealat. Tiilimurskaseospohjaiset kasvualustat erottuvat kevytsorabetoniseospohjaisista punaisina. Kuva: Kirsi Kuoppamäki

Rakennusbetoni ja Elementti Oy, HOLLOLA

Suunnittelu:

Koerakenne, Helsingin yliopisto

Rakentaja ja rakennusvuosi:

Helsingin yliopisto & Rakennusbetoni ja Elementti Oy; 2016

Tausta ja tavoitteet:

Kohteessa tutkittiin kasvualustaan sekoitettuna lisätyn biohiilen (10 %) vaikutusta kasvillisuuden menestymiseen sekä katolta valuvan veden määrään ja laatuun.

Käytetty biohiili:

Biohiili oli tehty sekalaisesta lehtipuusta (lehtipuu, Biolan Oy, tuotantolämpötila n. 450C).

Kasvualusta- ja rakenneratkaisut:

Koerakenne sisälsi kolme erilaista kasvualustaratkaisua:

1) kevytsorabetonimurske (75%), komposti (20%) ja hake (5%) tai
2) sama seos, mutta 20% betonimurskasta korvattu biohiilellä,
3) sama kuin 1, mutta kevytsorabetonimurskeen tilalla tiilimurske.

Jokaisen rakenteen alla oli 5 cm järviruokoa. Kaikkien kasvualustojen syvyys oli 25 cm, pinta-ala 3,6 m² ja kutakin kasvualustaratkaisua käytettiin 5-10 koeruudulla. Koe kesti vuodesta 2016 vuoteen 2020. Kasvillisuuskartoitukset tehtiin vuosittain, katolta valuvaa vesimäärää seurattiin jatkuvatoimisesti. Veden laadun analysointi tehtiin noin kolme kertaa vuodessa.



Koekasvikaton pinnasta lähikuva, jossa biohiili näkyy mustina, kevytsorabetoni harmaina partikkeleina. Kuva: Kirsi Kuoppamäki

Kokemukset

Kunnossapito: Kuivina ja paahteisina kesäkuukausina annettiin kastelua, yhteensä 3-4 kertaa vuoden aikana. Lisäksi voikukat kitkettiin pois.

Vaikutus valumaveden laatuun: Biohiili lisäsi kasvualustan kosteutta ja vähensi typen huuhtoutumista betonimurskapohjaisista kasvikatoista. Biohiili ei vaikuttanut fosforin huuhtoutumiseen. Tämä johtui todennäköisesti siitä, että alkalisen betonin fosforia sitova vaikutus oli niin voimakas: kaikista betonimurskaisista kasvikatoista huuhtoutuneessa hulevedessä mitattiin merkitsevästi vähemmän kokonaisfosforia verrattuna viereisiin tiilimurskapohjaisiin kasvikattoihin.

Lisäksi biohiili paransi veden pidättymistä silloin, kun kerralla satoi korkeintaan noin 20 mm. Pienet sadetapahtumat ovatkin tyypillisiä Suomen säälle, joten kasvikatoilla voidaan tehokkaasti vähentää huleveden määrää. Tämän Hollolassa tehdyn kokeen aikana (3 vuotta) noin 80 % sadetapahtumista oli alle 20 mm tapahtumia. 60 %:ssa tapahtumista satoi vain alle 10 mm. Ennen varsinaista katolle rakennettua koeasetelmaa, kasvihuoneessa tehtiin esikoe, jossa testattiin kasvualustan materiaalien sekoitussuhteita ja havaittiin että biohiili paransi orvokin siementen itämistä ja kolminkertaisti taimien biomassan (Kuoppamäki ym., käsikirjoitus).



Kohde:
Kankaan kanava

Kankaan kanava 6/2022. Ramboll.

Kangas, JYVÄSKYLÄ

Suunnittelu:

Ramboll

Rakentaja ja rakennusvuosi:

Destia 2018

Tausta ja tavoitteet:

Historialliseen vanhaan Kankaan paperitehtaan kanavaan johdetaan alueen hule- ja suotovesiä putkista (3 putkea, isoimman putken ylivirtaamaa 1.8 m^3/s) ja se on myös Kankaan keskustan tulvareitin päätepisteenä. Hulevesien puhdistaminen alueella on tärkeää, sillä kanavasta vedet laskevat kuormittuneeseen Tourujokeen luonnonsuojelualueen pohjoispuolella ja siitä edelleen Jyväsjärveen.

Kankaan yli 100 metriä pitkä kanavaa muutettiin rakenteellisesti siten, että veden virtaamaa hidastettiin purouoman muodoilla ja rakenteilla, neljällä pohjakynnyksellä sekä istutettavalla kasvillisuudella.

Kanava jakautuu kolmeen eri osa-alueeseen: yläkanavan sadepuutarhaan, keskiosan puromaiseen osuuteen ja alakanavan puhdistavaan kosteikkoon. Kanavaan istutetun kasvillisuuden avulla saatiin luotua kanavan pohjalle ravinteita ja haitta-aineita hulevesistä sitova kosteikkoympäristö. Lisäksi pohjakynnysten avulla luotiin kasveille erilaisia kasvupaikkoja.

Kanavan istutetun alueen koko on noin 100x8 m. Kanavassa käytettävä taimimateriaali on kotimaista ja puutarhalajeissa on suosittu FinE-lajeja ja -lajikkeita.

Kanavaan istutettiin noin 3500 kappaletta kosteikkokasvien, heinien ja pensaiden taimia, jotka hulevesien puhdistamisen ohella lisäävät luonnon monimuotoisuutta. Sadepuutarhassa on käytetty myös puutarhalajeja, mutta alakanavaa kohti kasvillisuus muuttuu luonnonmukaisemmaksi. Puhdistavaan kosteikkoon on istutettu voimakaskasvuisia vihvilöitä, saroja, kaisloja sekä matalia pajulajeja. Monikerroksellisuutta istutuksiin on luotu korkeilla yksittäispensailla ja köynnöksillä.





▲ *Kankaan kanava ennen rakentamista 2016. Ramboll.*

► *Kankaan kanavan valmis viherrakenne 10/2018. Ramboll.*



Käytetty biohiili:

Biohiilenä käytetään paju- tai havubiohiiltä saatavuuden mukaan, mahdolliset tavaratoimittajat ovat Pajupojat ja RPK Hiili.

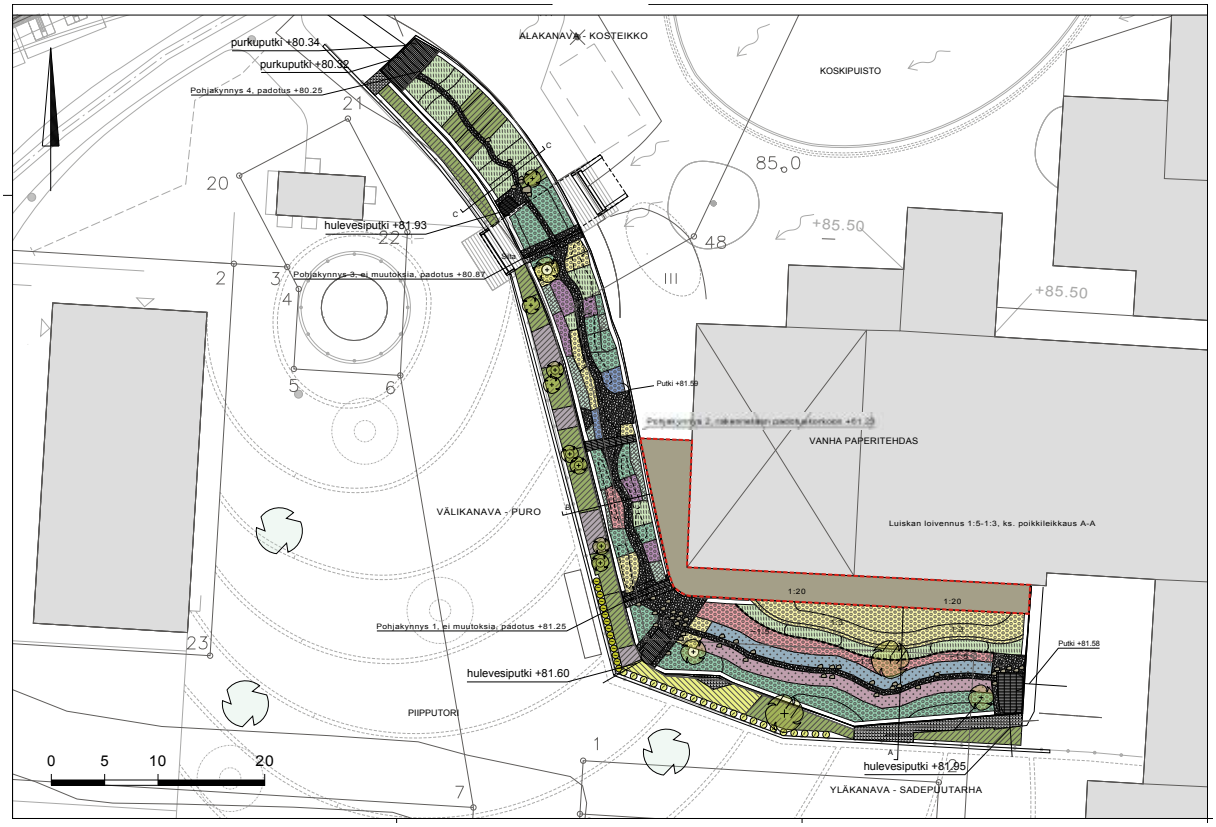
Kasvualusta- ja rakenneratkaisut:

Biohiiltä lisättiin kanavan pohjassa olevan murskekerroksen päälle ennen kasvualustan levitystä. Tavoitteena oli biohiilen pitoisuus n, 30 til-% 0-100 mm syvyydellä, eli levitettiin noin 30 litraa per m².

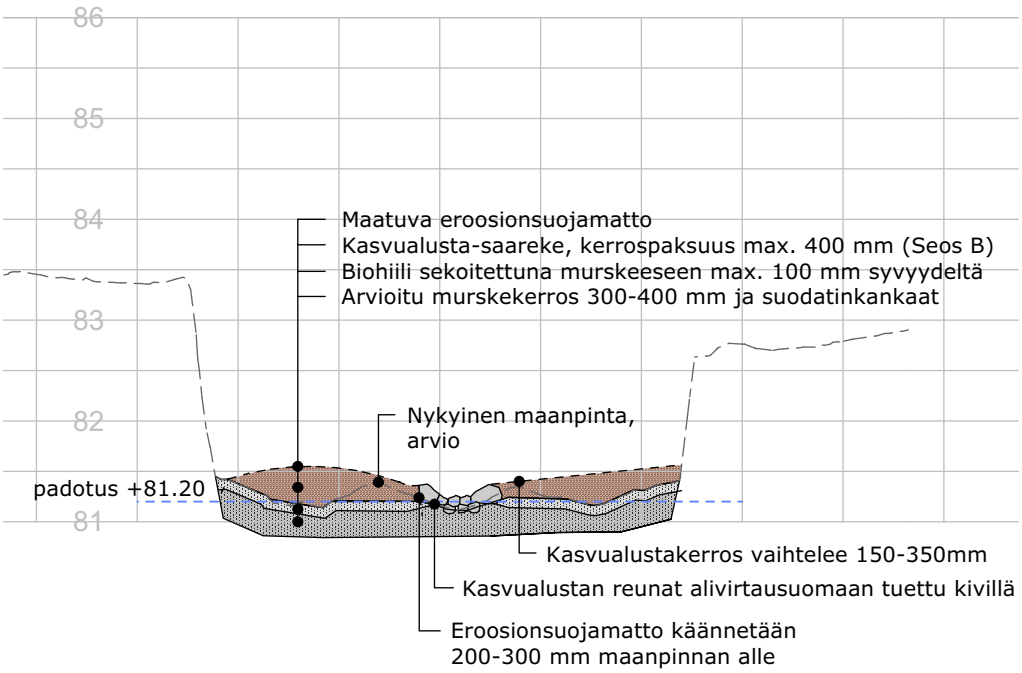
Kyllästynyt märkä biohiili (n. 1-2 vrk kyllästysaika) sekoitetaan murskekerrokseen.

Biohiilen lannoitus seuraavilla kahdella lannoittevalmisteella:

1) Osmocote Exact Standard (vaikutusaika 5-6 kk, tuotteen värikoodi ruskea) tai vastaava tuote
   - NPK 15-4-10, raemainen, vapauttaa ravinteita tasaisesti 5-6 kk
   - Määrä 1,5 kg/m³
2) GreenCare Nurmikon Kevät&Kesä PLUS -lannoite, tai vastaava tuote
   - NPK 9-2-7, hyvin hienorakeinen
   - Määrä 1,25 dl/m³



Kanavan vihersuunnitelma. Suunnitelmakartan väritys kuvaa kukinnan väritystä alueittain.



Poikkileikkaus kasvualustarakenteesta. Biohiiltä on sekoitettu kasvualustan alla olevaan murskekerrokseen.



Kankaan kanavan valmis viherrakenne 10/2018. Ramboll

Kasvillisuus:

Laajan kohteen eri osissa on paljon erilaista kasvillisuutta, mm. maanpeitteenä käytettyjä köynnöksiä, kolmea erilaista perennaseosta, perennamattoja, ja omina alueinaan istutettuna lähes 30 perenna-, heinä- ja saniaislajia tai -lajiketta.

Lisäksi kohteessa on kosteikkokasvisiirteinä mahdollisimman suurella juuripaakulla kosteikkolajeja paikalliselta suolta tai suopellolta. Alueen kosteikkokasvisiirteiden toimituksen ja istutustyöt toteutti Vapo Clean Waters.

