

Digipolis Biohiilen teknologiaselvitys

Sweco Finland

Sisällysluettelo

1. Johdanto
2. Teknologiaselvitys
 - 2.1 Syötteet
 - 2.2 Pyrolyysiprosessi
 - 2.3 Aine- ja energiataseet
 - 2.4 Teknologia-analyysi
 - 2.5 Investointikustannukset- ja käyttökustannukset
3. Markkinaselvitys
 - 3.1 Laitteistotoimittajat
 - 3.2 Käyttökohteet paikallisesti
 - 3.3 Hiilensidonta
4. Oikeudelliset ja normatiiviset vaatimukset
5. Yhteenveto

1. Johdanto

Johdanto

Tämä biohiilen teknologiaselvitys -raportti on laadittu Kemin Digipolis Oy:lle. Selvitys on osa biohiili ja synteettiset polttoaineet – uuden teollisen toiminnan mahdollistajat Lapissa -hanketta. Selvitys koostuu kolmesta osiosta: Teknologiaselvitys, markkinaselvitys ja oikeudelliset ja normatiiviset vaatimukset.

Teknologiaselvitysosiossa tavoitteena oli tunnistaa mahdolliset syötteet biohiilen tuotantoon Lapissa, kuvata eri biohiilen tuotantoteknologioita ja niiden vaikutusta syötteisiin, lopputuotteisiin ja tuotannossa muodostuviin sivuvirtoihin. Eri biohiilen tuotantoteknologioista tehtiin esimerkkitaset. Tämän lisäksi teknologiaselvitysosiossa tehtiin investointi- ja käyttökustannusarvio 6 500 t/a biohiiltä tuottavalle pyrolyysilaitokselle.

Markkinaselvitysosiossa selvitettiin biohiilen tuotannon teknologiatoimittajia, sekä kotimaisia että globaaleja, ja arvioitiin teknologioiden skaalautuvuutta teolliseen mittaluokkaan. Tämän lisäksi arvioitiin potentiaalisia biohiilen käyttökohteita Lapin alueella. Markkinaselvityksessä selvitettiin myös kansainvälisen päästökompensaatiomarkkinan toimintaperiaatteet biohiilelle.

Viimeisessä osiossa kuvattiin oikeudellisia ja normatiivisia vaatimuksia biohiilelle.



2. Teknologiaselvitys

2.1 Syötteet



Lapin biomassavarat biohiilen valmistuksessa

- Lapissa potentiaalisimmat syötteen biohiilen valmistukseen teollisessa mittakaavassa löytyvät metsäteollisuuden sivutuotteista ja alueen runsaista biomassavaroista. Näitä ovat esimerkiksi:



Metsäteollisuuden sivuvirrat: Sahojen ja sellutehtaiden sivutuotteet ovat mahdollisia raaka-aineita. Näitä ovat esim. sahanpuru, kuori, lietteet, mustalipeä ja nollakuitu.



Hakkuutähteet: Metsänhoidon yhteydessä syntyvät hakkuutähteet ja esim. latvukset, pienpuut, kannot ja oksat ovat arvokas raaka-aine biohiilen tuotannossa.



Energiapuut: Energiantuotantoon kasvatetut nopeakasvuiset puu- ja kasvilajit (esim. paju ja ruokohelpi) ovat myös potentiaalinen raaka-aine biohiilelle.



Kierrätyspuut: Rakennus- ja purkutuotteista syntyvät kierrätyspuut soveltuvat biohiilen valmistukseen, kunhan puumateriaali on käsitelty ja puhdistettu asianmukaisesti.



Maatalouden sivuvirrat: Maatalouden sivutuotteet, kuten olki, muut kasvinosat ja muu kasviperäinen jäämäbiomassa ja biokaasumädätteet, ovat potentiaalisia raaka-aineita.



Jätevedenpuhdistamoiden lietteet: Jätevedenpuhdistamoiden lietteet voivat olla arvokasta biomassaa, kunhan ne on käsitelty asianmukaisesti.



Turve: Pitkälle maatunut tai vähän maatunut turve on vaihtoehto syötteenä. Turve on orgaanista, ei uusiutuvaa, ainesta, jota voidaan hyödyntää esim. aktiivihiilen syötteenä.

- Käytetyn raaka-aineen valintaan vaikuttavat muun muassa biohiilen käyttökohteet: käytetty raaka-aine vaikuttaa biohiilen valmistusprosessiin sekä lopputuotteen ominaisuuksiin.

2.2 Pyrolyysiprosessi



Pyrolyysi yleisesti

- Pyrolyysi on orgaanisen aineen hajottamista kuumentamalla ainetta hapettomissa tai lähes hapettomissa olosuhteissa. Koska prosessissa ei ole happea läsnä, palamista ei tapahdu vaan syötteestä alkaa lämpötilan vaikutuksesta hajoamaan ja haihtumaan syötteen komponentteja kaasuksi.
- Osa muodostuvista kaasuista on mahdollista lauhduttaa pyrolyysiöljyksi. Jäljelle jäävä kiintoaines on torrefioitua biomassaa, biohiiltä tai HTC-hiiltä riippuen teknologiasta ja pyrolyysilämpötilasta. Biohiili voidaan jatkojalostaa myös aktiivihieksi.
- Pyrolyysituotteiden keskinäisiin saantosuhteisiin ja laatuun vaikuttavat syötteen laatu, käytetty teknologia ja pyrolyysilämpötila.
- Pyrolyysiprosessit voidaan jakaa kahteen luokkaan, nopeaan ja hitaaseen pyrolyysiin
 - Biohiilen valmistuksessa käytetään pääasiassa hidasta pyrolyysia, jossa hiilen saanto maksimoidaan ja saanto on tyypillisesti n. 25 – 40 % kuiva-aineesta.
 - Nopeaa pyrolyysia käytetään, kun tavoitteena on maksimoida esimerkiksi bioöljyn tuotanto.
- Viereisessä taulukossa on esitetty tyypilliset prosessiolosuhteet ja tuotteet hitaalle ja nopealle pyrolyysille sekä kaasutukselle.



	Hidaspyrolyysi	Nopeapyrolyysi	Kaasutus
Lämmitysnopeus	1 - 20 °C/min	> 300 °C/s	2 - 100 °C/min
Lämpötila	400 - 700 °C	700 °C	> 800 °C
Viipymäaika	Tunteja	Sekunteja	5 - 30 min
Partikkelikoko	1 - 200 mm	< 1 mm	5 - 20 mm
Päätuotteet	Bioöljy, kaasu ja biohiili n. 33% jokaista	Bioöljy n. 75 % Biohiili n. 10 - 20 %	Kaasu n. 80% Biohiili n. 20%

Tyypilliset prosessiolosuhteet ja tuotteet hitaalle ja nopealle pyrolyysille sekä kaasutukselle.

Pyrolyysi (biohiilen valmistus)

- Pyrolyysi tapahtuu pyrolyysireaktorissa, jossa biomassa alkaa lämpenemään ja siitä alkaa sekä hajoamaan että haihtumaan lämpötilan vaikutuksesta eri yhdisteitä:
 - Pyrolyysi reaktorissa syötetystä biomassasta haihtuu ensin vesi kuivumisvaiheessa.
 - Seuraavassa vaiheessa haihtuu biomassan helposti haihtuvat komponentit, jotka ovat pääosin uuteaineita ja lyhytketjuisia hiilivetyjä.
 - Seuraavaksi alkaa hajoamaan pidempiketjuisia orgaanisia yhdisteitä kuten selluloosa ja hemiselluloosa. Hajoamistuotteina syntyy esim. orgaanisia happoja, aldehydejä, alkoholeja, vettä ja hiilidioksidia. .
 - Biomassan lämpötilan edelleen noustessa biomassasta alkaa hajoamaan monimutkaisempia yhdisteitä ja polymeerejä, kuten ligniiniä. Ligniinin hajoamistuotteina syntyy esim. fenolisia oligomeerejä ja monomeerejä ja tervakomponentteja.
- Yllä olevat haihtuvat aineet tulevat ulos reaktorista kaasuna. Tästä kaasusta on mahdollista lauhduttaa lauhtuvat kaasut pyrolyysiöljyksi. Jäljelle jäävä kiintoaine on biohiiltä.
- Biohiilen valmistuksessa biomassa kuumennetaan tyypillisesti 400–700 °C lämpötilaan.
- Mitä korkeampaan lämpötilaan biomassa pyrolyysissä kuumennetaan sitä enemmän siitä hajoaa ja haihtuu yhdisteitä kaasuksi. Näin ollen pyrolyysikaasun saanto kasvaa ja biohiilen saanto pienenee.
- Tyypillisesti pyrolyysikaasu poltetaan ja vapautuva lämpöenergia voidaan hyödyntää prosessissa syötteen kuivauksessa ja pyrolyysireaktorin lämmön lähteenä. Pyrolyysissä muodostuvan kaasun energiasisältö on suurempi kuin prosessissa tarvittava lämpöenergia ja ylijäämälämmön voi käyttää esimerkiksi kaukolämmön tuotannossa tai syötteen kuivauksessa.



Torrefiointi



Kuva: [Tekniikka & Talous](#)

- Torrefioinnissa biomassaa kuumennetaan vähähappisissa olosuhteissa noin 200-300 °C lämpötilaan, jonka aikana pääosa vedestä ja helposti haihtuvista uuteaineista poistuu.
 - Osa biomassan hemiselluloosasta ja selluloosasta hajoaa kaasumaisiksi komponenteiksi.
- Torrefioinnin tuotteena syntyy torrefioitua biomassaa, pellettiä tai brikettiä, joka sisältää suurimman osan syötetyn biomassan energiasisällöstä, mutta vain noin kolmanneksen massasta.
- Prosessi voi olla energiaomavarainen, jos torrefiointikaasun energiasisältö riittää syötteen kuivaukseen ja torrefiointiuunin lämmitykseen. Tarvittaessa esim. osa syötteestä voidaan polttaa suoraan tarvittavan lämpöenergian tuottamiseksi.
 - Torrefiointiprosessissa ei yleensä synny lämpöenergiaa prosessin ulkopuoliseen käyttöön.
- Torrefioitua biomassaa tärkein käyttö on energian tuotannossa, johtuen sen
 - korkeasta energiatiheydestä ja
 - hydrofobisuudesta eli sitä on helppo varastoida
- Viereisessä kuvassa Savon Voiman liksenvaaran voimalaitos Joensuussa. Joensuun Biocoal Oy rakentaa voimalaitoksen alueelle torrefioitua biomassaa valmistavan laitoksen.