Puulajeina käytettiin mustamarjaorapihlajaa, mongolianvaahteraa, ja marjatuomipihlajaa, pensaslajistoon kuuluvat mm. huntukorpipaatsama, kolme pajulajia, seppelvarpu, kiiltoheisi, vuohenkuusamat ja Ribes-lajit.

Niittykylvössä käytettiin Suomen Niittysiemen oy:n Alkuniitty-seosta ja suojaheinänä jäykkänataa.

Kokemukset

Vaikutus huleveden laatuun:
Kankaan kanavan hulevesiratkaisujen toimivuutta seurataan Hulva-hankkeessa, joka on osa ympäristöministeriön rahoittamaa vesiensuojelun tehostamisohjelmaa. Hanke ajoittuu vuosille 2021-2022.

Seurannalla selvitetään, miten ratkaisut toimivat sekä miten ja millaisissa ratkaisuissa saadaan parhaat tulokset. Huleveden laatua, määrää ja kasvillisuutta seurataan eri-ikäisissä ja -tyyppisissä hulevesirakenteissa Kankaan kanavassa (2018), Eerolanpuron kosteikossa (2017) sekä Puutarhakadun Green Street -ratkaisuissa (2019 ja 2021). Seurannassa hyödynnetään ja testataan monipuolisesti muun muassa erilaisia langattomia antureita, jotta rakenteiden toimivuudesta saadaan kattava käsitys. https://www.jyvaskyla.fi/talous-ja-strategia/hankkeet/hulva-hulevedet-hallintaan

Kasvien menestyminen:
Kankaan kanavan kasvillisuusseuranta suoritetaan vuosina 2021 ja 2022 osana Hulva-hanketta. Hulevesien mukana on levittäytynyt rikkakasvillisuutta alueelle. Uoman alkupään rikkakasvina on muun muassa osmankäämi.



Kohde:
Biosuodatuspainanne

Merituulentien perennakasvillisuudella toteutetut biosuodatusaltaat. Kauempana olevassa painanteen kasvualusta on biohiili/sepelikasvualusta. Etualan altaassa on normaali kasvualusta, jonka alla on hiekkasuodatuskerros. Kuva otettu 11.6.2022 Ramboll.

Niittykumpu, ESPOO

Suunnittelu:

Ramboll

Rakentaja ja rakennusvuosi:

Toteutus syksy 2018
Rakentaja TYL Meritonttu.

Tausta ja tavoitteet:

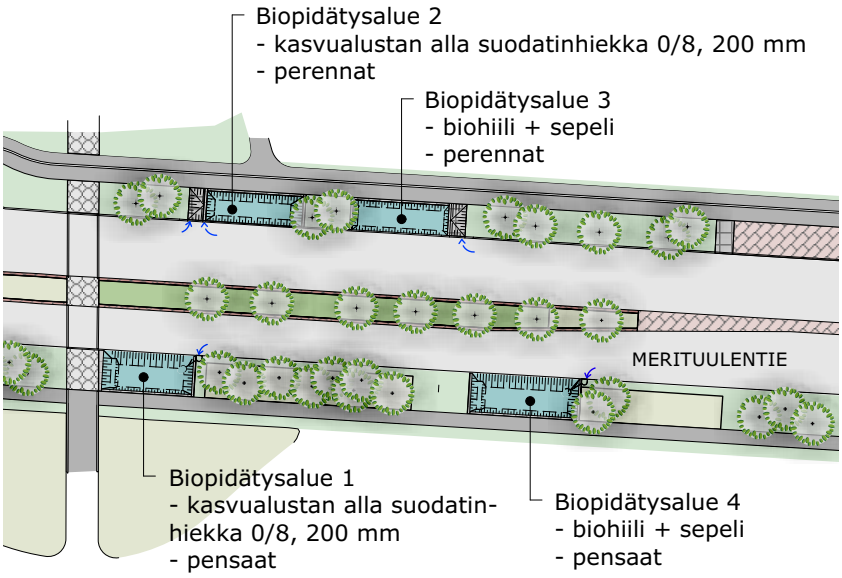
Merituulentiellä liikkuu keskimäärin 15000 ajoneuvoa vuorokaudessa. Merituulentien biosuodatusrakenteen tavoitteena oli hulevesien määrän ja laadun hallinta, jotta vähennetään etenkin ravinne- ja metallikuormitusta läheiseen Gräsanojan taimenpuroon.

Merituulentielle Tonttupolun ylikulkukäytävän itäpuolelle rakennettiin kadun erotuskaistalle neljä biosuodatusallasta, joista kahdessa (idänpuoleiset) on käytetty biohiiltä ja kahdessa (lännenpuoleiset) on hiekkasuodatusrakenne. Kummastakin tyypistä toiseen istutettiin pensaita (kadun etelälaita) ja toiseen perennoja (kadun pohjoislaita).

Kadun pohjoisen erotuskaistan perenna-altaisiin hulevedet ohjataan kadun ja kevyen liikenteen väylän päällysteiltä pintavaluntana. Kadun eteläpuolen erotuskaistan altaisiin hulevedet ohjataan kadulta hulevesikaivon ja hulevesiputken kautta.

Käytetty biohiili:

koivupohjainen, valmistuslämpötila 470 °C.
Kiinteä aines laskeutetaan pienellä noppakiveysalueella. Hulevesi virtaa 2 cm korkean



Biosuodatuspainanteet sijaitsevat Merituulentien erotuskaistoilla. Pohjoispuolella kasvillisuutena ovat perennat ja eteläpuolella pensaat. Itäpuolella olevissa painanteissa on käytetty kasvualustassa biohiiltä. Länsipuolen painanteissa on vastaava rakenne ilman biohiiltä.

kynnyksen yli kasvipeitteiselle biopidätysalueelle, josta vesi imeytyy kasvien käyttöön. Altaassa on salaoja ja salaojan tarkastusputki, ylivuotokaivo sekä altaasta pois johtava hulevesiviemäri.

Kadun eteläpuoleisiin pensaspeitteisiin painanteisiin hulevedet ohjataan kadun puolelta kitakaivon ja rummun avulla. Altaassa on salaoja ja salaojan tarkastusputki sekä ylivuotokaivo ja hulevesien poistoviemäri.

Biohiiltä sisältävä biosuodatusrakenne (kerrokset maanpinnasta alaspäin):

- 400 mm paksuinen kasvualusta: biohiili, raekoko 1-10 mm, neljännes tilavuudesta, ja sepeli, raekoko 3-6 mm, kolme neljännestä tilavuudesta
- suodatinhiekka # 0…8 mm, 200 mm
- sepeli # 8…16 mm, 200 mm
- salaojasepeli # 8…16, 300 mm
- alla bentoniittimatto, jolla estetään tien haitta-ainepitoisten aineiden valuma

Kasvillisuus

Biohiiltä sisältävä painanne perennoilla: Pikkuröyhytatar (*Aconogonon nakaii*, 70%) ja ukkomansikka (*Fragaria moschata*, 30%), istutettiin sekaisin biopidätysalueen luiskiin. Biopidätysalueen pohjalle sekaistutettiin neidontatar (*Fallopia japonica* var. *compacta,* 60%) ja isokonnantatar (*Bistorta officinalis,* 40%).

Biohiiltä sisältävä painanne pensailla: Paljakkapaju (*Salix glauca var. calliocaprea* ´Haltia´) 2 kpl/m² sekä yksittäispensaana joukossa 4 kpl kiiltoheisi (*Viburnum lentago*).

Kokemukset

Vaikutus huleveden laatuun: Moninaisista käytännön haasteista johtuen vedenlaatunäytteitä ei saatu sekä biohiiltä sisältävästä että ilman sitä perustetusta biosuodatusrakenteesta, joten biohiilen vaikutusta ei päästy tutkimaan. Hiekkatäyttöinen rakenne, jota



Merituulentien hulevesipainanteet, joiden kasvillisuutena ovat perennat. Biohiiltä on etualan painanteessa. Hulevedet laskeutetaan ensin kiveykselle. Kuva otettu 11.6.2022, Ramboll.

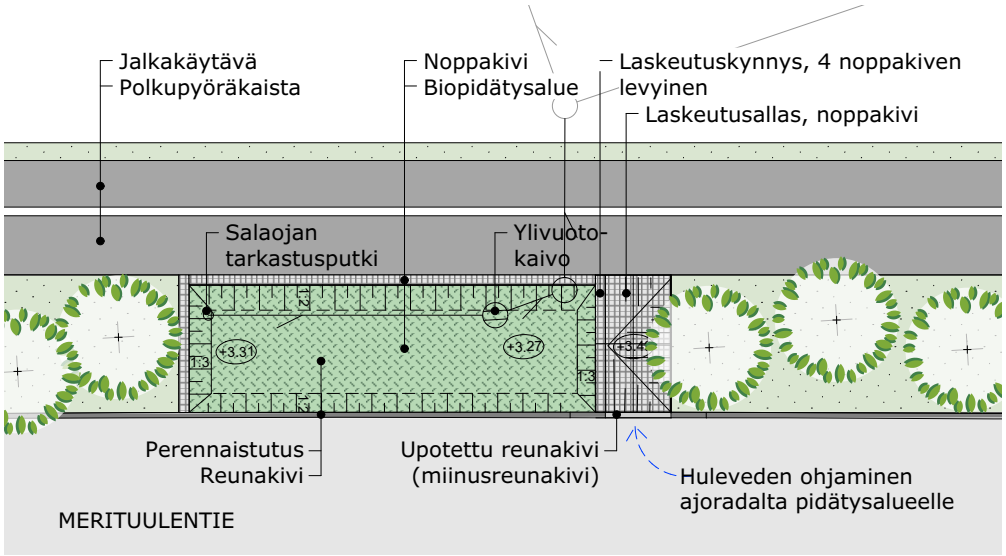


Tässä altaassa on tavallinen kasvualusta 400 mm ja alla hiekkasuodatin. Perennakasvillisuus voi selvästi paremmin kuin biohiili/sepelikasvualustassa, jossa kasvit ovat kärsineet kuivuudesta. Kuva otettu 11.6.2022, Ramboll.

onnistuuttiin seuraamaan syksyllä 2018, toimi hyvin: kiintoaineen pitoisuus läpisuotautuneessa vedessä aleni 97 %, kokonaisfosfori 63 %. Metallien kokonaispitoisuudet pienenivät keskimäärin 60 %.

Kohteesta on kirjoitettu artikkeli Vesitalous-lehteen 3/2019, s. 17-23 (kirjoittaja Joel Kerkkänen, Aalto-yliopisto)

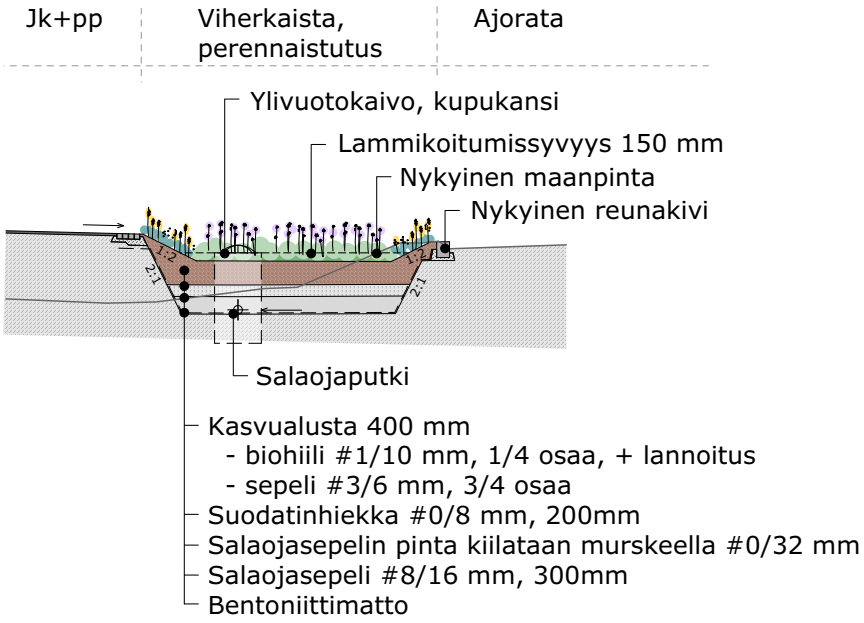
Kasvillisuuden menestyminen:
Istutuksen jälkeisenä vuonna kasvit kuolivat lähes täysin biohiilipainanteista, mutta eivät kuolleet verrokeista, joissa oli normaali kasvualusta. Syynä oli suurella todennäköisyydellä hyvin kuiva kesä ja taimien jääminen kastelematta. Biohiili-sora ei pidättänyt vettä, koska sitä ei ollut. Lisäksi biohiilipainanteen valuma-alue oli alkuperäisiä suunnitelmia pienempi työn aikaisten muutosten takia. Kasvit on sittemmin uusittu.



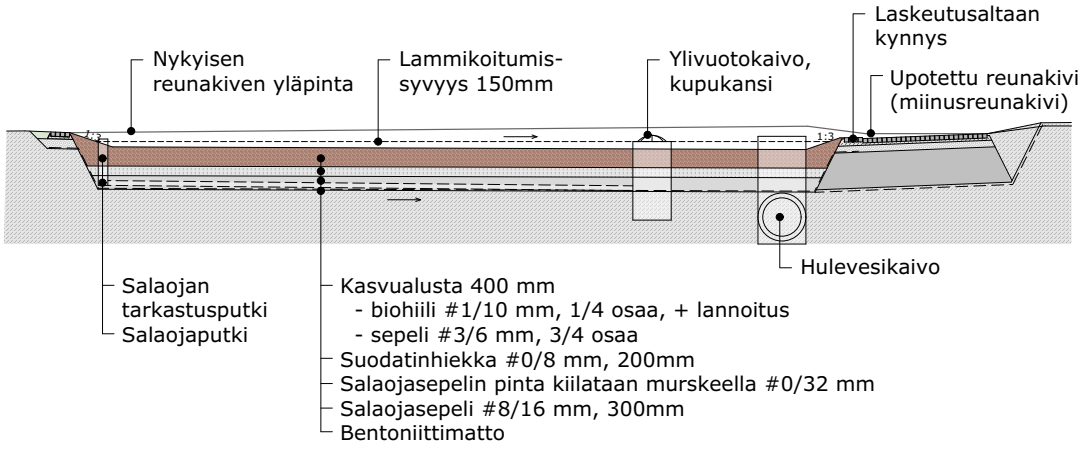
Merituulentien pohjoispuolella olevissa biosuodatuspainanteissa on perennoja. Hulevedet ohjataan kadulta madalletun reunatuen ja kivetyn laskeutusalueen kautta kasvillisuuspainanteeseen.

Pensaita kasvavan biosuodatuspainanteen kadun puoleinen luiska on suunnitelmissa esitetty 1:3 luiskana, mutta se on rakennettu hyvin jyrkäksi, arviolta 1:1 luiskaksi. Tästä syystä olosuhteet luiskassa ovat äärimmäisen kuivat.

Kokeilussa opittiin paljon hulevesien suodatuspainanteista ja biohiilestä (ks. Käytännön vinkkejä ja kokemuksia biohiilen käytöstä, s. 94).



▲ *Perennakasvillisuutta sisältävän biopidätyspainanteen biohiili/sepelikasvualusta, poikkileikkaus.*



▲ *Perennakasvillisuutta sisältävän biopidätyspainanteen biohiili/sepelikasvualusta, painanteen pituusleikkaus.*



Kohde: Metsälän biohiilisuodatusalue

Metsälä, HELSINKI

Suunnittelu:

Sitowise Oy

Rakentaja ja rakennusvuosi:

Stara 2019

Tausta ja tavoitteet:

Metsälän biohiilisuodatusalueen valuma-alue on noin 20 hehtaaria, ja siihen kuuluu liikennealueita, pienteollisuutta ja asuinaluetta. Suodatusalueen tavoitteena on hulevesien laadullinen hallinta ennen niiden johtamista sivu-uoman kautta eliöstöltään arvokkaaseen Haaganpuroon. Suodatusalueen sovittaminen jo rakennettuun ympäristöön oli haastavaa, ja rajallisen tilan vuoksi suodatuskerros on ohuehko.

Suodatusalueella vettä puhdistaa sekä kasvillisuus että kasvillisuuskerrosten alla olevat biohiilisekoitteiset murskekerrokset, ja niiden mikrobiologiset prosessit.

Käytetty biohiili:

Puupohjaista (kuusi), polttolämpötila 400-600 astetta. Lannoittamatonta, raekoko 1-10 mm.

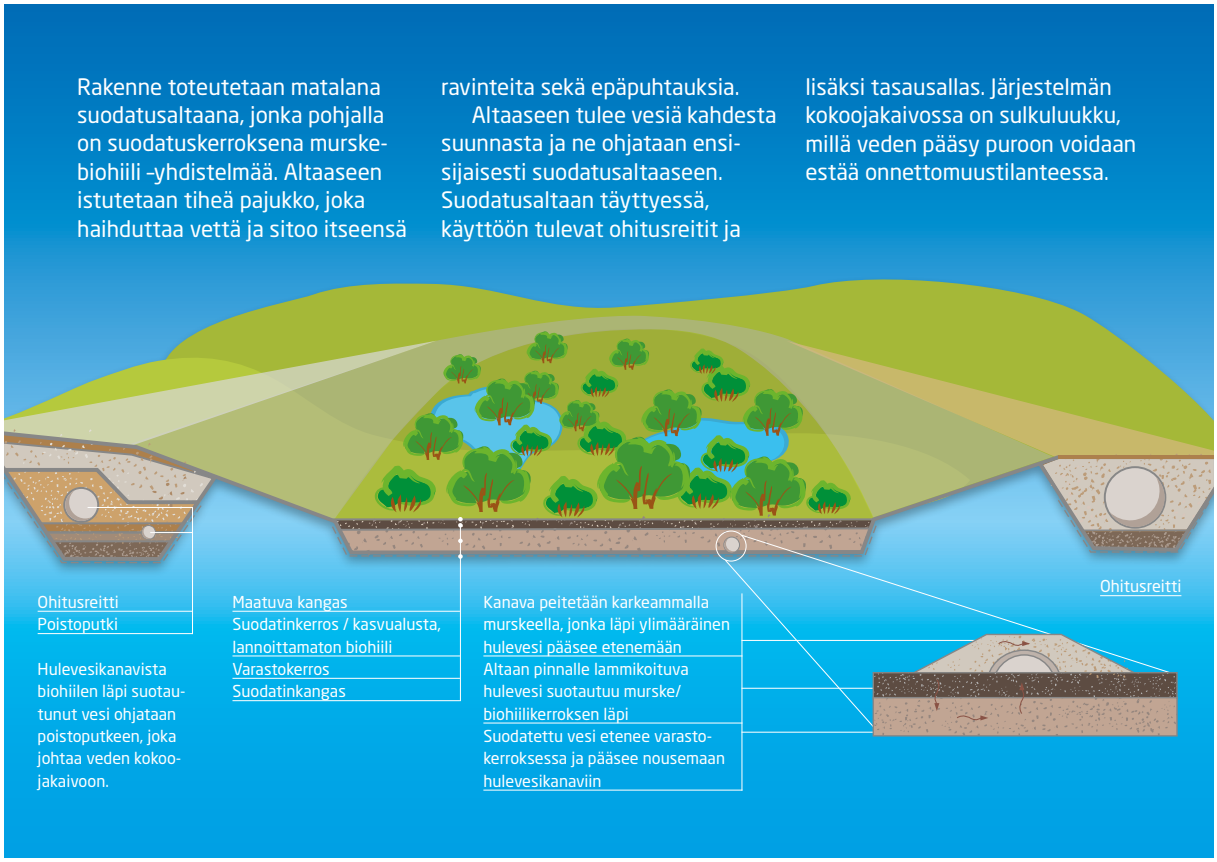
Kasvualusta- ja rakenneratkaisut:

Hulevesi tulee n. 1500 m2 laajuiselle suodatusalueelle kahdesta tuloputkesta. Suodatusaltaan lammikoitumisvara on n. 200 m^3.Varsinaisen suodatusalueen lisäksi kokonaisuuteen kuuluu tulva-allas suodatusalueen alapuolella.

Suodatusaltaassa suotautuva vesi kulkee suodatuskerroksen läpi sen alla olevaan varastokerrokseen. Sen jälkeen vesi kulkeutuu pois poistoputkeen ja kokoojakaivoon kulkemalla uudestaan suodatuskerroksen kautta, koska poistotunnelit ovat suodatuskerroksen päällä. Purkujärjestelmänä on Stormtech SC-310 hulevesitunneli.

Suodatuskerros (200 mm) koostuu 1/3 lannoittamattomasta biohiilestä ja 2/3 sepelistä. 300 mm paksu varastokerros on sepeliä.

Suodatusalueen tuloputkista ja purkuputkesta suodatusalueen alapuolella on otettu vesinäytteitä biohiilisuodatusalueen puhdistustehon tutkimiseksi.



Metsäläntien biohiilisuodatusalueen rakenne- ja toimintaperiaate.

Altaan kasvillisuutena on tiheä, ravinteita sitova pajukko, joka on perustettu pistokkailla, ja sen penkereillä on niittyverhous hiekkaisessa kasvualustassa (nurmikkoheiniä ja valkoapilaa).

Kokemukset

Suodatusalueen toimivuuden selvittämiseksi kerättiin vesinäytteitä alueen tulo- ja poistoputkista 2019 ja 2020. Alue poisti tehokkaasti erityisesti fosforia ja kiintoainesta. Metallien, kuten kadmium, koboltti ja kupari, pitoisuus laski suodatuksessa. Öljyt ja PAH-yhdisteet pidättyivät varsin hyvin. Myös typen pitoisuus aleni jonkin verran.

Suodatustehon todettiin riippuvan paljolti veden viipymäajasta suodatusalueella, ja kovien virtaamien aikana teho jäi heikommaksi. Kiintoaineen ja siihen sitoutuneiden epäpuhtauksien pidättyminen oli keskeisin puhdistusmekanismi, joka olisi todennäköisesti voitu saavuttaa muillakin materiaaleilla. Lähistöllä, Metsäläntien pohjoispuolella, sijaitsee myös 2015 rakennettu hiekkarakenteinen suodatusalue, joka on toiminut jokseenkin samoin.

Kunnossapito: Niittyalueita niitetään. Suodatinmateriaalien vaihdolle ja tulva-altaan ruoppaukselle voi tulla tarvetta myöhemmin. Materiaalivalintoihin tulee kiinnittää huomiota, sillä kaupunkialueella usein runsas kiintoaines (esim. hiekoitussepeli ja sen tuottama pöly) tukkii helposti suodatinkankaita tai liian hienojakoista suodatusmateri-aalia, mikä nostaa kunnossapitokustannuksia.

Kasvillisuuden elinolot voivat olla äärevät, sillä suotautuminen voi olla nopeaa ja suodatusalue pitkään kuivana. Toisaalta rankkasateilla vesi voi viipyä pitkään.

Kohde:
Biosuodatuspainanne

Kivenlahden Marinpuisto, ESPOO

Suunnittelu:
Ramboll 2020

Rakentaja ja rakennusvuosi:
Pääurakoitsija Skanska Infra Oy
Marraskuu 2021- kesäkuu 2022

Tausta ja tavoitteet:
Hulevedet Kivenlahden metrokeskuksen asemakaava-alueelta johdetaan Marinpuiston kautta mereen.

Pienillä sateilla hulevedet ohjataan hulevesipainanteeseen ja siitä biosuodatuspainanteeseen, jossa on suodatusmateriaalina biohiilen, kompostin, tuotteistetun kasvualustan ja hiekoitussepelin seos, ja salaojien ja ylivuotokaivon kautta hulevesi lopulta puretaan mereen.

Käytetty biohiili:
Kohdetta ei vielä ole rakennettu. Suunnittelussa on asetettu biohiilelle seuraavat laatuvaatimukset: biohiilen tulee olla valmistettu vähintään 450 °C lämpötilassa, ominaispinta-alan on oltava väh. 10 m^2/g, raekoon tulee olla #5...10 mm, josta hienoaines on seulottu pois (pölyhaitan minimointi), ja sen tulee olla valmistettu suomalaisesta kuusesta tai pajusta.

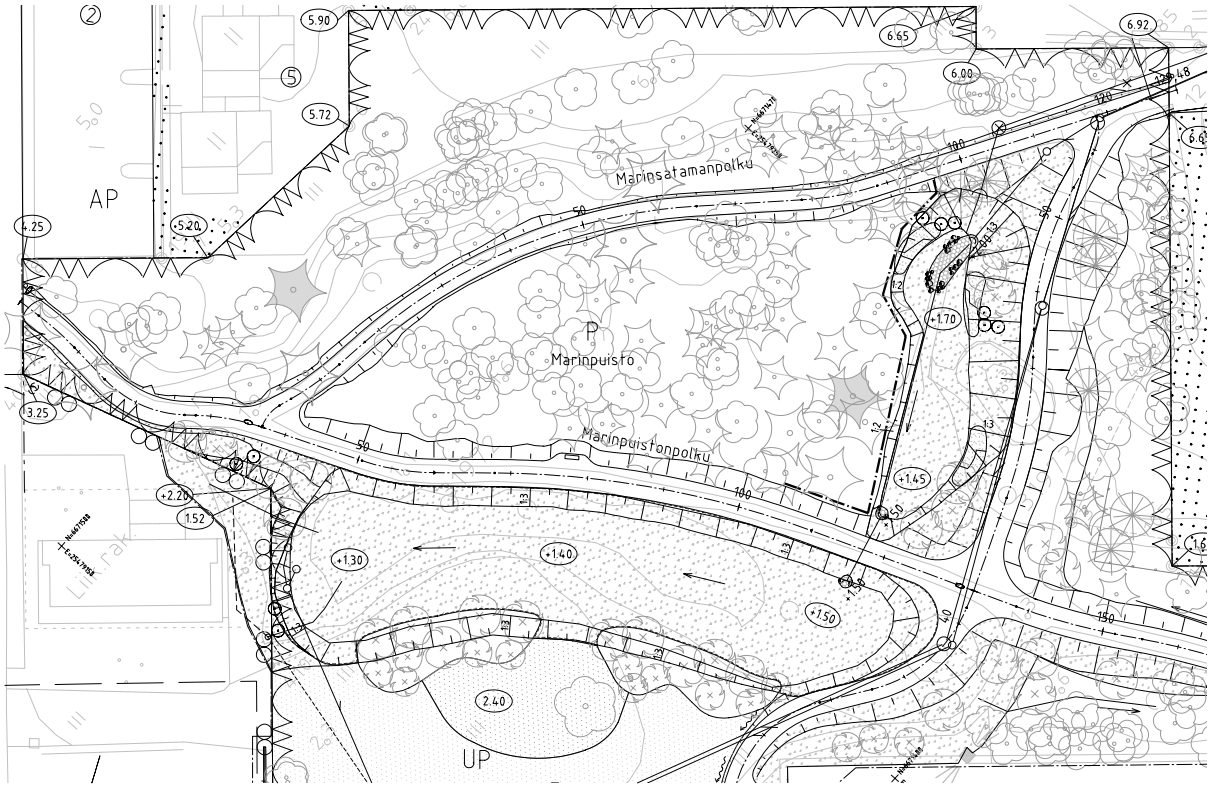
Kasvualusta- ja rakenneratkaisut:
Biosuodatuspainanteen kasvualusta koostuu seuraavasta seoksesta:

- Hiekoitussepeli #2...6 mm, 6/8 osaa (75 paino-%)
- Tuotteistettu kasvualusta (kuivien ja karujen paikkojen suosituksen mukainen; käyrä B, tyyppi 3), 1/8 osaa (12,5 paino-%)
- 12,5 % seuraavaa seosta: Biohiili #5...10 mm, 5/6 osaa + komposti, 1/6 osa. Biohiili ja komposti on sekoitettava 1-2 kk ennen kohteeseen levittämistä, jotta kompostin liukoiset ravinteet ehtivät imeytyä biohiileen. Kompostille on seuraavat laatuvaatimukset: oksa-lehtikomposti, jonka kokonaistyppipitoisuus on yli 1%, mutta korkeintaan 3% (kuiva-aineesta), ja jonka liukoisen typen pitoisuus on korkeintaan 2000 mg/kg kuiva-ainetta. Vaadittu kypsyysaste: 8.