Märkähiilto

- Märkähiiltoprosessi (Hydrothermal carbonization, HTC) mahdollistaa hyvin kosteiden syötteiden käsittelyn hiiltoprosessissa.
 - Syöte tyypillisesti noin 15 % kuiva-ainepitoisuudessa.
 - Tarvittaessa syötettä voidaan laimentaa sopivaan pitoisuuteen.
 - Reaktiolämpötila tyypillisesti 180 – 250 °C.
 - Viipymäaika yleensä muutama tunti.
 - Tuotteena muodostuu HTC –hiiltä, joka voidaan erottaa suodattamalla noin 60 % kuiva-ainepitoisuudessa ja tarvittaessa edelleen kuivata muutaman prosenttiyksikön kosteuspitoisuuteen.
- HTC –hiiltä voidaan käyttää samantapaisissa sovelluksissa kuin biohiiltä, kyseessä ei kuitenkaan ole sama tuote.
 - Puhdistamolietteestä tai mädätteestä valmistettu HTC –hiili sisältää merkittävästi ravinnekomponentteja, kuten fosforia ja typpeä, mikä voi mahdollistaa esim. lannoitekäytön.
 - Hiilisaanto luokkaa 40 – 70 % syötteen kuiva-aineesta → vesijae suodatuksesta sisältää paljon orgaanisia komponentteja, mikä lisää käsittelytarvetta.



Aktiivihiihi



- Aktiivihiihi on lähes kokonaan hiiltä ja tuhkakomponentteja (yleensä alle 10 %).
 - Tuhkan määrä riippuu syöttestä. Yleensä pyritään mahdollisimman pienen tuhkapitoisuuden syötteisiin.
- Aktiivihiihiin tärkein ominaisuus on huokoisuus, joka saavutetaan aktivointiprosessissa lähes 1000 °C lämpötilassa.
 - Aktivointikemikaalina hyödynnetään yleensä vesihöyryä tai hiilidioksidia. Aktivoinnissa kiintohiili reagoi aktivointiaineen kanssa aikaansaaden hiilen huokoisuuden.
 - Reaktiotuotteena syntyy hiilimonoksidia ja vetyä:
 - $C + CO_2 \rightarrow 2 CO$
 - $C + H_2O \rightarrow CO + H_2$
- Aktiivihiihiin valmistus toteutetaan usein kaksivaiheisena, jolloin ensimmäisessä vaiheessa tehdään hiilto samaan tapaan kuin biohiilen valmistuksessa. Toisessa vaiheessa hiillosta saatu raakahiili aktivoidaan aktivointiuunissa.
 - Monipohjauunissa hiilto ja aktivointi voidaan tehdä samalla laitteella.
- Aktiivihiihiin saanto on luokkaa 15 % syötteen kuiva-aineesta. Pääosa kuiva-aineesta päättyy pyrolyysikaasuihin, joiden poltosta on mahdollista ottaa talteen merkittävästi energiaa.

Pyrolyysiöljy

- Pyrolyysissä muodostuvista kaasuista on mahdollista lauhduttaa lauhtuvat kaasut pyrolyysiöljyksi.
- Pyrolyysiöljyn saanto riippuu mm. syötteen laadusta, viipymääjasta ja prosessilämpötilasta.
 - Tyypillisesti korkein pyrolyysiöljyn saanto saadaan noin 500 °C pyrolyysilämpötilassa.
 - Alemmassa lämpötilassa pienempi osa biomassasta haihtuu → korkeampi kiintoainesaanto.
 - Korkeammassa lämpötilassa biomassa hajoaa yhä enemmän lauhtumattomiksi kaasuiksi (hiilimonoksidi, vety, metaani, hiilidioksidi).
 - Hemiselluloosa hajoaa pääosin alemmassa lämpötilassa kuin selluloosa, ligniini puolestaan hajoaa laajalla lämpötila-alueella.

Pyrolyysiöljyn ominaisuuksia:

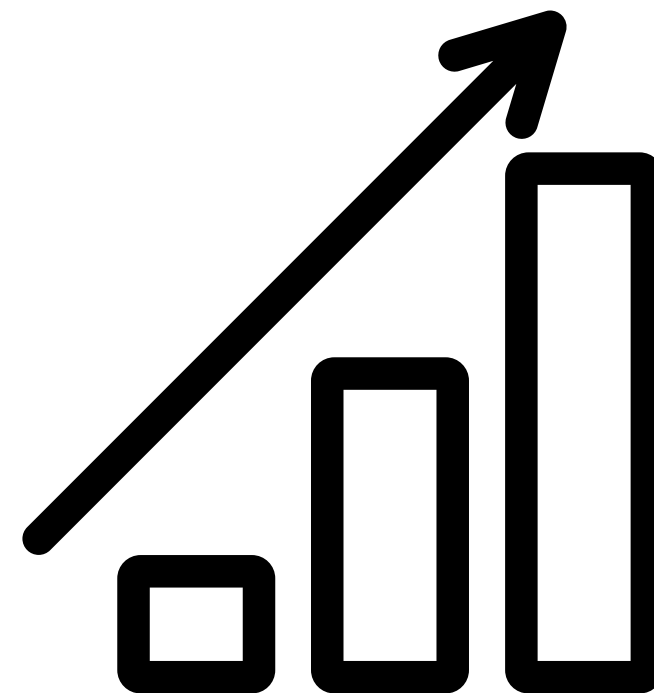
- Pyrolyysiöljy on hapan (→ korroosio) veden ja hiilivetyjen hyvin heterogeeninen seos. Vesipitoisuus on tyypillisesti noin 20 %.
 - Veden määrää tuotteessa pyritään minimoimaan kuivaamalla syöte mahdollisimman alhaiseen kosteuspitoisuuteen. Vettä syntyy kuitenkin myös biomassan hajoamistuotteena. Vesi saattaa myös erottua pyrolyysiöljystä omana faasina, johon on liennut vesiliukoisia komponentteja, kuten orgaanisia happoja ja alkoholeja.
- Pyrolyysiöljyssä on sokereita (esim. levoglukosaani), orgaanisia happoja (esim. muurahais- ja etikkahappo), alkoholeja (esim. metanoli), aldehydejä, ketoneita ja ligniinikomponentteja sekä erilaisia uuteaineita.
 - Tietyn orgaanisen komponentin pitoisuus pyrolyysiöljyssä on harvoin muutamaa prosenttiyksikköä korkeampi, mikä vaikeuttaa merkittävästi komponenttien teknistaloudellista erotusta erillisiksi tuotteiksi.
 - Pyrolyysilämpötila vaikuttaa öljyn koostumukseen, esim. lämpötilan noustessa sekundääristen reaktioiden määrä komponenttien välillä kasvaa ja esim. sokeripitoisuus jää pienemmäksi. Korkeassa lämpötilassa syntyy enemmän ligniinipohjaisia fenolisia monomeerejä.
- Pyrolyysiöljy on epästabiilia → reaktiot öljyn komponenttien välillä jatkuvat myös varastoitaessa.

2.3 Aine- ja energiataseet



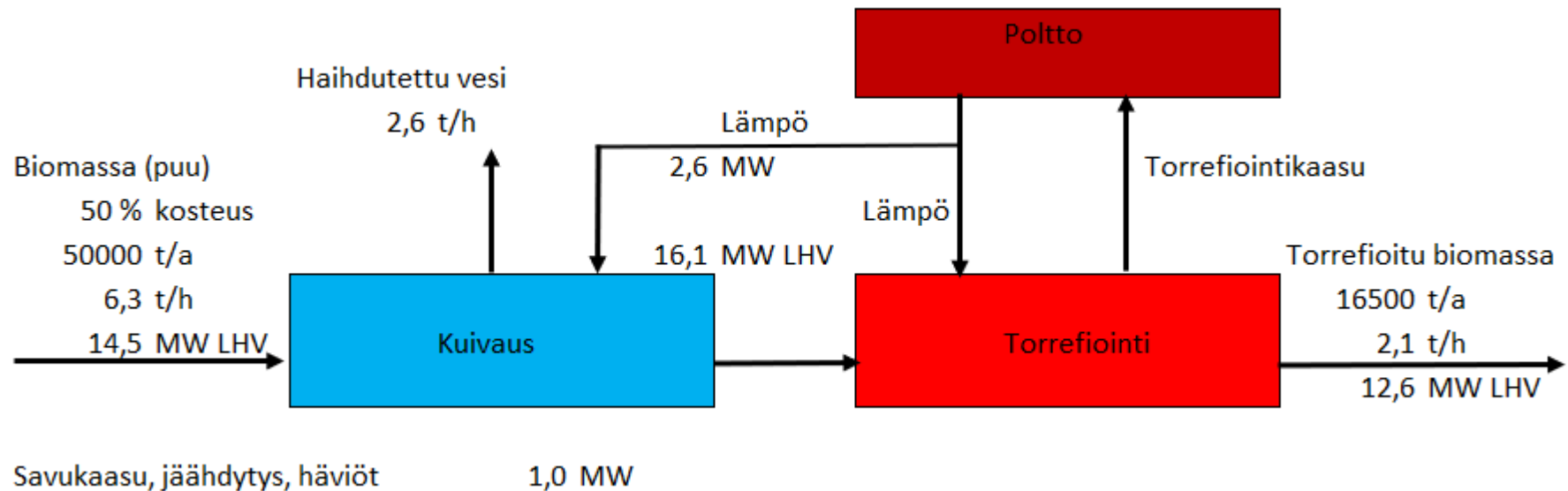
Pyrolyysiprosessin aine- ja energiataseet

- Indikatiiviset aine- ja energiataseet tehtiin puupohjaista raaka-ainetta käyttäville prosesseille, joissa päälopputuotteena on torrefioitu biomassa, pyrolyysiöljy ja biohiili. Puuraaka-aineen määräksi taseisiin otettiin 50 000 t/a (8000 h/a) ja kosteuspitoisuudeksi 50 %. Tällä raaka-ainemäärällä biohiiltä tuottaessa tuotettavan kaukolämmön suuruusluokka on 5 MW. Torrefiointiprosessin esimerkkitaseen pohjana käytettiin autotermistä prosessia, joka ei tarvitse ulkopuolista energiaa, mutta ei toisaalta myöskään tuota muualla hyödynnettävissä olevaa lämpöenergiaa.
- Märkähiiltoprosessin esimerkkitaseen syötteenä valittiin liete, jonka kuiva-ainepitoisuus on 15 %. Koska lietemäistä raaka-ainetta on harvoin tarjolla erityisen suuria määriä, esimerkkitaseen syöttö on pienempi kuin puupohjaisten prosessien taseissa.
- Tuotantoprosessin aine- ja energiatase on aina tapauskohtainen ja riippuu mm. raaka-aineen ominaisuuksista, prosessiolosuhteista, tuotettavilta tuotteilta haluttavista ominaisuuksista, ympäristöolosuhteista, lämpöhäviöistä ja lämmön hyödyntämisasteesta eri sivuvirroista.
- Mikäli prosessin päätuotteena on aktiivihiili, samasta raaka-ainemäärästä tuotetun aktiivihiilen saanto on pienempi kuin biohiilen saanto, mutta talteen otettavissa olevan lämpöenergian määrä on suurempi aktiivihiiltä tuottaessa kuin biohiiltä tuottaessa.



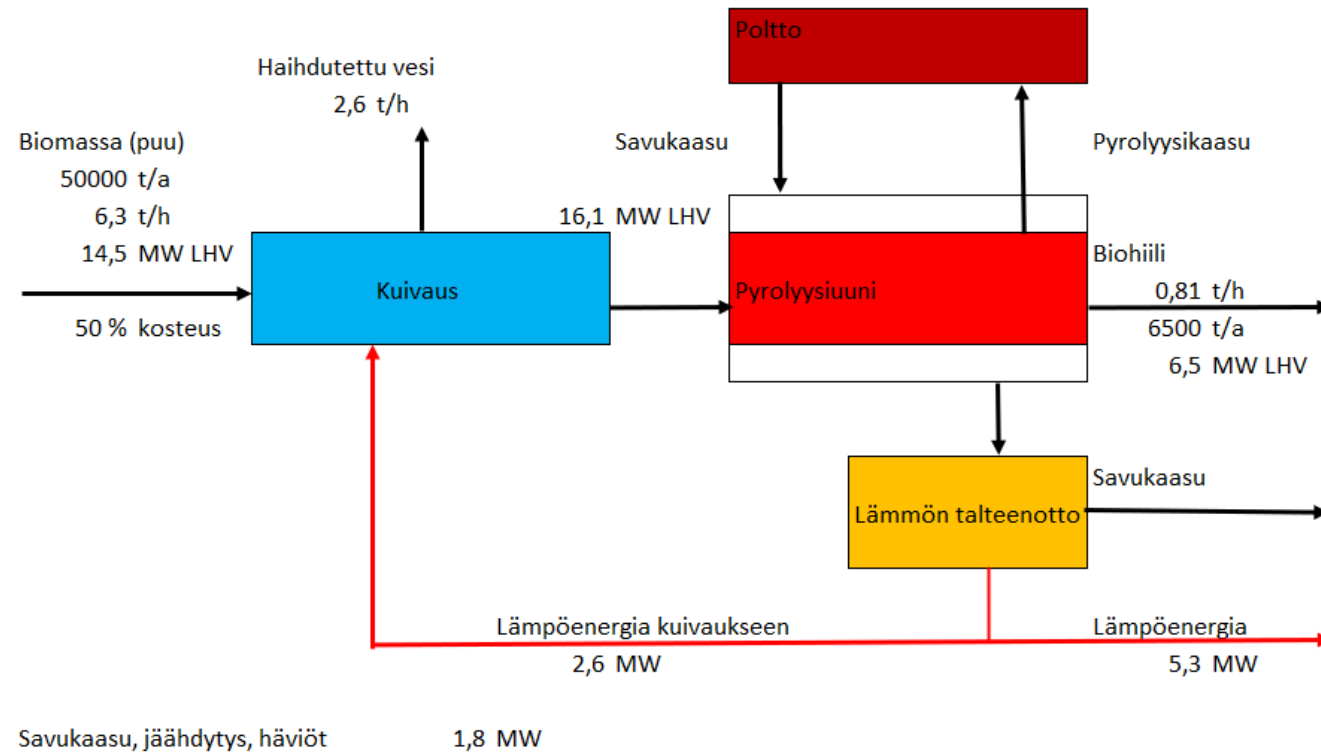
Tase-esimerkki / Torrefiointi

- Esimerkkitasen prosessi on autoterminen:
 - Kuivaus 15 % kosteuteen.
 - Jos halutaan korkeampi torrefioidun biomassan saanto, tarvitaan ulkopuolista energiaa.
 - Vakaan palamisprosessin saavuttaminen polttamalla pelkkää torrefiointikaasua voi olla haasteellista.
 - Torrefiointiasteen kasvattaminen parantaisi kaasun lämpöarvoa.
 - Korkeampi kuivausaste parantaisi kaasun lämpöarvoa.



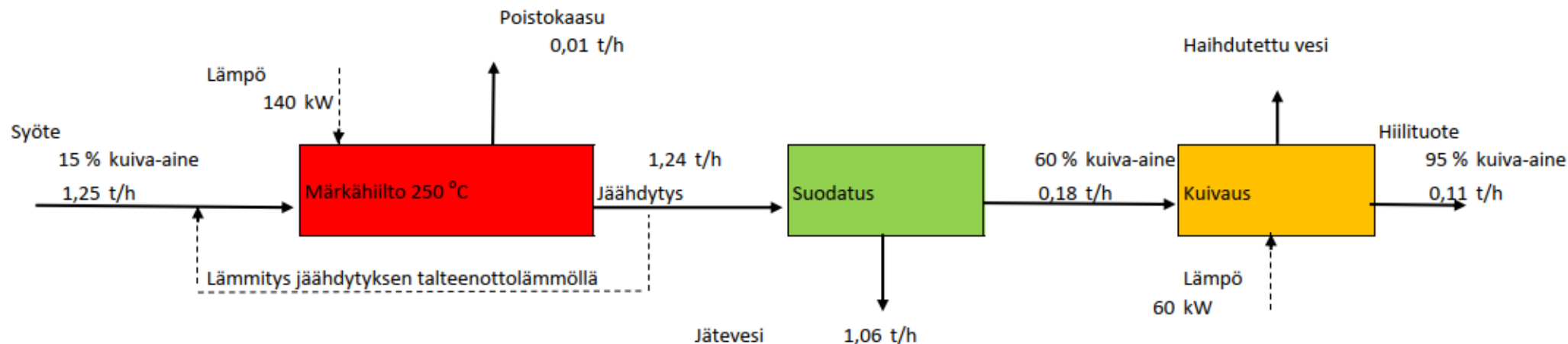
Tase-esimerkki / Biohiilen tuotanto

- Kuivaus 15 % kosteuteen.
- Kaikki pyrolyysikaasu poltetaan.
- Epäsuora pyrolyysiuunin lämmitys.
- Lämmön talteenotto savukaasusta.
- Kuivausenergia savukaasusta talteen otetulla lämmöllä (esim. kuuma vesi).
- Teknisesti lämpöenergiaa on mahdollista ottaa talteen lisää savukaasusta ja lauhduttamalla kuivauksen poistohöngästä.



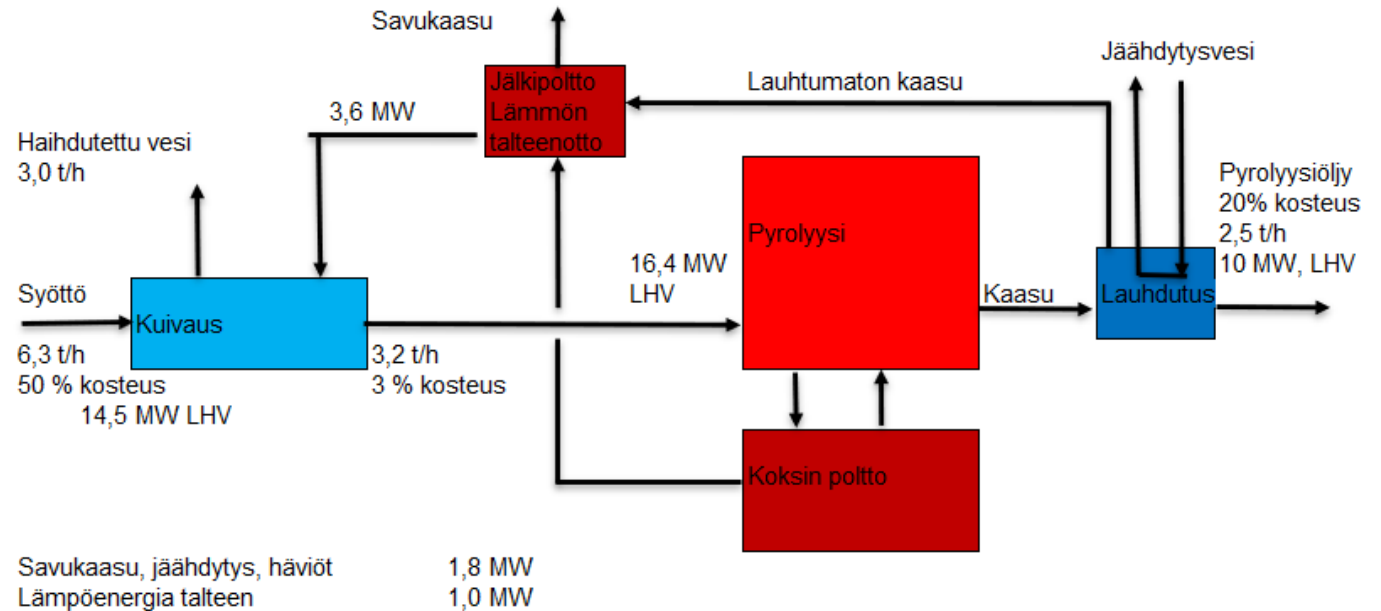
Tase-esimerkki / Märkähiilto

- Syöttö voidaan laimentaa, jos kuiva-ainepitoisuus on korkea.
- HTC-hiilen kuivaus ei ole välttämätöntä kaikissa käyttösovelluksissa.
- Poistokaasu lähinnä hiilidioksidia (kylläinen veden suhteen).
- Jäähdytyslämmön hyödyntämistä syötteen lämmityksessä on tarkasteltava tapauskohtaisesti.
- Jätevesi sisältää paljon COD-kuormaa:
 - Orgaaniset hapot, alkoholit, aldehydit yms.