Kasvillisuus
Biosuodatuspainanteen pohjalla ja luiskissa on siemeneroosiomatto Greenfix Covamat Plus tyyppi 3B tai vastaava, joka on 100% kookoskuitua.

Siemeneroosiomattoon on suunniteltu siemenseos Greefix 1 A, joka sisältää neljää eri nurmikkoheinää. Lisäksi käytetään Suomen Niittysiemen Oy:n rantakukkaseosta, joka sisältää mm. keltakurjenmiekkaa, kuminaa, mesiangervoa, puna-ailakkia, päivänkakkaraa, ruiskaunokkia ja rantakukkaa.

Kokemukset
Kunnossapito: Kunnossapidosta ei ole vielä kokemusta
Vaikutus huleveden laatuun: Julkaisua laadittaessa rakentaminen on vielä kesken.



Biosuodatuspainanteen kasvualusta koostuu seuraavasta seoksesta:

- *Hiekoitussepeli #2…6 mm, 6/8 osaa (75 paino-%)*
- *Tuotteistettu kasvualusta 1/8 osaa (12,5 paino-%)*
- *Biohiili #5…10 mm, 5/6 osaa + komposti, 1/6 osa. (12,5 paino-%)*

Kohde:
Syvänsalmenmetsän
hulevesiallas

Finnoo, ESPOO

Suunnittelu:

Ramboll

Rakentaja ja rakennusvuosi:

Ei rakennettu

Tausta ja tavoitteet:

Suomenlahdentieltä ja myöhemmin rakentuvan Finnoon keskuksen alueelta syntyviä hulevesiä johdetaan Syvänsalmenmetsään rakennettavaan hulevesialtaaseen ø800 -hulevesirunkolinjaa pitkin. Hulevedet puhdistetaan ja viivytetään ennen niiden johtamista mereen. Hulevesialtaan pinta-ala on noin 1260 m².

Suotopato muodostuu biohiili/sepelipadosta, jonka sisällä on ylivuotoputket ja päällä ylivuotokynnys. Padon edessä on laskeutusallas.

Käytetty biohiili:

Ei rakennettu. Biohiilen suunnitelman mukaiset laatuvaatimukset: Valmistettu vähintään 450 °C lämpötilassa kotimaisesta kasviperäisestä aineksesta (suos. kuusi tai paju), ominaispinta-alan vähintään 10 m²/g. Raekoko #10...30 mm (hienoaines seulottu).

Kasvualusta- ja rakenneratkaisut:

Suotopadon rakennekerrokset (maanpinnasta alaspäin):

- Luonnonkiviverhous padon päällä #100-150 mm, 250 mm
- Sepeli #16-32 mm, 300-600 mm
- Padon sydän biohiilen (30 til-%) ja sepelin (# 5-30 mm, 70 til-%) seosta, 300 mm. Ympärillä suodatinkangas BaceTrack Woven PP 30 tai vastaava.
- Padon pohjalla suodatinkangas N3
- Suotopadon toiminta tarkistetaan vedellä, tapahtuuko suotautumista.

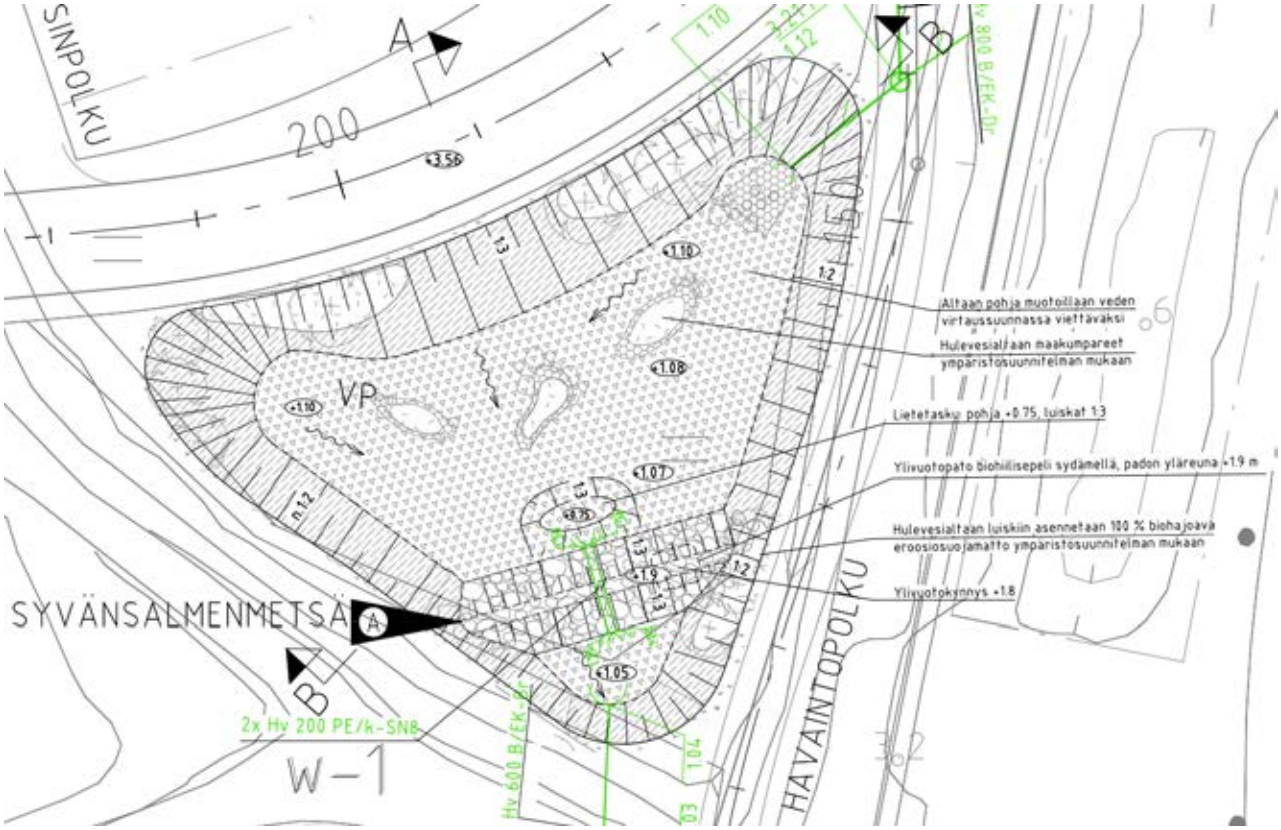
Hulevesialtaan luiskat

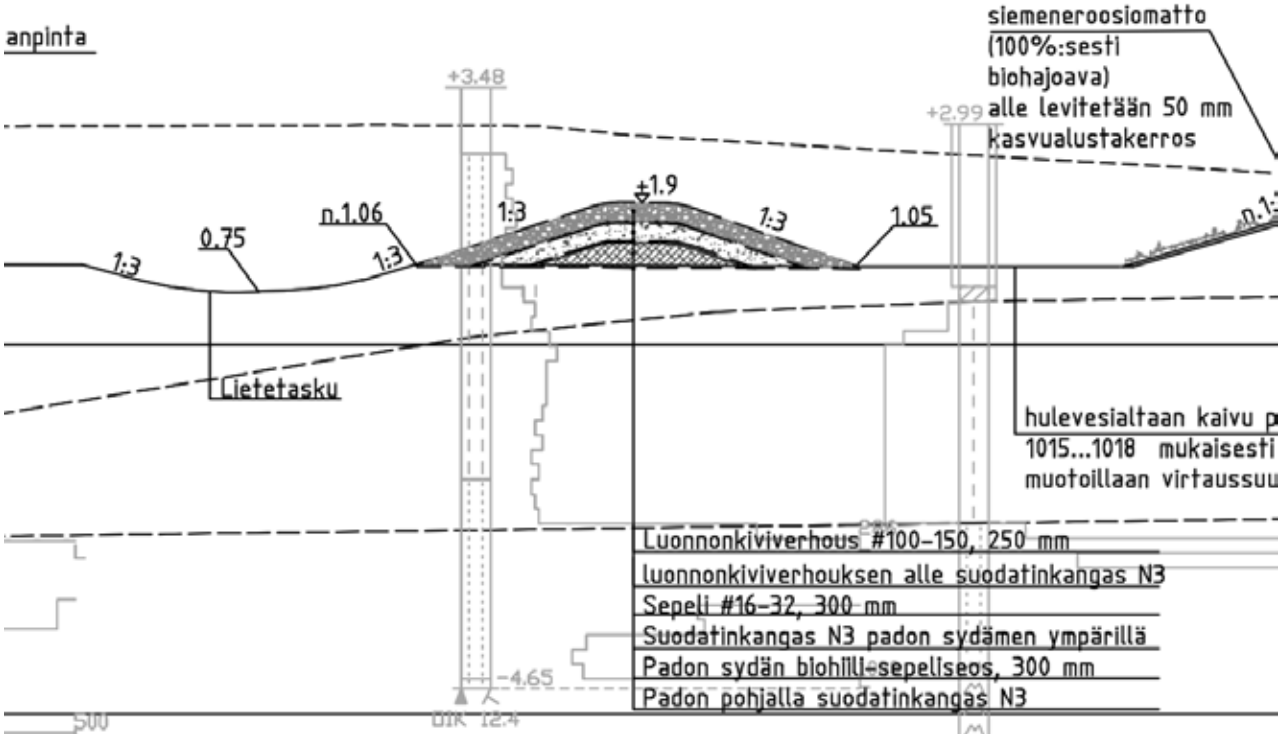
- Hulevesialtaan luiskiin asennetaan 100%:sesti biohajoava siemeneroosiosuojamatto (esim. Greenfix Cova-mat Plus 1)
- Eroosiomaton siemenseos on tuoreen niityn siemenseos (esim. Niittysiemen Oy, Tuore maisemaniitty -seos).

Kokemukset

Ei vielä rakennettu.

Kunnossapito: Ei vielä rakennettu.


SINPOLKU
A
B
200
VP
SYVÄNSALMENMETSÄ
2x Hv 200 PE/k-SN8
W-1
HAVAINTOPOLKU
Altaan pohja muotoillaan veden virtaussuunnassa viettäväksi
Hulevesialtaan maakumpareet ympäristösuunnitelman mukaan
Lietetasku: pohja +0.75, luiskat 1:3
Ylivuotopato biohiilisepeli sydämellä, padon yläreuna +1.9 m
Hulevesialtaan luiskiin asennetaan 100 % biohajoava eroosiosuojamatto ympäristösuunnitelman mukaan
Ylivuotokynnys +1.8


anpinta
siemeneroosiomatto
(100%:sesti
biohajoava)
alle levitetään 50 mm
kasvualustakerros
+3.48
+2.99
±1.9
n.1.06
1:3
0.75
1.05
Lietetasku
hulevesialtaan kaivu p
1015...1018 mukaisesti
muotoillaan virtaussuu
Luonnonkiviverhous #100–150, 250 mm
luonnonkiviverhouksen alle suodatinkangas N3
Sepeli #16–32, 300 mm
Suodatinkangas N3 padon sydämen ympärillä
Padon sydän biohiili-sepeliseos, 300 mm
Padon pohjalla suodatinkangas N3
-4.65

Kohde:
Lysimetrikoe

Suunnittelu:
Helsingin yliopisto

Rakentaja ja rakennusvuosi:
Helsingin yliopisto, 2014

Tausta ja tavoitteet:
Tutkimushankkeessa selvitettiin Soilia-maaperäntutkimusasemalla (www.soilia.fi) tilavuudeltaan 2 m^3 lysimetreihin rakennetuilla maaprofiileilla kahden vuoden ajan vähentääkö biohiili haitta-aineiden huuhtoutumista jätevesilietekompostia sisältävästä kasvualustasta. Tämän kenttäolosuhteissa tehdyn kokeen asetelma edusti tien reunaan tehtyä viheraluetta, jonne hulevesi ohjataan suodattumaan katualueelta.

Käytetty biohiili:
Koivupohjainen biohiili, tuotantolämpötila 380-420 °C, 2 tuntia, Charcoal Finland Oy. Raekoko < 150 mm.

Kasvualusta- ja rakenneratkaisut:
Huleveden imeytysrakenteiden suodatusmateriaalikerrosten (yht. 1.7 m soraa ja hiekkaa) päälle asennettiin 0.15 m paksuinen kasvualusta, jossa oli puolet hiekkaa ja puolet kompostoitua lietemultaa ja johon kylvettiin heinää. Osa näistä biosuodatusrakenteista sai 5 % biohiililisäyksen (tilavuus-%) siten, että valtaosa (87%) biohiilestä levitettiin 5 cm kerroksena kasvualustan ja suodatuskerroksen väliin ja loput sekoitettiin kasvualustaan. Koerakenteiden läpi valuvan sadeveden määrää mitattiin jatkuvatoimisesti ja vedenlaatua tutkittiin ajoittain. Lisäksi niitä kasteltiin keinotekoisella hulevedellä vuonna 2016.