Tase-esimerkki / Pyrolyysiöljy

- Kuivaus 3 % kosteuteen.
 - Näin pyrolyysiöljyyn päätyy mahdollisimman vähän vettä.
 - Pyrolyysiöljyn sisältämä vesi on peräisin lähinnä biomassan hajoamisesta.
- Prosessissa syntyy vain rajoitetusti lämpöenergiaa hyödynnettäväksi, jos ylijäämälämpö hyödynnetään kuivauksessa.
 - Energia talteen pyrolyysiöljyyn.



2.4 Teknologia-analyysi

Teknologioiden erot ja vaikutukset syötteiden valintaan

- Teknologiosta **pyrolyysi**, **hydroterminen karbonointi (HTC)** eli **märkähiilto** ja **torrefiointi** valittiin teknologioiden vertailuun. Teknologiota vertaillaissa tarkasteltiin vaikutuksia syötteisiin ja syötteiden valintaan, lopputuotteisiin ja niiden hyödynnettävyyteen/käyttökohteisiin. Lisäksi tarkasteltiin vaikutuksia sivuvirtoihin ja niiden hyödynnettävyyteen.
- **Pyrolyysissä** kiinteää materiaalia kuumennetaan ilman hapen läsnäoloa. Prosessilämpötilat vaihtelevat noin 300-700 °C välillä.
 - **Huomioita prosessista:** Lämpötila ja reaktoriaika ovat kriittisiä tekijöitä, jotka vaikuttavat lopputuotteen eli biohiilen ominaisuuksiin. Mitä korkeampaa lämpötilaa hyödynnetään, johtaa se yleensä suurempaan kaasun tuotantoon ja pienempään biohiilen saantoon. Myös raaka-aineen kuivuudella on merkitystä, sillä kosteus voi vaikuttaa prosessin tehokkuuteen ja energiankulutukseen.
 - **Syötteiden valinta:** Pyrolyysiin soveltuvat useat kuivat biomassat, esim. puu ja maatalouden sivuvirrat. Lapissa soveltuvat syötteet ovat erityisesti (havu)puut, mutta myös hakkuutähteet, energiapuut sekä metsäteollisuuden ja maatalouden kuivat sivuvirrat.
- **Hydrotermisessä karbonoinnissa (HTC)** eli **märkähiillossa** biomassaa käsitellään veden avulla noin 180-250 °C lämpötilassa ja 1 MPa:n paineessa.
 - **Huomioita prosessista:** Vesipitoiset biomassat ovat sopivia märkähiilto prosessiin, sillä prosessi hyödyntää vettä.
 - **Syötteiden valinta:** Märät biomassat, kuten erilaiset mädätteet, lietteet ja elintarvikkeiden jätteet soveltuvat prosessiin parhaiten. Lapissa muun muassa metsäteollisuuden ja jätevedenpuhdistamoiden lietteet ovat soveltuvia syötteitä.
- **Torrefioinnissa** biomassaa kuumennetaan 200-300 °C lämpötilassa hapettomassa ympäristössä. Torrefiointia voidaan pitää pyrolyysin ”lievempänä” muotona.
 - **Huomioita prosessista:** Torrefioinnissa saadaan parannettua biomassan energiasisältöä ja vähennettyä kosteutta, mikä tekee lopputuotteesta tiiviimpää ja energiapitoisempaa.
 - **Syötteiden valinta:** Torrefiointi soveltuu hyvin puupohjaiselle biomassalle, kuten hakkeelle, mutta myös maatalouden sivuvirrat ovat mahdollisia syötteitä. Lapissa soveltuvia syötteitä ovat muun muassa puut (esim. havu-, energia- ja kierrätyspuut), hakkuutähteet ja maatalouden sivuvirrat.

Teknologioiden vaikutukset biohiileen ja sen käyttökohteisiin

- Pyrolyysillä tuotetun biohiilen ja märkähiiltoprosessilla tuotetun HTC –hiilen välillä on eroja, jotka johtuvat muun muassa prosessin erilaisista reaktio-olosuhteista, kuten lämpötilasta ja paineesta. HTC –hiiltä voidaan käyttää samantapaisissa sovelluksissa kuin biohiiltä, kyseessä ei kuitenkaan ole sama tuote. Tästä syystä käyttökohteissa on eroja, vaikka niillä on monia samoja sovelluskohteita.
 - **Energiasisältö:**
 - Pyrolyysillä valmistetun biohiilen energiasisältö on yleensä korkeampi kuin märkähiiltoprosessilla tuotetulla HTC –hiilen. Korkeampi energiasisältö lisää potentiaalia energiantuotannossa.
 - **Materiaaliominaisuudet ja kemiallinen koostumus:**
 - Pyrolyysillä tuotettu biohiili on yleensä huokoisempaa, mikä lisää sen pinta-alaa, sekä hiilipitoisempaa. Näistä syistä se on erinomainen adsorbentti epäpuhtauksien poistossa esim. vedestä.
 - Märkähiiltoprosessilla tuotettu hiili on tiiviimpää ja sillä voi olla korkeampi vedenpidätyskyky, mikä tekee siitä hyvän maanparannusaineen.
 - **Sivuvirrat:**
 - Pyrolyysissä syntyy biohiilen lisäksi pyrolyysiöljyä (bioöljy) ja synteettistä kaasua, joita voidaan hyödyntää esim. energiantuotannossa tai kemikaalien lähtöaineena. märkähiiltoprosessissa näitä sivutuotteita ei synny. Sivuvirtojen potentiaalisia käyttökohteita on esitelty tarkemmin edempänä.
- **Potentiaaliset käyttökohteet märkähiiltoprosessilla** ovat muun muassa energian tuotannossa, kasvualustoissa tai maataloudessa parantamaan maaperän rakennetta ja vedenpidätysominaisuuksien lisäämiseen.
- **Pyrolyysillä tuotetun hiilen potentiaalisia käyttökohteita** puolestaan ovat muun muassa suodattimet ja energiantuotanto. Lisäksi sitä voidaan hyödyntää kasvualustoissa tai maataloudessa pyrolyysillä tuotetun biohiilen hyvän ravinnesidontakyvyn vuoksi.
 - Lisää potentiaalisia käyttökohteita on esitelty edempänä raportissa.
- **Torrefioinnilla** tuotettua torrefioitua biomassaa tuotetaan pääsääntöisesti raaka-aineeksi energiatuotantoon.

Muodostuvat sivuvirrat ja niiden käyttökohteet

- **Pyrolyysissä** syntyy sivuvirtoina lämpöä, pyrolyysiöljyä (bioöljy) ja synteettistä kaasua (syngas).



Pyrolyysiöljy voidaan hyödyntää esim. energiantuotannossa tai raaka-aineena polttoaineiden tai muiden kemiallisten yhdisteiden tuotannossa.



Synteettinen kaasu voidaan hyödyntää myöskin energiantuotannossa sellaisenaan tai jalostamalla se edelleen kemikaaleiksi tai polttoaineiksi.



Lämpö voidaan ottaa talteen ja hyödyntää lämmityksessä, muissa teollisuuden prosesseissa tai prosessin energiatehokkuuden parantamisessa.

- **Märkähiiltoprosessissa** syntyy lämmön lisäksi prosessivettä, joka sisältää muun muassa orgaanisia aineita ja ravinteita.



Prosessivedet voidaan puhdistaa ja käyttää muun muassa teollisuuden prosesseihin. Talteen otetut ravinteet puolestaan voidaan hyödyntää lannoitteissa.



Lämpö voidaan hyödyntää muissa prosessin osissa. Varsinaista ylijäämälämpöä ei synny merkittävästi.

- **Torrefioinnissa** muodostuu haihtuvia orgaanisia yhdisteitä ja lämpöä.



Haihtuvat orgaaniset yhdisteet voidaan polttaa energian tuottamiseksi tai hyödyntää kemiallisena raaka-aineena.



Lämpö voidaan hyödyntää prosessin muissa osissa, kuten kuivauksessa. Varsinaista ylijäämälämpöä ei synny merkittävästi.

- Lapin kylmän ilmaston vuoksi ja tästä johtuvan pitkän lämmityskauden ansiosta biohiilen valmistuksessa (pyrolyysi) syntyvää ylijäämälämpöä pystytään hyödyntämään tehokkaasti kaukolämpönä, jos laitos on kaukolämpöverkon läheisyydessä.

Teknologioiden vertailu

	Torrefiointi	Märkähiilto	Pyrolyysi
Syötteet	Kiinteät biomassat	Erilaiset lietteet ja muut korkeat kosteuspitoisuuden syötteet. Yhdyskuntajätevesilietteestä valmistettu biohiili täytyy nostaa 500°C lämpötilaan viideksi minuutiksi lannoiteasetuksen perusteella, jos sitä halutaan käyttää maanparannukseen, joten jätevesilietteestä märkähiillolla valmistettu biohiili ei sovellu maanparannukseen.	Kiinteät biomassat
Käyttökohteet	Energian tuotanto polttamalla. Soveltuu esimerkiksi korvamaan kivihiiltä sovelluksissa, jossa sitä on vaikea korvata muilla polttoaineilla, kuten sementtiteollisuudessa.	Valmistetaan pääosin energiakäyttöön, HTC-hiilellä on myös maanparannukseen sopivia ominaisuuksia ja jatkojalostaminen aktiivihieksi voi olla myös mahdollista.	Maanparannus, suodattaminen, viher- ja peittorakentaminen, terästuotannon pelkistin, mahdollista jatkojalostaa aktiivihieksi
Sivuvirrat	Ei merkittäviä sivuvirtoja Prosessissa muodostuvan kaasun energia kuluu tyypillisesti syötteen kuivaukseen	Jätevesi	Pyrolyysikaasu ja bioöljy, jos bioöljy lauhdutetaan kaasusta. Tyypillisesti kaasun ja bioöljyn energiasisältö on huomattavasti korkeampi kuin syötteen kuivaukseen vaaditaan. Ylijäämäenergia voidaan hyödyntää esimerkiksi kaukolämmön tuotannossa.
Hiilensidonta	Käyttökohde tyypillisesti energiantuotannossa, jossa hiili vapautuu takaisin kiertoon	Ei säily maaperässä, joten ei sovellu hiilensidontaan ¹	Soveltuu hiilensidontaan
Huomioita	Torrefioinnilla biomassan ominaisuuksia parannetaan polttamisen näkökulmasta, jolloin saadaan energiatiheämpää ja hydrofobista polttoainetta --> varastoitavuus paranee ja polttoaineen kuljetuskustannukset pienenevät. Torrefiointiprosessissa kuitenkin osa syötteen energiasisällöstä kuluu torrefioituneen hiilen valmistukseen.	Märkähiiltoprosessissa syntyy jätevesivirta, jossa suuri määrä orgaanisia komponentteja --> vaatii jäteveden puhdistuksen. Vaatii tyypillisesti hieman ulkopuolista lämpöä sekä märkähiiltoreaktoriin, että tuotteen kuivaukseen, jos halutaan tuotteeksi kuivaa HTC-hiiltä.	Biohiilellä on monia potentiaalisia käyttökohteita, joihin vaikuttavat mm. syötteen laatu ja kuinka korkeaan lämpötilaan syöte pyrolyysissä kuumennetaan. Haihtumattomat epäorgaaniset yhdisteet, kuten raskasmetallit, rikastuvat biohiileen, joten esimerkiksi maanparannukseen ja terästuotannossa koksien korvikkeeksi tehtävän biohiilen syötteen ei tulisi sisältää liikaa näitä epäpuhtauksia. Pyrolyysiprosessiin syötettävän syötteen tulisi olla tasalaatuista, jotta saadaan tuotettua laadukasta biohiiltä.

¹ <https://www.bioenergia.fi/tietopankki/hiilensidonta/>

2.5 Investointi- ja käyttökustannukset

Biohiililaitoksen investointikustannukset

- Investointikustannusarvio tehtiin biohiililaitokselle, joka käyttää vuodessa 50 000 t metsähaketta (50% kosteus) raaka-aineena. Biohiilen tuotanto on noin 6 500 t/a ja kaukolämmön tuotanto noin 42 GWh.
- Laitoksen investointikustannuksiksi arvioitiin noin 29 M€. Investointikustannusarvio on suuruusluokka-arvio, jonka oletettu tarkkuustaso on -30% - +50%.
- Arvio ei sisällä investoijan oman henkilökunnan kuluja, REACH –kuluja, vakuutuksia, kehitys- ja markkinaselvityskuluja, tontin ulkopuolista infraa (tiet, varastoalueet, putkistot, viemärit, sähkölinjat ym.), tontin hintaa, mahdollista paalutusta, käyttöpääomaa eikä käyntiinajoon liittyviä kustannuksia.
- Investointikustannusarvio on greenfield projektille. Monessa tapauksessa laitos voi tulla olemassa olevan teollisuuslaitoksen yhteyteen, jolloin tapauksesta riippuen investointikustannuksissa voidaan säästää esimerkiksi aluetöissä ja prosessilaitteissa, jos osa tarvittavista laitteista on jo laitosalueella olemassa.

PERUSSUUNNITTELU, POHJATUTKIMUKSET, KAAVOITUS, YMPÄRISTÖLUPA	700 000 €
PROJEKTIHALLINTA, HANKINNAT, RISKIANALYYSIT, KOULUTUS	700 000 €
DETALJISUUNNITTELU	1 800 000 €
TYÖMAAPALVELUT , TYÖMAAN JOHTO JA KOORDINOINTI, ASENNUSVALVONTA	850 000 €
PROSESSILAITTEET, VARAOSAT	11 150 000 €
Raaka-aineen vastaanotto ja käsittely	2 200 000
Raaka-aineen kuivaus	1 200 000
Pyrolyysilaitteisto, uuni, poltto, kaasun käsittely	6 000 000
Tuotteen käsittely, varastointi ja lastaus	500 000
Apuhdykelaiteitot, jäähdytysvesi, paineilma, tyyppi, nestekaasu	650 000
Varaosat, 2 vuotta	600 000
LAITEASENNUKSET, PUTKISTOMATERIAALI- JA ASENNUKSET	1 600 000 €
SÄHKÖISTYS, INSTRUMENTOINTI, AUTOMAATIO	1 250 000 €
LVI, PALONTORJUNTA	900 000 €
RAKENNUS- JA ALUETYÖT	5 000 000 €
TILAPÄISET TYÖMAAJÄRJESTELYT, TOIMISTOT, APUHYÖDYKKEET, NOSTURIT, TELINEET, VARTIOINTI YM.	600 000 €
EI PROSESSILAITTEET, NOSTIMET, TRUKIT, LABORATORIOLAITTEET, KUNNOSSAPITO	600 000 €
YHTEENSÄ	25 150 000 €
VARAUS, ODOTTAMATTOMAT KUSTANNUKSET 15 % kustannuksista	3 800 000 €
INVESTOINTIKUSTANNUSARVIO LAITOKSEN MEKAANISEEN VALMIUTEEN ASTI	28 950 000 €

Investointikustannusarvio, biohiililaitos 6 500 t/a

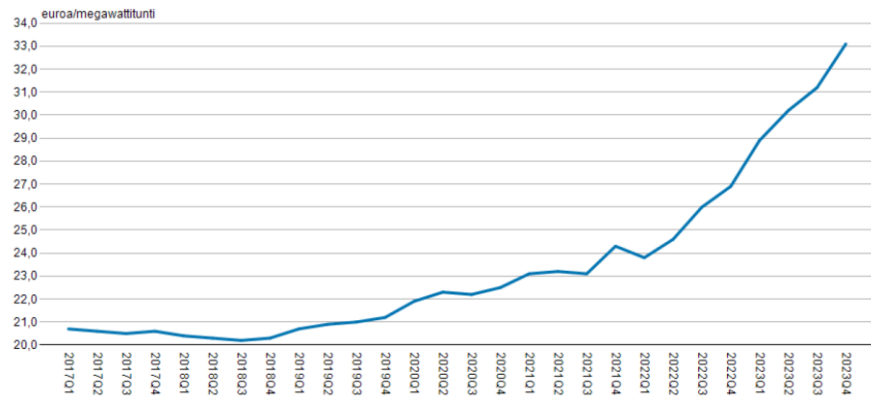
Biohiililaitoksen käyttökustannukset

- Käyttökustannusarvio tehtiin biohiililaitokselle, joka käyttää vuodessa 50 000 t metsähaketta (50% kosteus) raaka-aineena. Biohiilen tuotanto on noin 6 500 t/a ja kaukolämmön tuotanto noin 42 GWh.
- Biohiilituotannon merkittävin käyttökustannus on raaka-aine. Ukrainan sodan seurauksena energiapuun hinta on kohonnut. Käyttökustannuslaskelmassa metsähakkeen hintana käytettiin 33 €/MWh. 50% kosteutta sisältävän metsähakkeen teholliseksi energiasisällöksi arvioitiin 8,4 MJ/t.
- Merkittäviä käyttökustannuksia ovat myös henkilöstökulut (arvioitu henkilötarve 8 henkilöä, 80 000 €/henkilö/a) ja kunnossapito. Sähkön kulutukseksi arvioitiin 3 000 MWh/a ja hinnaksi 50 €/MWh. Käyttökustannuslaskelmassa muut kulut käsittävät esim. veden, typen (inerttikaasu), nestekaasun (käynnistyspolttoaine), kemikaalit, siivouksen, jätehuollon, analytiikan, pakkausmateriaalit ja vakuutukset.

Käyttökustannusarvio, biohiilituotanto 6 500 t/a

Metsähake	3 830 000 €/a
Sähkö	150 000 €/a
Kunnossapito	700 000 €/a
Henkilöstö	640 000 €/a
Muut kulut	300 000 €/a

Käyttökustannukset yhteensä 5 320 000 €/a



Metsähakkeen käyttäjähinnan kehitys 2017-2023.

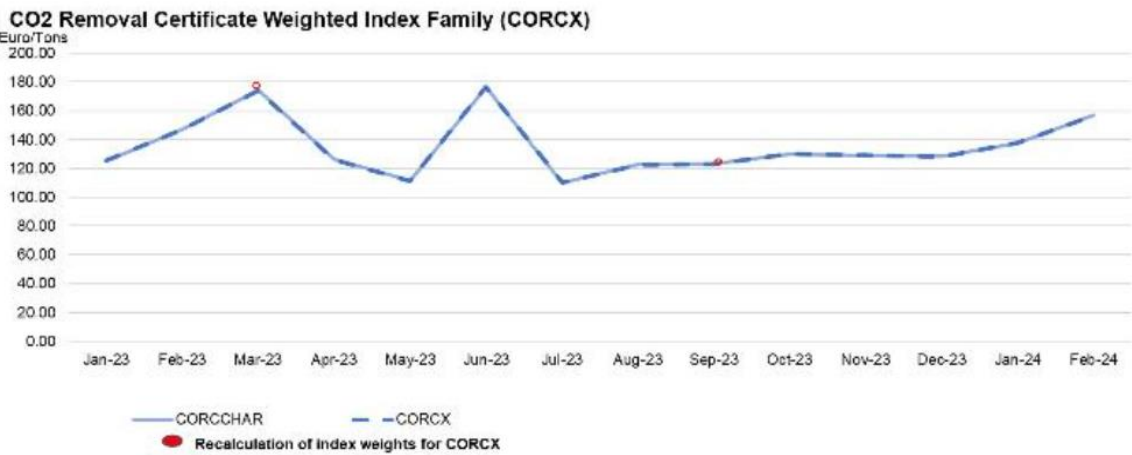
Lähde: Tilastokeskus

Biohiilen tuotantokustannus ja esimerkki tulopuolesta

- Edellisen dian oletusten mukainen biohiilen käyttökustannus tuotettua biohiilitonnia kohden on n. 800 €/t biohiiltä
- Investointikustannuksen osuus tuotantokustannuksesta on n. 450 €/t biohiiltä, kun käytetään 15 vuoden investoinnin kuoletusaikaa ja 5 %:n korkokantaa
 - Tämä voi tapauksesta riippuen olla pienempi, jos laitos toteutetaan greenfield projektin sijaan olemassa olevan laitoksen yhteyteen.
- Kokonaistuotantokustannukseksi tulee näin ollen n. 1250 €/t biohiiltä.
- Päätulonlähteet biohiilen tuotannossa pyrolyysillä ovat biohiilen myynti, ylijäämälämmön myynti esimerkiksi kaukolämmöksi ja CO₂ kompensatiomarkkinoilta potentiaalisesti saatavat tulot.
- Oletuksella, että kaikki tuotettu kaukolämpö saadaan myytyä laitoksen käydessä (8000h/a), lämmön myynnistä on saatavissa n. 1,2 – 2 M€/a, kun oletetaan kaukolämmön myyntihinnaksi 30 – 50 €/MWh. Tämä vastaa biohiilen