Kokemukset
Kunnossapito: Ei erityistä kunnossapitoa. Heinät leikattiin ensimmäisen kasvukauden jälkeen ja niiden sisältämän hiilen ja typen määrä analysoitiin.
Vaikutus huleveden laatuun: Biohiili vähensi raskasmetallien kuten kuparin ja nikkelin huuhtoutumista lietemullasta jopa 50 % ja typen huuhtoutumista 44 %, mutta fosforin pidättymiseen biohiili ei vaikuttanut (Kuoppamäki ym. 2019).



Tilavuudeltaan 2 m^3 lysimetrit kuvattuna maan päältä (ylempi kuva) ja maan alapuolella tutkimushallissa. Keväällä ja kesällä 2016 lysimetrit kasteltiin kastelukannuista keinotekoisella hulevedellä. Kuva: Marjo Valtanen ja Kirsi Kuoppamäki



Kohde: Huleveden suodatuskoe

Laboratorioon sijoitettiin 30 koeastiaa, jotka täytettiin tutkittavilla suodatusmateriaaleilla. Astioihin imeytetty vesi voitiin tyhjentää ja ottaa talteen astian alareunaan kiinnitetyn silikoniletkun kautta. Kuva: Kirsi Kuoppamäki

Suunnittelu:

Helsingin yliopisto

Rakentaja ja rakennusvuosi:

Helsingin yliopisto, 2018

Tausta ja tavoitteet:

Laboratoriokokeessa tutkittiin erilaisia suodatusmateriaaleja ja sitä parantaako biohiililisäys hulevedessä olevien haitta-aineiden pidättymistä. Kokeessa jäljiteltiin katualueen reunaan rakennettavia hulevesien imeytyspainanteita. Niiden läpi suotautuvan veden laatua ja määrää pystyttiin tarkoin mittaamaan.

Käytetty biohiili:

Biohiili oli tuotettu kuusihakkeesta, tuotantolämpötila 600 °C. Carbofex Oy. Raekoko 2-20 mm.

Kasvualusta- ja rakenneratkaisut:

Laboratoriokokeessa kuuden 0,1 m^3 koeastian pohjalle laitettiin pohjalle 5 cm paksuinen kerros karkeaa hiekkaa salaojakerrokseksi ja sen päälle murskattua kevytsoraa ja kuuteen astiaan samaa murskattua kevytsoraa, johon oli sekoitettu 30 % biohiiltä. Kokeessa oli mukana myös kolme muuta suodatusmateriaalia, mutta niissä ei testattu biohiilen vaikutusta haitta-aineiden pidättymiseen. 35 cm paksun suodatuskerroksen päälle kuhunkin astiaan laitettiin kasvualustaksi 10 cm kerros niukkaravinteista turvehiekkaa, johon istutettiin viiruhelpeä (Phalaris arundinacea 'Picta'). Koerakenteita kasteltiin hulevedellä, joka oli kerätty lumena vilkasliikenteisen kadun tienpenkasta. Koe kesti 4 kuukautta.

Kokemukset

Kunnossapito: Hulevesikasteluiden välillä kasveja kasteltiin viikoittain. Koeastiat kasveineen asetettiin kasvatuslamppujen alle (240–370 µmol m^{-2} s^{-1}) 10:14 tunnin pimeä:-valo –rytmiin.

Vaikutus huleveden laatuun: Biohiili paransi huleveden sisältämän typen pidättymistä, mutta biohiiltä sisältävät rakenteet pidättivät heikommin huleveden sisältämää kokonaisfosforia, koska biohiili osoittautui fosforin lähteeksi. Metallien pidättymiseen biohiili ei vaikuttanut (Kuoppamäki ym. 2021a).

Kohde:
Biohiilikaivot

Miksei, MIKKELI

Suunnittelu:

Ramboll

Rakentaja ja rakennusvuosi:

Maanrakennus Talpa Oy, 2019

Tausta ja tavoitteet:

Biohiilikaivot toimivat hulevesien puhdistusratkaisujen koeympäristönä.

Kaivot rakennettiin kevättalvella 2019, testattiin kesällä ja käyttöönotettiin toukokuun 2019 lopussa.

Tavoitteena hulevesien laadun parantaminen ennen vesien johtamista purkuvesistöön sekä demonstroida ja tutkia biohiileen perustuvaa hulevesien käsittelyratkaisua. Puhdistusjärjestelmään hulevedet tulevat Karilan valuma-alueelta, jossa on asutusta, kaupallista toimintaa, pienteollisuutta ja tiealueita.

Käytetty biohiili:

Kaivo	Biohiili	Sepeli
HV 3	Kuusipohjainen biohiili 60%	40%
HV4	Kuusi-koivupohjainen biohiili 70%	30%
HV5	Sekalehtipuupohjainen biohiili 70%	30%
HV6	Kuusipohjainen biohiili 70%	30%
HV7	ei biohiiltä	100%

Kasvualusta- ja rakenneratkaisut:

Kohteen viidessä tilavuudeltaan 1,5 m^3 suodatinkaivoa, joissa oli noin 40-50 cm kerrospaksuus. Erilaiset suodatinmateriaalit mahdollistivat viiden eri suodatinmateriaa-lin tutkimisen samanaikaisesti.

Hulevedet johdetaan avo-ojassa seuraaviin järjestelmiin

- Settipato- ja tulokaivo
- Kasettirakenteinen vastaanotto- ja viivytyssäiliö
- Suodatuskaivot eli biohiilikaivot 5 kpl
- Kokoojakaivo mittaukseen ja näytteenottoon
- Imeytys ja viivytysalueesta ennen hulevesien laskemista vesistöön.

Settipatokaivon avulla voidaan järjestelmään ohjata vain haluttu määrä vettä, josta ylimäärä johdetaan ohivirtauksen kautta Pitkäjärveen.

Tulokaivojen kautta vesi jaetaan tasaisesti maanalaiseen kasettisäiliöön, josta vesi ohjataan viiteen suodatinkaivoon, joissa on tutkittavista materiaaleista valmistetut suodatinkerrokset.

Vesi suotautuu kaivojen läpi, minkä jälkeen ne kerätään yhteen kokoojakaivossa, jossa voidaan suorittaa mittauksia ja näytteenottoja suodatuksen jälkeisestä vedestä. Kokoojakaivosta vesi ohjataan viivästys- ja suodatusalueen (mahdolliset biohiilijäämät) kautta vesistöön.

Kokemukset

Kunnossapito:

Vaikutus huleveden laatuun:

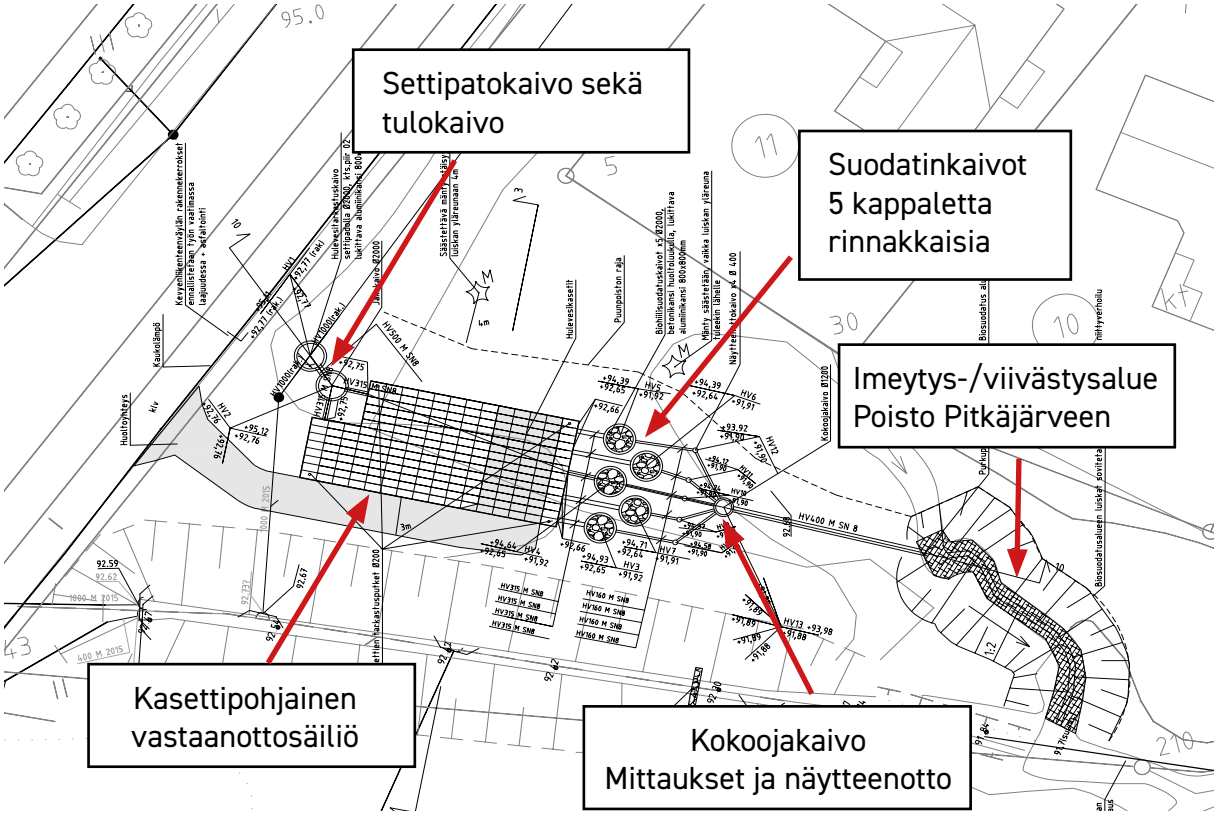
2019-2020 talven aikana suoritettujen kokeiden tulosten perusteella biohiilisuodattimien puhdistusteho riippuu paljon käytetystä raaka-aineesta ja hiilen valmistusprosessin onnistumisesta. Kokeessa ollut sekalehtibio-

hiili toimi muita biohiiliä heikommin todennäköisesti sen suuren palamattoman materian määrän takia.

Kuusibiohiili sitoi eniten ravinteita itseensä simuloidusta hulevedestä. Myös kuusi-koivubiohiili toimi ravinteiden sitomisessa. Tuloksissa on huomioitavaa se, että käytetyt vesimäärät sekä otantakoko olivat pienet.

Kokeilussa opittua:

- Biohiiltä suodatinmateriaalina hyödyntäessä tulee ottaa huomioon materiaalista irtoavan pienen biohiilipartikkelin määrä sekä hiiltämisprosessin laadunvarmistus.
- Biohiili oli kokeen alussa ympäröity silttipusseilla. Pussit kuitenkin tukkeutuivat hiilen hienoaineksella ja estivät virtaamaa. Silttipussit poistettiin kokeen aikana ja hiilen päälle asennettiin sepelikerros, jotta hiili pysyy paikallaan.
- Kokeen aikana järjestelmään asennettiin säädettävät tulovirtaamaventtiilit, jotka mahdollistivat kohteen monipuolisemman ja varmemman käytön.





Opastaulussa kuvataan hulevesien suodatusjärjestelmä ennen niiden johtamista pitkäjärveen.



Suodatinkaivoilla 5 kpl tutkittiin eri suodatusmateriaalien toimivuutta. Kaivoissa on 40-50 cm kerros suodatinmateriaalia.

- https://www.mikkeli.fi/sisalto/tietoja-mikkelista/hankkeet-ja-projektit/hulevesien-kasittelyn-tk-ymparisto-investointihanke
- https://www.xamk.fi/tutkimus-ja-kehitys/hulevesien-kasittelyn-t-amp-k-ymparisto-huky/
- https://vesitalous.fi/2018/12/mikkeli-lahtee-hyodyntamaan-biohiilta-hulevesien-kasittelyssa/

Kohde:
Biopeittokohde

Rautuvaara, KOLARI

Suunnittelu:

Luke ja GTK 2017

Rakentaja ja rakennusvuosi:

Luke 2018-2021

Tausta ja tavoitteet:

Biohiiltä kokeillaan tutkimus- ja pilottihankkeessa kaivosalueiden rikastushiekka- ja sivukivikasojen biopeittoratkaisuissa, joissa olennaista on saada kasvipeite kalteville ja karuille, metalleja sisältäville alustoille. Biopeitto- ja Kierroksia biopeittoon -hankkeissa kehitettävät ratkaisut voivat sopia myös penkereiden ja muiden karujen kohteiden viherryttämiseen.

Lapin kaivosalueilla testataan jatkossa myös BIoGo- hankkeessa kehitettyjä ”siemenpallotekniikoita” puiden ja kasvien juurruttamiseen jyrkkien rinteiden biopeitoissa. Kokeet perustetaan 2021-2022.

Käytetty biohiili:

Biopeitto- ja Kierroksia biopeittoon -hankkeissa (2018 perustetut kokeet) käytetty biohiili oli kuusihakkeesta tehtyä. Noireco Oy, raekoko < 150 mm.

Kasvualusta- ja rakenneratkaisut:

Kasvillisuuskokeet perustettiin rikastushiekan päälle Rautuvaaran kaivosalueelle Kolarissa.