Biohiilen tuotantokustannus		
CAPEX	450	€/t
OPEX	800	€/t
Yhteensä	1250	€/t
Tulovirrat		
Kaukolämöpö	1,2 - 2	M€/a
	190 - 320	€/t biohiiltä
CO ₂ sidonta	2,9	M€/a
	450	€/t biohiiltä
Tarvittava hinta biohiilelle tuotantokustannusten kattamiseksi	480 - 610	€/t

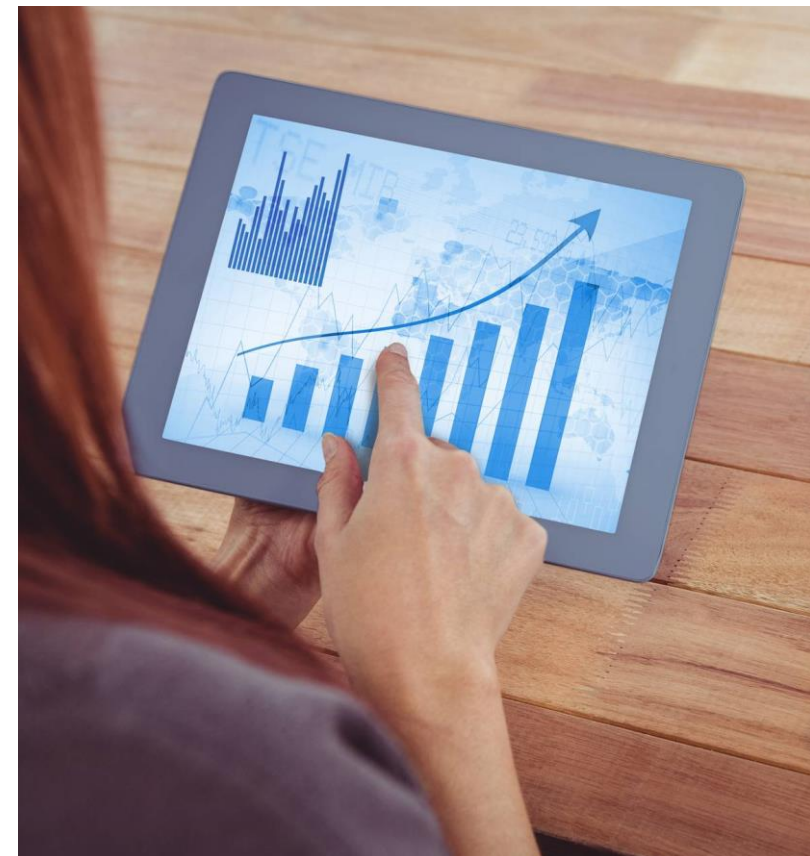
- Esimerkiksi puro.earth:ssa (vapaaehtoisien hiilimarkkinan eräs kauppapaikka) yhden sidotun hiilidioksiditonnin hinta on ollut keskimäärin n. 160 €/t (helmikuu 2024). Laskennassa on oletettu, että yksi tonni tuotettua biohiiltä sitoo 2,8 tonnia hiilidioksidia. Näillä oletuksilla kompensatiomarkkinoilta saatava tulo olisi n. 3,5 M€/a, joka vastaa biohiilen tuotantokustannukseen muutettuna n. 500 €/t biohiiltä.
 - Vapaaehtoiset hiilimarkkinat, joka on yksi potentiaalinen tulonlähde biohiilentuottajalle, on kuvattu edempänä tätä raporttia luvussa 3.3 Hiilensidonta.
- Edellä olevien oletusten mukaisesti myydystä biohiilestä pitäisi saada hintaa n. 430 - 560 €/t biohiiltä, jotta katetaan biohiilen tuotantokustannus.
- Laskennassa oletetaan, että kaikki tuotettu kaukolämpö saataisiin myytyä. Todellisuudessa voi kuitenkin olla, että kesäkuukausina kaukolämpöverkossa ei ole riittävästi kulutusta kaukolämmön myymiseksi. Lappi on tästä näkökulmasta kuitenkin hyvä paikka biohiilentuotannolle pitkän lämmityskauden johdosta.



Lähde: puro.earth CORC Carbon Removal Indexes (viitattu 15.4.2024)

Biohiilen hinta

- Biohiilen markkinat Euroopassa ovat vielä melko pienet.
 - European Biochar Industryn (EBI) tekemän markkinaraportin mukaan Euroopan asennettu biohiilen tuotantokapasiteetti vuoden 2023 lopussa on ollut 75 000 t/a ja biohiilen tuotanto on ollut 49 000 t/a.
 - Markkinahinnan arvioiminen on haastavaa markkinan pienuuden johdosta
- Carbons.fi sivustolla on biohiiltä maanparannus- ja suodatuskäyttöön myynnissä suurimmillaan 500 litran suursäkeissä. Hinta puutarhahiilelle on 440 €/500 litraa ja suodatinhiilelle 510 €/500 litraa sisältäen toimituksen. Hinta on kuluttajahinta, joten siihen sisältyy pakkaus- ja logistiikka kustannukset ja myyjän kate, joten tuottajahinta on huomattavasti pienempi.
- Carbofexin sivuilta löytyy Economics of biochar laskuri, jossa biohiilen hinta on 2 000€/t.
- Yllä esitetyt hinnat ovat korkeita ja myynti on suunnattu kuluttajille ja puutarhakäyttöön. Teolliseen mittakaavaan tähtäävän biohiilentuotannon biohiilestä saatava hinta olisi todennäköisesti huomattavasti pienempi.
- Moritz Kormann Biochar Zerosta on sanonut biohiilen hinnaksi Euroopassa 300 – 2 000 €/t. ([Biochar making €300 to €2,000 per tonne](#))
- Teräksen tuotannossa biohiilellä ei voi suoraan korvata fossiilista koksia vaan se tarvitsee jatkokäsittelyä (käsitelty tarkemmin luvussa 3.2 Käyttökohteet paikallisesti). Jos biohiilellä korvattaisiin fossiilista koksia, ei biohiilen tuottaja voi myydä sidottua hiilidioksidi tonnia vapaaehtoisilla hiilimarkkinoilla, koska biohiilen hiili vapautuu takaisin kiertoon. Terästeollisuudessa käytettävän fossiilisen koksen hinta on n. 400 €/t. Oletuksella, että teräksen tuottaja olisi valmis maksamaan biohiilestä saman hinnan kuin fossiilisesta koksista ja tämän päälle EU-ETS:n mukaisen hinnan tuotannon päästövähentämisestä, tulisi biohiilen hinnaksi n. 750 €/t.
 - Oletuksena käytetty, että yhden tonnin fossiilisen koksen korvaaminen yhdellä tonnilla biohiiltä vähentää CO₂-päästöjä 3,3 tonnia.
 - Päästetyn CO₂ tonnin hintana käytetty 100 €/t
 - Hinta-arviossa ei ole otettu huomioon mahdollista imago- ja markkinointihyötyä, joka voi muodostua kun terästä tuotetaan ympäristöystävällisemmin.



[Carbofex](#)

[Carbons](#)

Statista (2024) [Daily European Union Emission Trading System \(EU-ETS\) carbon pricing from 2022 to 2024](#)

Steelonthenet.com (20.03.2024) [European Met Coke Prices](#)

3 Markkinaselvitys



3.1 Laitteistotoimittajat

Laitteistotoimittajat pyrolyysiprosesseihin

- Biohiilen tuotanto on toistaiseksi ollut volyymiltaan melko vähäistä, vaikka yksittäisiä tuotantolaitoksia on Euroopassakin useita kymmeniä. Alalle on kuitenkin tullut laitteistotoimittajia, kuten Pyreg ja ETIA Group, jotka ovat erikoistuneet pyrolyysilaitteistojen kehittämiseen ja myymiseen. Koska biohiilituotannon tyypillinen laitoskoko on ollut pieni, myös laitteistotoimittajien tuotevalikoima on koostunut pienen mittakaavan laitteistoista.
- Suuren mittakaavan biohiilituotantoon soveltuvat kuitenkin myös useat uunityypit, jotka alun perin on kehitetty muita sovelluksia varten. Tällaisia uuneja toimittavat mm. Cremer Thermoprozessanlagen, John Cockerill, Anergy ja C.H. Evensen. Näiden toimittajien uuneilla päästään biohiilituotannossa merkittävästi korkeampiin tuotantolukuihin yksilinjaisilla laitoksilla kuin pelkästään pyrolyysiprosesseihin keskittyvien toimittajien ratkaisilla.
- Myös perinteisen metsäteollisuuden laitteistotoimittajilla (esim. Andritz ja Valmet) olisi todennäköisesti hyvät edellytykset toimittaa laitteistoja biohiilituotantoon. Toistaiseksi nämä yhtiöt eivät ole katsoneet kannattavaksi panostaa biohiilen tuotantolaitteistoihin, todennäköisesti ainakin osittain ison mittakaavan laitteistojen vähäisen kysynnän takia. Andritz markkinoi kymmenkunta vuotta sitten laitteistoja puuhiilen tuotantoon, mutta luopui siitä ilmeisesti pienen kysynnän takia. Nyt yhtiö on taas mukana esim. Joensuu Biocoal Oy:n laitostoimituksessa. Valmet on toimittanut yksittäisiä laitoksia puuhiilen ja pyrolyysiöljyn tuotantoon.
- Laitteistotoimittajien esittelyssä on biohiilen tuotantolaitteistojen lisäksi märkähiillon, pyrolyysiöljyn ja aktiivihiihen tuotantolaitteistojen toimittajia.

Laitteistotoimittaja / Biohiili / PYREG GmbH

- Saksalainen Pyreg GmbH toimittaa modulaarisia laitteistoja biohiilen tuotantoon. Laitteistot sopivat useille biomassoille ja erilaisille lietteille.
- Pyregin toimittamat yksiköt ovat pitkälle standardoituja. P500 on polttoaineteholtaan 500 kW (biohiilituotanto noin 300 t/a) ja PX 1500 polttoaineteholtaan 1500 kW (biohiilituotanto noin 900 t/a). Isompi yksikkö PX 6000 on tulossa tuotanto-ohjelmaan. Lämpöenergiaa on mahdollista ottaa talteen höyrynä, kuumana vetenä tai kuumaöljynä.
- Pyregillä on kymmeniä referenssejä, mutta suurin osa niistä on pienistä 500 kW laitteistoista. Isoilla kapasiteeteilla yhtiön kilpailukyky heikkenee, koska useita yksiköitä tarvitaan rinnan.

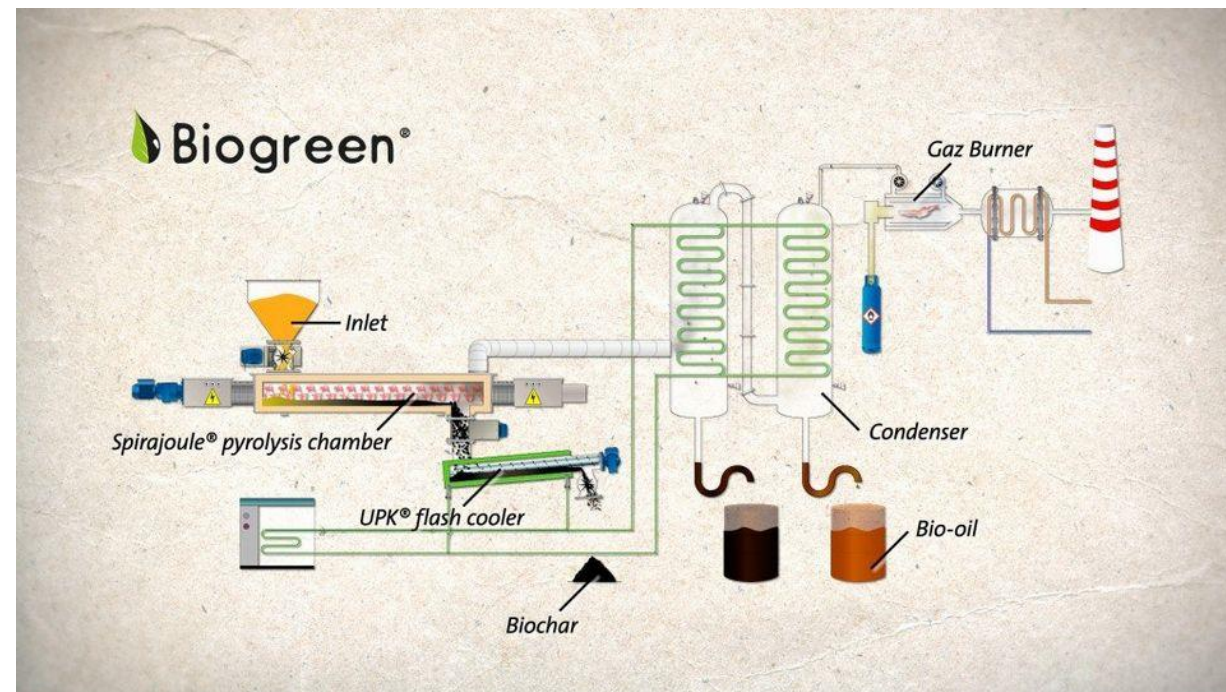


Pyreg P 500 biohiilen tuotantolaitteisto.

Lähde: [Pyreg](#)

Laitteistotoimittaja / Biohiili / ETIA Group

- ETIA Group on osa WOW ASA konsernia. Yhtiö myy pyrolyysilaitteistoja Biogreen ja Spirajoule tuotenimillä. Spirajoule viittaa pyrolyysilaitteeseen, joka on sähköllä lämmitettävä kammio, jossa pyrolysoitavaa materiaalia kuljetetaan ruuvilla.
- Biogreen -teknologia toimii melko laajalla lämpötila-alueella. Päätuotteena on yleensä biohiili, mutta pyrolyysiöljyn tuotanto on myös mahdollista. Teknologialla on referenssejä esimerkiksi lietteen ja biomassojen prosessoinnista.
- Biogreen -teknologian merkittävin heikkous on korkea sähkön kulutus. Myös laitteistokoko on rajallinen ja isoilla kapasiteeteilla tarvitaan monta rinnakkaista laitteistoa, mikä nostaa kustannuksia



Biogreen prosessi biohiilen, bioöljyn ja lämpöenergian tuotantoon.

Lähde: [Biogreen](https://www.biogreen.com)

Teknologia- ja laitteistotoimittaja / Biohiili / C.H.Evensen Industriovnen AS (CHE)

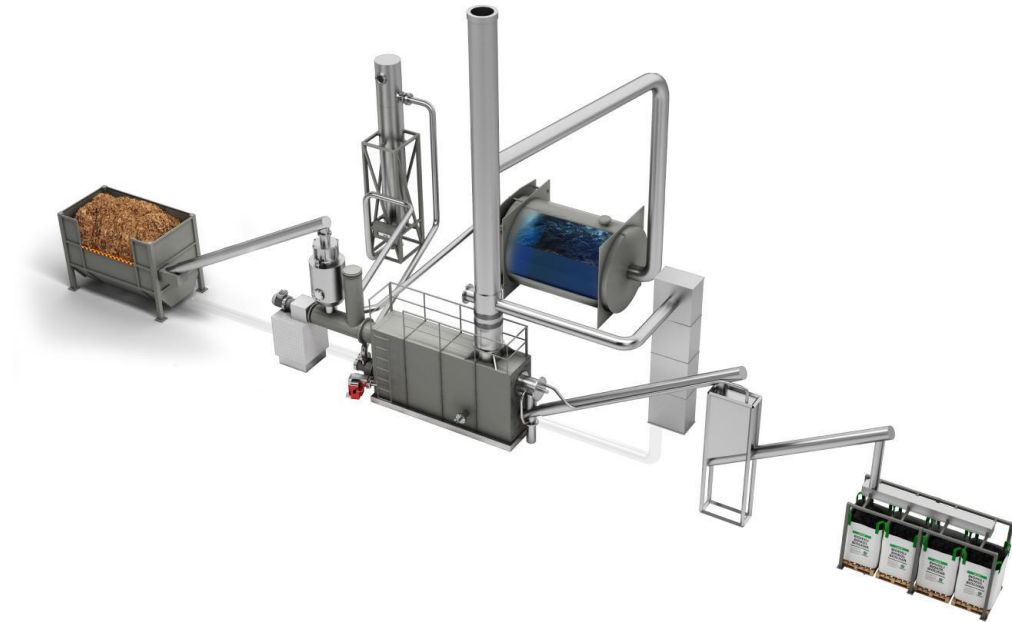
- Norjalainen CHE kuuluu nykyisin samaan WOW ASA –konserniin, kuin Biogreen – prosessia toimittava ETIA Group. Yhtiön valmistaa uuneja, jotka soveltuvat biohiilen tuotantoon. Pyrolyysiprosessit on otettu yhtiössä toiminnan yhdeksi painopistealueeksi, mutta tuotantomittakaavan referenssejä pyrolyysiprojekteista on toistaiseksi vähän.
- CHE:n uunilla saavutetaan yksilinjaisella laitoksella korkeampi kapasiteetti kuin saman konsernin ETIA Groupin toimittamalla Spirajoule –teknologiaan perustuvalla Biogreen –prosessilla.



CHE:n pyrolyysiprosesseihin soveltuva uuni.
Lähde: [C.H.Evensen](#)

Teknologiatoimittaja / Biohiili / Carbofex Oy

- Carbofex Oy valmistaa biohiiltä harvennushavupuusta uudessa demonstraatiolaitosmittakaavan tehtaassa Nokiolla, jonne yhtiön tuotanto siirtyi Tampereelta vuonna 2023. Yhtiön tavoitteena on myös myydä biohiilen tuotantoteknologiaa.
- Carbofexin prosessi perustuu omaan tuotekehitykseen. Biohiilituote täyttää EBC:n sertifikaatin vaatimukset ja sillä on myös Ruokaviraston hyväksyntä. Prosessin sivutuotteena voidaan tuottaa bioöljyä, joka on tasalaatuisempaa kuin monet markkinoilla olleet bioöljyt.
- Carbofexin prosessi on osoittautunut toimivaksi. Laajamittainen teknologian myynti edellyttää kuitenkin prosessin skaalaamista suurempaan mittakaavaan kuin nykyinen tuotanto.



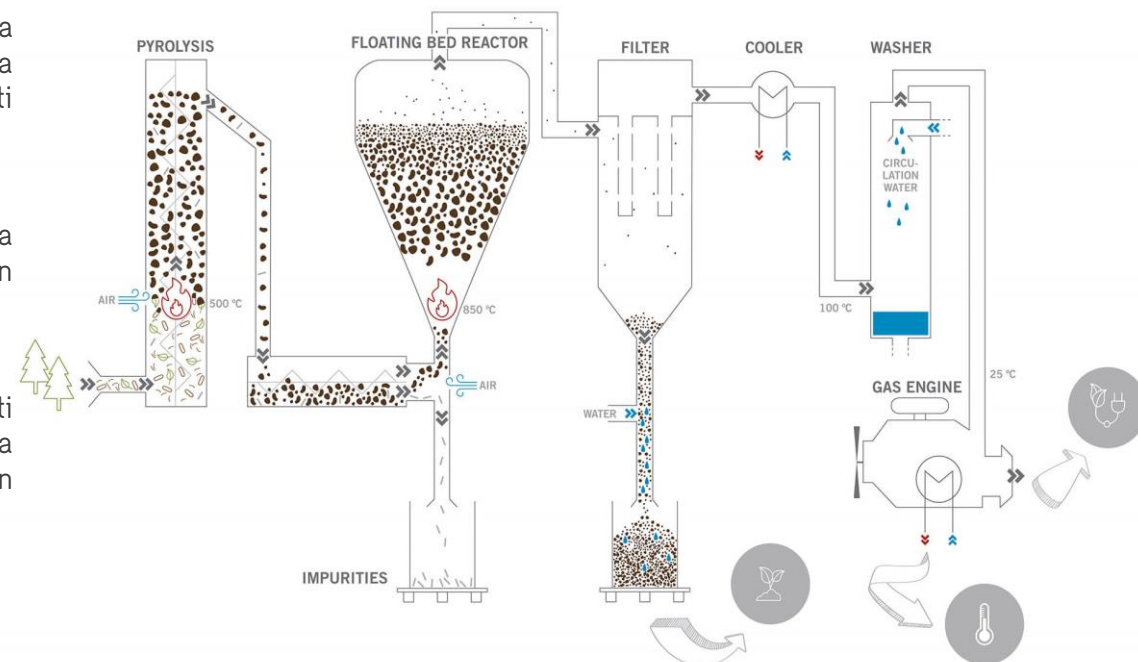
Carbofex Oy:n biohiilen, bioöljyn ja kaukolämmön tuotantoprosessi
Lähde: [Carbofex](#)

Laitetoimittaja / Bio- ja aktiivihiili / Cremer Thermoprozessanlagen GmbH

- Saksalainen Cremer Thermoprozessanlagen GmbH valmistaa pyöriviä rumpu-uuneja , jotka soveltuvat hyvin biohiilen ja aktiivihiilen tuotantoon.
- Cremerin uunien etuna on erityisesti yksittäisen uunin suuri kapasiteetti, minkä ansiosta varsin suurikin biohiilen ja/tai aktiivihiilen tuotantolaitos (syöttö pyrolyysiuuniin jopa 8 t/h) voidaan toteuttaa yksilinjaisena. Yhtiöllä on pitkä kokemus uunien valmistuksesta eri sovelluksiin.
- Cremer toimii ensisijaisesti laitevalmistajana, kokonaistoimituksia varten yhtiö normaalisti tarvitsee ulkopuolisen urakoitsijan. Laitevalmistaja takaa tyypillisesti prosessiolosuhteet ja viipymääjan uunissa, mutta prosessitakuuta esimerkiksi tuotetun tuotteen laadun osalta voi olla vaikea saada.