2018 perustettu koe koostuu 24 lysimetristä, joiden pohjalla on 10 cm rikastushiekkaa ja päällä 20 cm kasvualusta, joka on joko 1) pelkkää moreenia, 2) moreeni + 10 % lietekompostia (10 %) tai 3) moreeni + komposti (10 %) + kuusibiohiili (10 %). Puoleen lysimetreistä on kylvetty heinäsiemenseos, joka sisältää mm. 80 % punanataa (*Festuca rubra*), englanninraiheinää (*Lolium perenne*) ja ja valkoapilaa (*Trifolium repens*). Puolet lysimetreistä on pidetty kasvittomina. Kasvillisuuden seurannan lisäksi vesinäytteenotto tehdään kolme kertaa vuodessa.

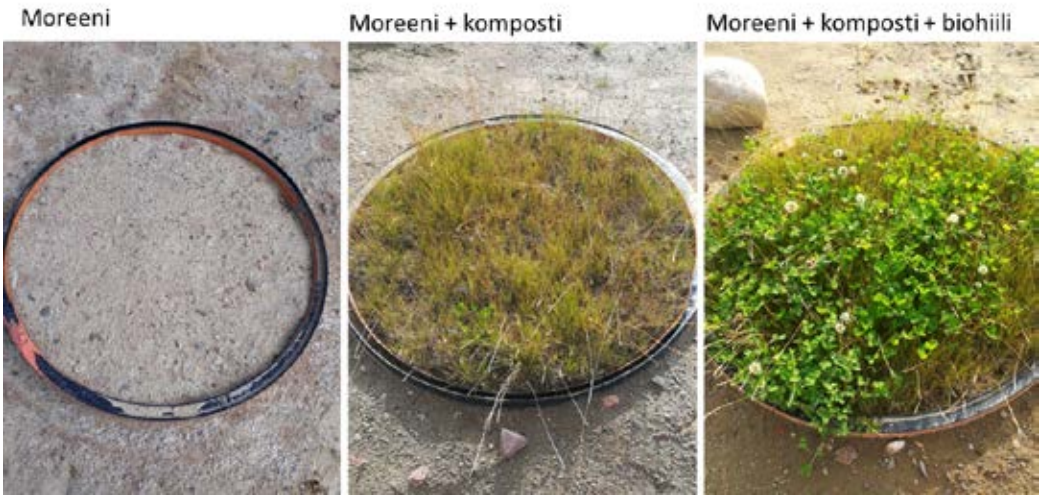
Uudessa 2021 samalle alueelle perustetussa kokeessa mukaan otettiin kuusihiilen lisäksi, lietehiili ja purkupuuhiili sekä kahdeksan pohjoista alkuperää olevaa kasvilajia.

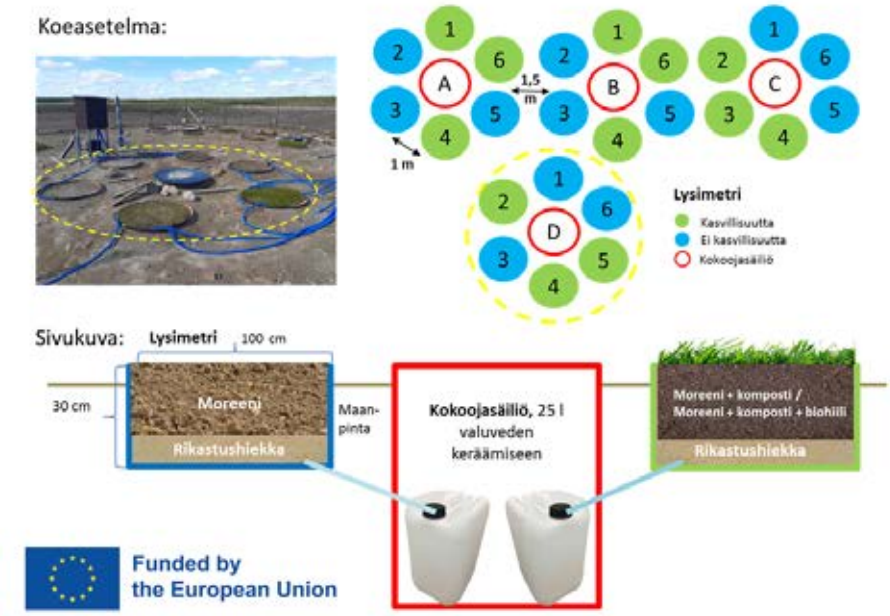
Kokemukset

Kunnossapito:
Kasvien menestyminen: Biohiilen positiiviset vaikutukset heinämäisten kasvien ja etenkin valkoapilan, kasvuun tulivat näkyviin toisen kasvukauden aikana. Kasvibiomassa kuusibiohiiltä sisältävissä kasvualustoissa on yli kaksi kertaa suurempi kuin pelkkää kompostia sisältävissä kasvualustoissa (Hagner et al. 2021).

Veden laatu: Veden laatua koskevia tuloksia sekä vuonna 2021 perustetun kasvikokeen tuloksia tullaan saamaan v. 2022.

Lisätietoa tutkimusjulkaisuista: Hagner et al. 2021





Biopeittokokeen periaate kaaviona. Kuva: Marja Uusitalo/Luke.


ASUNTO OY KAUPPIASKATU 13 1958
Sweet
Surpris
VELTEX

Käyttöohjeet

Millaista biohiiltä, mihin tarkoitukseen?

Biohiilet ovat monipuolinen tuoteperhe. Oikeanlaisen biohiilen valinnan merkitys kasvaa, kun biohiilten saatavuus helpottuu ja asiakkaalla on todellista valinnanvaraa. Oheisessa taulukossa esitellään joitakin ominaisuuksia, joiden suhteen sekä tuotantoprosessissa saavute-tulla korkeimmalla huippulämpötilalla (HTT, highest treatment temperature) ja raaka-aineella on suuri vaikutus.

Taulukko 1. Eri käyttötarkoituksiin suuntaa-antavasti heikommin ja paremmin soveltuvia biohiiliä.
*** = ominaisuudet edulliset, * = ominaisuudet kohtalaisen hyvät, - = ominaisuudet heikot.*

	HTT<400	HTT400-600	HTT600-700	sopivin raaka-aine, raekoko	lisäysmäärä
Raskasmetallien pidättyminen	**		-		
Org. haitta-aineiden pidättyminen	-		**		
Ravinteiden pidättyminen					
Kasveille käyttökelpoisen veden määrän lisäys	-	*	**	Puu, 1-2 mm	>10 t/ha
Vedenjohtavuuden parantaminen		*	**	Puu, < 2 mm	>30 t/ha
Ilmastovaikutus		*	**		
Kasvien kasvu	*	**	*		5-20 t/ha
Kasveille käyttökelpoisen fosforin lisäys					10+ t/ha



Biohiilen sekoittaminen lantakompostiin on eduksi sekä kompostoitumisprosessille että toimii biohiilen ravinteistajana ja aktivoijana. Kuva: Marleena Hagner/Luke.

Biohiilen ravinteistus kasvualustaa varten

Biohiilen ravinteistus on kasvualustakäytössä usein tarpeen ja jopa välttämätöntä, jotta biohiilen lisäys maahan ei sido ravinteita pois kasvien käytöstä. Se on ympäristö- ja ilmastovaikutusten kannalta edullisinta tehdä kierrätyslannoitteilla tai -ravinnelähteillä, ja väkilannoitteita on syytä välttää. Ravinteistusta varten ravinteiden lähde, kuten komposti, ja biohiili pitäisi sekoittaa ja seosta seisottaa aumassa vähintään noin kuukausi, ja kylmällä säällä jopa pidempään. Seoksen pitäisi olla melko kosteaa, mutta ei läpimärkää.

Keinolannoitteilla ravinteistaessa biohiililannoiteseos kastellaan kuitenkin kunnolla märäksi, jotta lannoiterakeet pehmenevät, ja nostetaan sitten aumalle. Auma on aina turvallisinta peittää ravinteistuksen ajaksi, jotta seos ei kuivu liikaa, eikä tuuli levitä biohiiltä. Auman pitäisi kuitenkin olla ilmava ja ilman pitäisi päästä kiertämään myös aumaa suojaavien peitteiden alla.

Ravinteistuksen onnistumista ei tällä hetkellä ole keinoja varmistaa, eikä ole myöskään tietoa siitä, minkä verran liukoisia ravinteita olisi syytä saada kiinnittymään biohiileen tai miten nopeasti niitä olisi toivottavaa luovuttaa. Asia vaatii siis lisätutkimusta.

Käyttömäärä

Viherrakentamisen kasvualustoihin suositellaan tällä hetkellä 10-15% tilavuusosuutta biohiiltä. Sen määrää voi nykytiedon valossa turvallisesti lisätä vähintään noin 20% saakka. Toisaalta alle 5% käyttömäärästä ei välttämättä ole havaittavaa hyötyä kasveille. Etelä-Ruotsissa käytetään paljon suurempiakin määriä (ks. Fransson ym. 2020), ja biohiiltä voidaan käyttää pelkän kompostin kanssa, ilman muuta kivennäismaa-ainesta, mutta näistä seoksista ei Suomen oloissa ole vielä kokemusta.

Maataloudessa, missä biohiilen käyttömääristä on tehty eniten tutkimusta, suositus on

Kuva: Marleena Hagner/ Luke.



5-20 t/ha. 20 cm muokkauskerrokseen tämä tarkoittaa 0,5-1,5 til.-% (ks. sivu 26), mikä on melko selvästi vähemmän kuin viherrakentamisen ratkaisuissa kokeillut ja käytetyt määrät. Ruotsissa tämänhetkinen suositus on seossuhde 1:8, eli 12,5 til.-% biohiiltä, ja yli 20 til.-% lisäyksen ei katsota antavan enää lisähyötyä (Fransson et al. 2020). Suomen harvalukuisissa viherrakentamisen kokeissa ja tutkimuksissa noin 10 tilavuus-% on ollut kohtuullinen kompromissi hyötyjen ja kustannusten välillä.

On hyvä huomata, että biohiilen määrää valmiissa kasvualustassa on vaikea selvittää jälkeenpäin, sillä tavanomaiset laboratorioanalyysit eivät erota biohiilen hiiltä muusta maaperän hiilestä. Valmiita biohiiltä sisältäviä kasvualusta- tai kompostiseoksia käytettäessä kannattaakin kiinnittää huomiota käyttömäärän ilmoitustapaan, yksikköön (esim. grammaa litrassa tai grammaa kilossa), ja toimijan luotettavuuteen.

Maanparannuskäytön ohjeet

Biohiiliä voidaan lisätä rakennettaviin kasvualustoihin, mutta niitä voidaan myös sekoittaa paikalla olevaan maa-ainekseen maanparannustarkoituksessa samaan tapaan kuin komposteja, lannoitteita tai kalkitusaineita. Harkittaessa biohiilien käyttöä maanparannusaineena arvioidaan, missä tilanteessa ja miksi maanparannusta tarvitaan, ja mihin maa-aineksen ominaisuuksiin biohiilien käytöllä voidaan saada edullisia vaikutuksia. Maaperän käsittelytapa, käytettävien maa-ainesten tyyppi, niiden maanparannustarve ja sopivat maanparannustoimenpiteet voivat poiketa toisistaan suurestikin. Myös biohiilen tyyppi on ostattava valita todettua maanparannustarvetta vastaavaksi.

Biohiilen lisääminen maan pinnalle ilman sekoittamista tai peittämistä ei yleensä ole järkevää, vaan biohiili tulisi tavalla tai toisella suojata eroosiolta joko esim. peittämällä tai sekoittamalla se maahan. Siksi biohiilen laa-



Kuva: Priit Tammeorg.

jamittainen käyttö esimerkiksi metsätalousalueilla on haastavaa.

Biohiiltä voidaan lisätä maahan pienemmässä mittakaavassa ilman laajoja kaivuutöitä esimerkiksi ns. säteittäisten ojien avulla (radial trenching), missä puun pääjuurten väliin kaivetaan rungosta säteittäisesti ulospäin ojia lapiolla tai ilmalapiolla. Puun pääjuuria tai muita halkaisijaltaan yli 1-2 cm juuria ei saa kaivussa vahingoittaa. Näihin kaivantoihin lisätään haluttu maanparannusaine, kuten biohiili-kompostiseos tai sepeli-komposti-biohiiliseos, ja ojan ylin 5-10 cm peitetään paikalta kaivetulla maa-aineksella tai nurmiturpeilla.

Pienelle puulle sopiva määrä ojia on esim. 4 metrin mittaista, lapionpiston levyistä ja syvyistä ojaa (yhteistilavuus noin 250 litraa). Keskikokoiselle tai suurelle puulle voidaan kaivaa enemmän ja suurempia ojia siten, että yhteistilavuus on kuutiometri tai ylikin. Menetelmä on tunnettu Keski-Euroopassa jo vuosikymmeniä ja sitä on sovellettu ennen biohiilen käytön yleistymistä pääasiassa kompostin lisäämiseen vanhojen puiden kasvualustoihin. Biohiilestä on eniten hyötyä aktiiviseen juurikerrokseen eli maan ylimpään noin 20-50 senttiin sekoitettuna.

Käytännön vinkkejä ja kokemuksia biohiilen käytöstä

- Tarkista ja varmista biohiilen laatu. Laatuongelmat voit huomata esimerkiksi voimakkaasta hajusta tai palamattomasta puuaineksesta hiilen seassa.
- Käytä ja käsittele biohiiltä aina kostutettuna
- Rakenna ja istuta mieluiten syksyllä, jos istutat tai kylvät kasvukaudella, tarvitaan huolellista kastelua. Biohiili voi pidättää aluksi vettä niin, että kasveille tulee siitä pulaa.
- Suojaa aina biohiili tuulelta

Hulevesien pidätys- ja suodatuskohteet

- Hulevesien suodatuspainanteissa kasvillisuuden tulee kestää erilaisia äärioloja, ja luiskiin tarvitaan kuivempien olosuhteiden kasvillisuutta kuin pohjalle. Jopa pohja voi olla ajoittain hyvin kuiva.
- Painanteisiin kertyy paljon roskaa, niiden pois keräämisen tarve huomioidaan suunnittelussa; painanteissa täytyy pystyä liikkumaan.
- Katupäällysteille kerääntyy valtava rikkakasvien siemenpankki, joka kulkeutuu hulevesien mukana biosuodatuspainanteeseen. Painanteen kasvillisuuden tulee olla erittäin hyvin paikalla vallitsevissa olosuhteissa menestyvää ja peittävä. Istutukset tehdään tavanomaista pienemmillä taimiväleillä.
- Painanteiden luiskat tehdään loivina. Suunnittelussa huomioidaan painanteeseen tulevan hulevesirummun korkeus ja sen vaikutukset luiskien jyrkkyyteen.

Kunnossapito

Hulevesikohteissa, joissa on käytetty biohiiltä, noudatetaan pääasiassa tavanomaisia hulevesikohteiden kunnossapidon ohjeita ja kohdekohtaisia hoitosuunnitelmia. Tyypillisesti suodatus-, laskeutus- ja viivytysalueilla kasvillisuutta hoidetaan niittämällä ja/tai raivaamalla pois puuvartista kasvillisuutta säännöllisesti, ja mahdollisesti lietettä poistetaan ajoittain esimerkiksi imuruoppauksella. Erityisesti viivytys- ja laskeutusaltaat kasvittuvat helposti hyvin voimakkaasti. Myös haitalliset vieraslajit viihtyvät hyvin hulevesikohteissa, joten niiden poistoon on hyvä varautua.

Takuuhoidon aikana on tärkeää huolehtia taimien kastelusta, sillä taimien kuivuusongelmista heti istutuksen jälkeen on kokemuksia useista kohteista. Kasteluun on syytä varautua myös sellaisissa kohteissa, joihin ohjataan paljon hulevesiä, jotta mahdolliset alkuvaiheen kuivat jaksot eivät johda kasvillisuuden menetyksiin.

Suodatus- ja pidätysrakenteiden biohiili on joissain tapauksissa suunniteltu vaihdettavaksi. Yleensä se on silloin sijoitettu erilliseen rakenteeseen kuten kasettiin, jotta kasvillisuutta ei tarvitsisi samalla uusia. Esimerkiksi Syvänsalmenmetsän suotopadon hoitosuunnitelman mukaan suodattavan sepeli-biohiilipadon biohiilisydämen etukäteen arvioitu vaihtoväli on noin 10 vuotta.

Biohiilen kierrätys suodatuskäytön jälkeen

Lainsäädännön näkökulmasta käytöstä poistettu biohiili on jätettä. Jätehierarkian mukaan materiaali pitäisi ensisijaisesti uudelleenkäyttää sellaisenaan, toissijaisesti kierrättää ja vasta näiden vaihtoehtojen jälkeen tulee kyseeseen poltto. Jätehierarkiassa on lisäksi viimesijaisena vaihtoehtona loppusijoitus kaatopaikalle, mutta orgaanisen jätteen kaatopaikkakiellosta (Valtioneuvoston asetus kaatopaikoista 331/2013) johtuen käytetyn biohiilen loppusijoitus tavanomaisen tai vaarallisen jätteen kaatopaikalle ei ole vaihtoehto.

Suodatusrakenteissa käytetyn biohiilen jatkokäsittely riippuu siitä, minkä suodattamiseen sitä on käytetty. Lähtökohtaisesti on selvitettävä, sisältääkö hiili haitallisia aineita sellaisissa pitoisuuksissa, että se luokitellaan vaaralliseksi jätteeksi vai voidaanko se käsitellä tavanomaisena jätteenä, sekä millaisessa laitoksessa se voidaan käsitellä. Asian selvittämiseksi suositellaan olemaan yhteydessä paikalliseen jätelaitokseen. Joissain tapauksissa hiili voidaan regeneroida pyrolysoimalla se uudelleen, jonka jälkeen sitä voidaan käyttää jälleen suodatinmateriaalina.

Sanasto

Hiili-sanalla tarkoitetaan sekä epätäydellisen palamisen tuottamaa, alkuaine hiiltä paljon sisältävää materiaalia (engl. char), että alkuainetta itseään (engl. carbon). Tästä syntyvän epäselvyyden vuoksi oppaassa alkuaine-hiilestä puhuttaessa hiili-sanan yhteydessä käytetään hiilen kemiallista symbolia C.

Hulevesi on rakennetuilla alueilla syntyvää valumavettä, joka tavallisesti ohjataan maanalaisia hulevesiviemäriputkia pitkin läheisiin vesistöihin.

Hydrohiili on märkähiiltomenetelmällä, vedessä noin 180-350 asteeseen kuumentamalla tuotettava korkeahiilinen tuote. Raaka-ainetta ei tarvitse kuivata ennen märkähiiltoa, joten se sopii erityisesti märille raaka-aineille. Hydrohiili ei toimi ympäristössä samoin eikä ole yhtä pitkäikäinen kuin pyrolyysilla tuotettu biohiili.

Kationinvaihtokapasiteetti (KVK) tarkoittaa maa-aineksen, kuten biohiilen tai saven, tai erilaisten maa-ainesten seoksen kykyä pidättää ja luovuttaa ravinteita. Mitä korkeampi KVK on, sitä viljavampaa maa yleensä on. KVK määräytyy pääasiassa maan happamuuden, eloperäisen aineksen ja saveksen määrän perusteella.

Maan eloperäinen aines (engl. soil organic matter, SOM) tarkoittaa maaperän erilaisten elo peräisten, eri hajoamisvaiheissa olevien aineksien sekä elöstön kokonaisuutta. Maan eloperäinen hiili (engl. soil organic carbon, SOC) tarkoittaa edellä maan eloperäisen aineksen sisältämää alkuainehiiltä, jota yleensä on noin puolet tai kaksi kolmasosaa koko eloperäisen aineksen määrästä. Pyrogeeninen C ja biohiili sisältyvät sekä maan eloperäiseen ainekseen että maan eloperäiseen C:hen

PAH-yhdisteet eli polysykliset aromaattiset hiilivedyt ovat yksi epätäydellisessä palamisessa syntyvä C-yhdistetyyppi. Eräät näistä yhdisteistä ovat syöpää aiheuttavia ja siksi haitallisia. PAH-yhdisteitä syntyy biomassan pyrolyysissä melko helposti, ja niitä syntyy myös luonnonprosesseissa.

Pyrogeeninen hiili (täsmällisemmin pyrogeeninen hiilipitoinen materiaali, engl. pyrogenous carbonaceus material, PCM) on kattokäsite erilaisten lämpökemiallisten prosessien tuloksena syntyneille materiaaleille, jotka sisältävät eloperäistä hiiltä. Ne voivat olla tarkoituksellisesti tuotettua biohiiltä, tai esimerkiksi metsäpalojen tai kydönpolton tulosta.

Pyrolyysi eli kuivatislaus on lämpökemiallinen reaktio, jossa orgaanisia kiinteitä aineita hajotetaan kuumentamalla hapettomissa tai hyvin niukkahappisissa oloissa.

Raskasmetallit on yleisnimitys kaikille terveydelle ja ympäristölle vaarallisille metalleille ja puolimetalleille. Lista mukaan luettavista aineista ei ole täysin vakiintunut, mutta Suomen lainsäädännössä siihen kuuluvat antimoni, arseeni, kadmium, kromi (VI), kupari, lyijy, elohopea, nikkeli, seleeni, telluuri, tallium ja tina.

Viitteet

Andrenelli, M. C., Maienza, A., Genesio, L., Miglietta, F., Pellegrini, S., Vaccari, F. P., & Vignozzi, N. (2016). Field application of pelletized biochar: Short term effect on the hydrological properties of a silty clay loam soil. Agricultural Water Management, 163, 190-196.

Boakye, P., Tran, H. N., Lee, D. S., & Woo, S. H. (2019). Effect of water washing pretreatment on property and adsorption capacity of macroalgae-derived biochar. Journal of environmental management, 233, 165-174.

Borchard, N., Schirrmann, M., Cayuela, M. L., Kammann, C., Wrage-Mönnig, N., Estavillo, J. M., ... & Novak, J. (2019). Biochar, soil and land-use interactions that reduce nitrate leaching and N2O emissions: a meta-analysis. Science of the Total Environment, 651, 2354-2364.

Domene, X. (2016). A Critical Analysis of Meso- and Macrofauna Effects Following Biochar Supplementation. In book: Biochar Application: Essential Soil Microbial Ecology Edition: 1st Chapter: 11. Elsevier. Editors: Komang Ralebitso T, Orr C. DOI: 10.1016/B978-0-12-803433-0.00011-4

Dugdug, A. A., Chang, S. X., Ok, Y. S., Rajapaksha, A. U., & Anyia, A. (2018). Phosphorus sorption capacity of biochars varies with biochar type and salinity level. Environmental Science and Pollution Research, 25(26), 25799-25812.

Dutta, T., Kwon, E., Bhattacharya, S. S., Jeon, B. H., Deep, A., Uchimiya, M., et al. (2017). Polycyclic aromatic hydrocarbons and volatile organic compounds in biochar and biocharamended soil: A review. Gcb Bioenergy,9(6), 990–1004.

Elmer WH, Pignatello JJ. Effect of biochar amendments on mycorrhizal associations and Fusarium crown and root rot of asparagus in replant soils. Plant Disease. 2011;95:960-966

Farhangi-Abriz, S., Torabian, S., Qin, R., Noulas, C., Lu, Y., & Gao, S. (2021). Biochar effects on yield of cereal and legume crops using meta-analysis. Science of The Total Environment, 775, 145869.

Fransson, A-M., Gustafsson, M., Malmberg, J., Paulsson, M. (2020). Biokolhandboken – för användare.

Gao, S., DeLuca, T. H., & Cleveland, C. C. (2019). Biochar additions alter phosphorus and nitrogen availability in agricultural ecosystems: a meta-analysis. Science of the Total Environment, 654, 463-472.

Ghorbani, M., Konvalina, P., Kopecký, M., & Kolář, L. (2023). A meta-analysis on the impacts of different oxidation methods on the surface area properties of biochar. Land Degradation & Development, 34(2), 299-312.

Glaser, B., & Lehr, V. I. (2019). Biochar effects on phosphorus availability in agricultural soils: A meta-analysis. Scientific reports, 9(1), 1-9.

Godlewska, P., Schmidt, H. P., Ok, Y. S., & Oleszczuk, P. (2017). Biochar for composting improvement and contaminants reduction. A review. Bioresource Technology, 246, 193-202.

Gorovtsov, AV., Minkina, TM., Mandzhieva SS., Perelomov, LV., Soja, G., Zamulina, IV, Rajput, VD, Sushkova, SN, Mohan, D., Yao, J. 2020. The mechanisms of biochar interactions with microorganisms in soil. Environmental Geochemistry and Health volume 42:2495–2518 https://doi.org/10.1007/s10653-019-00412-5

Hagner, M., Uusitalo, M., Ruhanen, H. et al. (2021). Amending mine tailing cover with compost and biochar: effects on vegetation establishment and metal bioaccumulation in the Finnish subarctic. Environ Sci Pollut Res 28, 59881–59898. https://doi.org/10.1007/s11356-021-14865-8

Hussain, R., Ravi, K., & Garg, A. (2020). Influence of biochar on the soil water retention characteristics (SWRC): potential application in geotechnical engineering structures. Soil and Tillage Research, 204, 104713.

Ibrahimi, K., & Alghamdi, A. G. (2022). Available water capacity of sandy soils as affected by biochar application: A meta-analysis. Catena, 214, 106281.

Kalu, S., Simojoki, A., Karhu, K., & Tammeorg, P. (2021). Long-term effects of softwood biochar on soil physical properties, greenhouse gas emissions and crop nutrient uptake in two contrasting boreal soils. Agriculture, Ecosystems & Environment, 316, 107454.

Kopakkala, T. (2022). Biochar as a planting soil component for urban trees: a short-term study from Hyväntoivonpuisto, Helsinki. MSc thesis. University of Helsinki, Department of Agricultural Sciences. https://helda.helsinki.fi/handle/10138/351671

Kotze, D. J., Kuoppamäki, K., Niemikapee, J., Mesimäki, M., Vaurola, V., & Lehvävirta, S. (2020). A revised terminology for vegetated rooftops based on function and vegetation. Urban Forestry & Urban Greening, 49, 126644. https://doi.org/10.1016/j.ufug.2020.126644

Kuoppamäki, K. (2021). Vegetated roofs for managing stormwater quantity in cold climate. Ecological Engineering, 171, 106388. https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2021.106388

Kuoppamäki, K., Hagner, M., Valtanen, M., & Setälä, H. (2019). Using biochar to purify runoff in road verges of urbanised watersheds: A large-scale field lysimeter study. Watershed Ecology and the Environment, 1, 15-25.

Kuoppamäki, K., & Lehvävirta, S. (2016). Mitigating nutrient leaching from green roofs with biochar. Landscape and Urban Planning, 152, 39-48. http://dx.doi.org/10.1016/j.landurbplan.2016.04.006

Kuoppamäki, K., Pflugmacher Lima, S., Scopetani, C., & Setälä, H. (2021a). The ability of selected filter materials in removing nutrients, metals, and microplastics from stormwater in biofilter structures (Vol. 50, No. 2, pp. 465-475).

Kuoppamäki, K., Prass, M. & Hagner, M. (vertaisarvioitavana oleva käsikirjoitus). Crushed concrete and biochar: a sustainable solution for vegetated roofs.

Kuoppamäki, K., Setälä, H., & Hagner, M. (2021b). Nutrient dynamics and development of soil fauna in vegetated roofs with the focus on biochar amendment. Nature-Based Solutions, 1, 100001. https://doi.org/10.1016/j.nbsj.2021.100001

Liu, Z., Dugan, B., Masiello, C. A., & Gonnermann, H. M. (2017). Biochar particle size, shape, and porosity act together to influence soil water properties. Plos one, 12(6), e0179079.

Lokka, J., Haapalainen, P., Rasi, S., Kotilainen, T., Seppänen, A. M., Tampio, E., ... & Uotila, L. (2021). Teollinen ekosysteemi energian-ja ruoantuotantoon. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 64/2021. 65 s.

Masiello, C. A., Dugan, B., Brewer, C. E., Spokas, K. A., Novak, J. M., Liu, Z., & Sorrenti, G. (2015). Biochar effects on soil hydrology. In Biochar for Environmental Management (pp. 575-594). Routledge.

Mohammadi, A. (2021). Overview of the Benefits and Challenges Associated with Pelletizing Biochar. Processes, 9(9), 1591.

Omondi, M. O., Xia, X., Nahayo, A., Liu, X., Korai, P. K., & Pan, G. (2016). Quantification of biochar effects on soil hydrological properties using meta-analysis of literature data. Geoderma, 274, 28-34.

Rasool, M. Akhter, A, Soja, G., Haider, MS. (2021) Role of biochar, compost and plant growth promoting rhizobacteria in the management of tomato early blight. Scientific Reports 11:6092

Soinne, H., Keskinen, R., Heikkinen, J., Hyväluoma, J., Uusitalo, R., Peltoniemi, K., ... & Rasa, K. (2020). Are there environmental or agricultural benefits in using forest residue biochar in boreal agricultural clay soil?. Science of the Total Environment, 731, 138955.

Somerville, P. D., Farrell, C., May, P. B., & Livesley, S. J. (2020). Biochar and compost equally improve urban soil physical and biological properties and tree growth, with no added benefit in combination. Science of the Total Environment, 706, 135736.

Tammeorg, P., Simojoki, A., Mäkelä, P., Stoddard, F. L., Alakukku, L., & Helenius, J. (2014a). Biochar application to a fertile sandy clay loam in boreal conditions: effects on soil properties and yield formation of wheat, turnip rape and faba bean. Plant and soil, 374(1), 89-107.

Tammeorg, P., Simojoki, A., Mäkelä, P., Stoddard, F. L., Alakukku, L., & Helenius, J. (2014b). Short-term effects of biochar on soil properties and wheat yield formation with meat bone meal and inorganic fertiliser on a boreal loamy sand. Agriculture, Ecosystems & Envi-ronment, 191, 108-116.

Tammeorg, P., Parviainen, T., Nuutinen, V., Simojoki, A., Vaara, E., & Helenius, J. (2014c). Effects of biochar on earthworms in arable soil: avoidance test and field trial in boreal loamy sand. Agriculture, Ecosystems & Environment, 191, 150-157.

Tammeorg, P., Soronen, P., Riikonen, A., Salo, E., Tikka, S., Koivunen, M., ... & Jalas, M. 2021. Co-Designing Urban Carbon Sink Parks: Case Carbon Lane in Helsinki. Frontiers in Environmental Science, 346.Thies, J. E., Rillig, M. (2009). Characteristics of biochar: Biological properties. In: Lehmann M, Joseph S, editors. Biochar for Environmental Management Science and Technology. London: Earthscan; 2009. pp. 85-105.

De Tender C.A., Debode, J., Vandecasteele B, D'Hose T., Cremelie P, Haegeman A, Ruttink T, Dawyndt P, Maes, M., (2016). Biological, physicochemical and plant health responses in lettuce and strawberry in soil or peat amended with biochar. Applied Soil Ecology 107:1-12

Rasa, K., Heikkinen, J., Hannula, M., Arstila, K., Kulju, S., & Hyväluoma, J. (2018). How and why does willow biochar increase a clay soil water retention capacity?. Biomass and Bioenergy, 119, 346-353.

Razzaghi, F., Obour, P. B., & Arthur, E. (2020). Does biochar improve soil water retention? A systematic review and meta-analysis. Geoderma, 361, 114055.

Slapakova, B., Jerabkova, V., Tejnecky, D.O. (2018). The biochar effect on soil respiration and nitrification. Plant, Soil and Environment. 2018, 64(3):114-119.

Soronen, P., Riikonen, A., Salo, E., Koivunen, M., Tikka, S., Passi, S., ...& Tammeorg , P. 2019. Design support for the carbon drawdown demonstration area in Jätkäsaari, Helsinki Report on principles of urban demonstration areas for carbon sequestration. EIT Climate KIC report. 33s.

Ye, L., Camps-Arbestain, M., Shen, Q., Lehmann, J., Singh, B., & Sabir, M. (2020). Biochar effects on crop yields with and without fertilizer: A meta-analysis of field studies using separate controls. Soil Use and Management, 36(1), 2-18.

Wang, D., Li, C., Parikh, S. J., & Scow, K. M. (2019). Impact of biochar on water retention of two agricultural soils–A multi-scale analysis. Geoderma, 340, 185-191.

Wong, J. T. F., Chen, X., Deng, W., Chai, Y., Ng, C. W. W., & Wong, M. H. (2019). Effects of biochar on bacterial communities in a newly established landfill cover topsoil. Journal of Environmental Management, 236, 667–673. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.02.010

Zhou, S., Jiang, Z., Shen, J., Yao, Q., Yang, X., Li, X., ... & Zhang, Z. (2023). Biochar-amended compost as a promising soil amendment for enhancing plant productivity: A meta-analysis study. Science of The Total Environment, 163067.

Biohiilen laatutietoa hankinnoista päättäville

SBY hankintaohje 1.0
Julkaistu 10.2.2020

Biohiilen käyttö yleistyy monilla aloilla. Tämä ohje on tarkoitettu mittavista biohiilihankinnoista vastaaville henkilöille, joilla ei ole aikaisempaa kokemusta biohiilen laadusta ja laadun arvioinnista kilpailutuksen yhteydessä.

***Biohiilen vähittäisostajille riittävät myyjien normaalit tuoteselosteet sekä pakkausten mukana saatavat ohjee**t.*

Euroopassa yleisesti käytetyt biohiilen laatukriteerit on kuvattu EBC:n julkaisemissa ohjeissa ja liitteissä, joissa ovat myös Euroopassa hyväksytyt raaka-aineet (julkaisija: European Biochar Foundation, EBC). Katso: www.european-biochar.org/en/download%20the%20certificate

HUOM! Tässä SBY:n ohjeessa olevia laatutietoja EI tarvitse tarkistaa, jos biohiilen myyjä voi toimittaa jonkin seuraavista tiedoista:

1. Ruokaviraston edellyttämät tuoteselostetiedot
2. Tuottajan/valmistajan REACH-rekisteröintivahvistus
3. Tiedon voimassa olevasta EBC-sertifikaatista tai vastaavat sertifiointimäärityksissä luetellut tuoteanalyysitiedot. Biohiili on markkinakelpoista, mikäli tuotteen haitta-aineiden määrät alittavat EBC-sertifikaatissa mainitut raja-arvot (basic grade) ja täyttävät Ruokaviraston kriteerit.

Muita vastaavia, vapaaehtoisia laatujärjestelmiä ovat IBI-BS sekä BBQM.

HUOM!

Jokaiseen käyttötarkoitukseen liittyvät biohiilen erityisominaisuudet kannattaa aina tarkistaa biohiilen tuottajan kanssa käytävissä neuvotteluissa.

Mikäli biohiilen tuottaja ei tarjoa mitään em. laatujärjestelmien tiedoista, on syytä ottaa selville seuraavat perusasiat!

Biohiili on biomateriaalista (yleensä puu tai muu kasvimassa) termisesti valmistettu kiinteä aine, jonka hiilipitoisuus on vähintään 50 % kuivapainosta. Termisiä tekniikoita ovat hidas- ja nopeapyrolyysi sekä kaasutus. Biohiilen valmistuslämpötilan pitää olla **vähintään 350 °C astetta**.

Jokainen biohiili on erilainen. Erot johtuvat raaka-aineiden erosta, kosteudesta, valmistustekniikasta ja prosessin lämpötilasta sekä varastoinnin aikaisista muutoksista. Ostettavan hiilen laatutiedot pitää tarkistaa AINA ennen hiilen ostoa!

Tuoteselosteesta tarkistettavat perusasiat ovat:

Valmistusmateriaali: Mikä puulaji? Mikä muu kasvimassa – tai muu materiaali, ellei puu? Valmistuspaikka ja/tai maa?

Biohiilen alkuperä: Biohiilen valmistanut yritys ja sen yhteystiedot.

Myyjän toimittamat **laatutiedot**, joista pitäisi löytyä:

A) Turvallisuuteen liittyvät vähimmäistiedot

1. Valmistuslämpötila ja hiillon kestoaika, hiilto vähintään **350 °C asteessa** on tuoteturvallisuuden perusta.
2. Haitallisten metallien määrät: *Suomessa myytävien ja käytettävien lannoitteiden ja muiden lannoitevalmisteiden haitallisten aineiden enimmäispitoisuudet* (mg/kg ka): Arseeni (As) 25, Elohohopea (Hg) 1,0, Kadmium (Cd) 1,51, Kromi (Cr) 300, Kupari (Cu) 6002), Lyijy (Pb) 100, Nikkeli (Ni) 100, Sinkki (Zn) 15002. Samat raja-arvot koskevat kasvualustoissa käytettävää biohiiltä.
3. Myrkyllisten yhdisteiden pitoisuus: **PAH** pitää olla alle 12 mg/kg, **PCB** alle 0,2 mg/kg, **furaanit** sekä **dioksiini** alle 20 ng/kg. Nämä ovat tärkeitä tietoja ympäristö- ja ruokaturvallisuuden valvonnassa.

B) Käyttökelpoisuuteen liittyvät tiedot

1. Partikkelikokojakauma ja hiilen kosteus. Tieto varmistaa sen, ettei saada pelkkää pölyä tai suuria palikoita itse murskattavaksi. Täysin kuivaan hiileen liittyy palovaara sekä pölyriski käyttäjille.
2. Ominaispinta-ala **BET ja vedenpidätyskyky**. BET osoittaa hiilen huokosten pinta-alan (m2/g), joka vaikuttaa hiilen kykyyn sitoa esim. myrkyllisiä yhdisteitä ilmasta, vedestä ja maasta.
3. Kasvualustahiiltä koskevat perustiedot ovat em. lisäksi: Kokonaisfosfori (P), Vesiliukoinen fosfori, Kokonaiskalium (K), Vesiliukoinen kalium, pH, Johtokyky, Kosteus ja Tuhkapitoisuus. *Kasviperäinen kasvualustahiili* on kansallisen lannoitevalmistuslain tyyppinimiluettelossa.

C) Hiilen pysyvyyteen (hiilivarasto maassa tai rakenteissa) vaikuttavaa tietoa

H/C-suhde, pitää olla **0,6** tai sitä pienempi tai **O/C-suhde** alle **0,4**. Nämä luvut ilmaisevat hiilen kypsyyden

Orgaanisen hiilen määrä (Corg) prosentteina. Tätä tietoa tarvitaan, kun lasketaan hiilinielun arvoa käyttökohteessa. **Tarkista** myyjältä voiko ostaja hyödyntää hiilinielun omassa toiminnassaan.

Kysy aina biohiilen **jälkikäsittelyt sekä varastointiaika, -paikka sekä varastotilan olosuhteet** (katettu, kuiva vai kostea). Hiilen ominaisuudet muuttuvat varastoinnissa, kun hiili sitoo kosteutta ja on yhteydessä ilmassa olevaan happeen. Jälkikäsittelyllä hiillon jälkeen on olennainen vaikutus esim. ravinteiden tai kemikaalien sitoutumiseen hiileen. Kysy aina myös biohiilinäytteet analysoinut laboratorio, näytteiden ottaja (ulkopuolinen auditoija vai valmistaja itse) sekä näytteenoton ajankohta (onko samaa erää kuin myynnissä oleva tuote).

HUOM!

Ilmoita aina biohiilen **käyttötarkoitus** myyjälle ja KYSY tiedot ja perustelut ostettavan hiilen sopivuudesta ko. tarkoitukseen. Kysy referenssejä toimitettavan biohiilen aikaisemmista käytöistä ko. tarkoituksessa ja käyttäjistä, joihin voi ottaa yhteyttä ennen hankintapäätöksen tekoa.

Tämä ohjeisto on Suomen Biohiiliyhdistyksen (SBY) laatima ja löytyy SBY:n kotisivulta **www.suomenbiohiili.fi**. Yhdistyksen kotisivulla on tutkimustuloksia, käyttöpilottien tietoa sekä erilaisista tapahtumista koottua materiaalia.

Lisätietoja:

SBY:n hallitus
Kari Tiilikkala
puh. 0400 485 483

SUOMEN BIOHIILIYHDISTYS
FINNISH BIOCHAR ASSOCIATION



Biohiiliopas viher- ja ympäristösuunnitteluun, -rakentamiseen ja kunnossapitoon

Viher- ja ympäristösuunnitteluun, -rakentamiseen ja kunnossapitoon suunnattu biohiiliopas kokoaa yhteen ajankohtaista ja käytännönläheistä tietoa biohiilestä, sen tuotannosta, hyödyistä, ominaisuuksista ja toiminnasta osana maaperää viheralan näkökulmasta.

Oppaassa esitellään myös laaja kattaus biohiilen käyttö- ja pilotointikohteita viherrakentamisen erilaisista kasvualustoista, kunnossapidosta, hulevesiratkaisuista ja viherkatoilta. Esiteltäviä käyttökohteita ja -kokemuksia on kaikkiaan noin kaksikymmentä.

Viher-
ympäristöliitto