Teknologiatoimittaja / Biohiili / Syncraft

- Itävaltalainen Syncraft toimittaa pienehköjä puuhakkeen kaasutukseen perustuvia CHP –laitoksia, joissa biohiili on sivutuote. Sähkö ja lämpö tuotetaan prosessissa syntyvästä synteetikaasusta kaasumoottorilla. Laitosreferenssejä on erityisesti Keski-Euroopassa, jossa sähkön hinta on yleensä korkeampi kuin Suomessa.
- Syncraftin laitospaketit ovat standardoituja suurimman yksikön kapasiteetin ollessa 1000 kW sähkötehoa ja 1400 kW lämpötehoa (90°C). Lisäksi syntyy alhaisen lämpöarvon (50°C) lämpöä 500 kW ja biohiiltä noin 9 m³/d.
- Syncraftin prosessissa biohiilisaanto on pienehkö, koska prosessi on ensisijaisesti suunniteltu sähkön ja lämmön tuotantoon. Prosessi kuitenkin mahdollistaa biomassan polttamiseen perustuvassa sähkön ja lämmön tuotannossa hiilen poistamisen kierrosta pienessä mittakaavassa.



Syncraftin puubiomassan kaasutukseen perustuva CHP –prosessi, jossa biohiili sivutuotteena.

Lähde: [Syncraft](#)

Laitetoimittaja / Bio- ja aktiivihiihi / John Cockerill

- Belgialainen John Cockerill valmistaa monipohjauuneja, jotka soveltuvat biohiilen ja aktiivihiihen valmistamiseen. Monipohjauunilla voidaan käsitellä pyrolyysiprosessilla biomassapohjaisia raaka-aineita ja lietteitä.
- Monipohjauunissa prosessoitava materiaali siirretään alemmalle pohjalle pohja kerrallaan. Laitteella saavutetaan hyvä viipymääjan ja lämpötilan säätö. Aktiivihiihen valmistuksessa hiilto ja aktivointi voidaan tehdä samassa uunissa prosessiolosuhteiden ollessa erilaiset eri pohjilla. Prosessi on autoterminen. Monipohjauunin tilantarve on pieni pitkiin rumpu-uuneihin verrattuna. Yhdellä isolla monipohjauunilla saavutetaan varsin iso tuotantokapasiteetti. Monipohjauuneja käytetään myös käytetyn aktiivihiihen regeneroimisessa.
- Monipohjauunit ovat yleensä kalliimpia kuin vastaavan kapasiteetin rumpu-uunit.

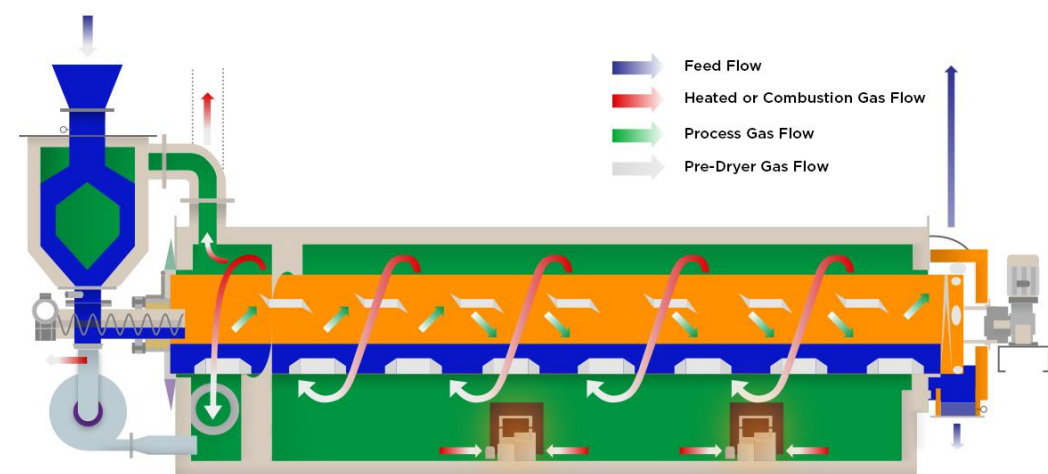


John Cockerillin toimittama monipohjauuni lietteen prosessointiin.

Lähde: [John Cockerill](#)

Laitostoimittaja / Bio- ja aktiivihiili / Anergy

- Anergy (Singapore) toimittaa kokonaistoimituksena pyrolyysilaitoksia, joissa lopputuotteena voi olla biohiili ja/tai aktiivihiili. Prosessi perustuu epäsuorasti lämmitettäviin rumpu-uuneihin. Yhtiöllä on lukuisia referenssejä eri puolilla maailmaa.
- Anergy on kehittänyt pyrolyysikaasun puhdistusprosessia, mikä mahdollistaa pyrolyysikaasun käytön ilman tervaongelmia polttimien energialähteenä uunien epäsuorassa lämmityksessä. Pyrolyysikaasun puhdistuksen yhtenä ongelmana on syntyvä jätevesi, jossa on korkeahko COD –kuorma.
- Anergyn toimittamat laitteet valmistetaan pääsääntöisesti edullisten tuotantokustannusten maissa Kaakkois-Aasiassa. Tämä parantaa toimitettavien laitosten hintakilpailukykyä, mutta toisaalta toimitusten valvonta ja eurooppalaisten määräysten noudattamisen varmistaminen voivat tuoda haasteita.
- Kooltaan Anergyn uunit eivät ole markkinoiden suurimpia, joten isoissa laitoksissa tarvitaan useita rinnakkaisia uuneja.
- Koska Anergyn laitokset on pääasiassa toimitettu lämpimiin maihin, lämpöenergian talteenotto ei ole usein ollut merkittävässä asemassa yhtiön toimituksissa.

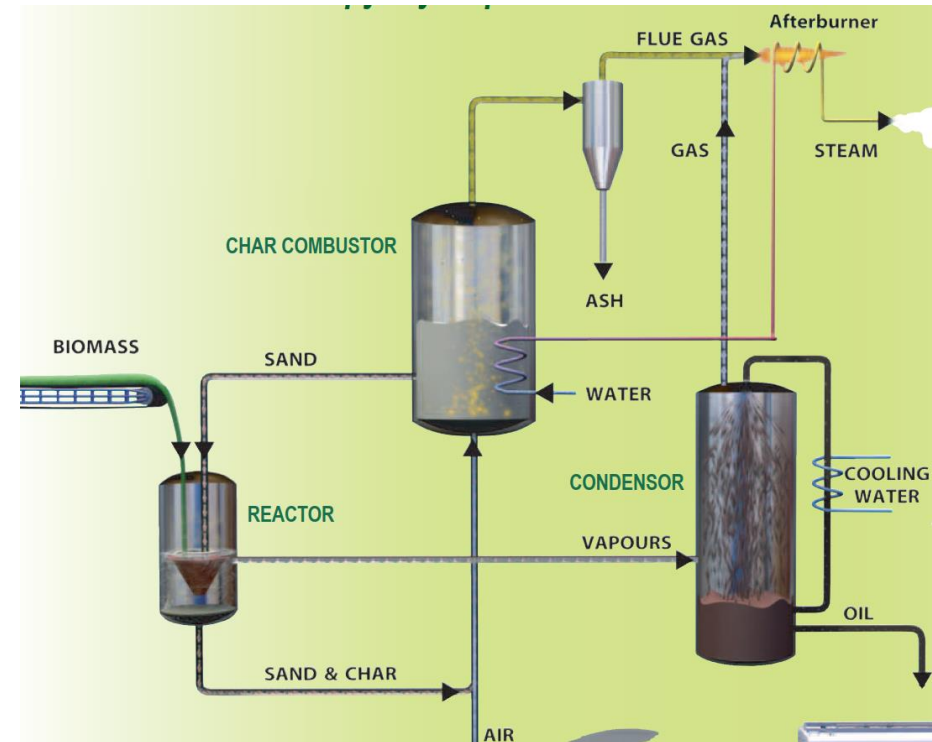


Anergyn epäsuorasti lämmitettävä pyrolyysiuuni

Lähde: [Anergy](#)

Laitostoimittaja / Pyrolyysiöljy / BTG Bioliquids

- Hollantilainen BTG Bioliquids BV toimittaa pyrolyysiöljyn tuotantolaitoksia kokonaistoimituksina. Suomessa yhtiö on toimittanut Nordic Green Fuels Oy:n (konkurssi maaliskuussa 2024) Lieksan tehtaan pyrolyysiöljyn tuotantolaitteiston.
- Kuivattu biomassa syötetään pyrolyysireaktoriin, jota lämmitetään kuumalla hiekalla. Hiekka ja hiilijae johdetaan polttokammioon, jossa hiekka kuumennetaan ja syötetään takaisin reaktoriin. Reaktorissa syntyvä pyrolyysikaasu lauhdutetaan pyrolyysiöljyksi. Lauhtumaton kaasu poltetaan savukaasun jälkipolttimessa lämpöenergian tuotannossa. Tuotettu lämpöenergia voidaan käyttää raaka-aineen kuivauksessa ja ylijäämälämpö voidaan käyttää esim. kaukolämmön tuotannossa.
- Prosessi on yksilinjainen myös melko suurilla kapasiteeteilla. Esim. Lieksan laitoksen tuotantokapasiteetti oli noin 24 000 t/a pyrolyysiöljyä.

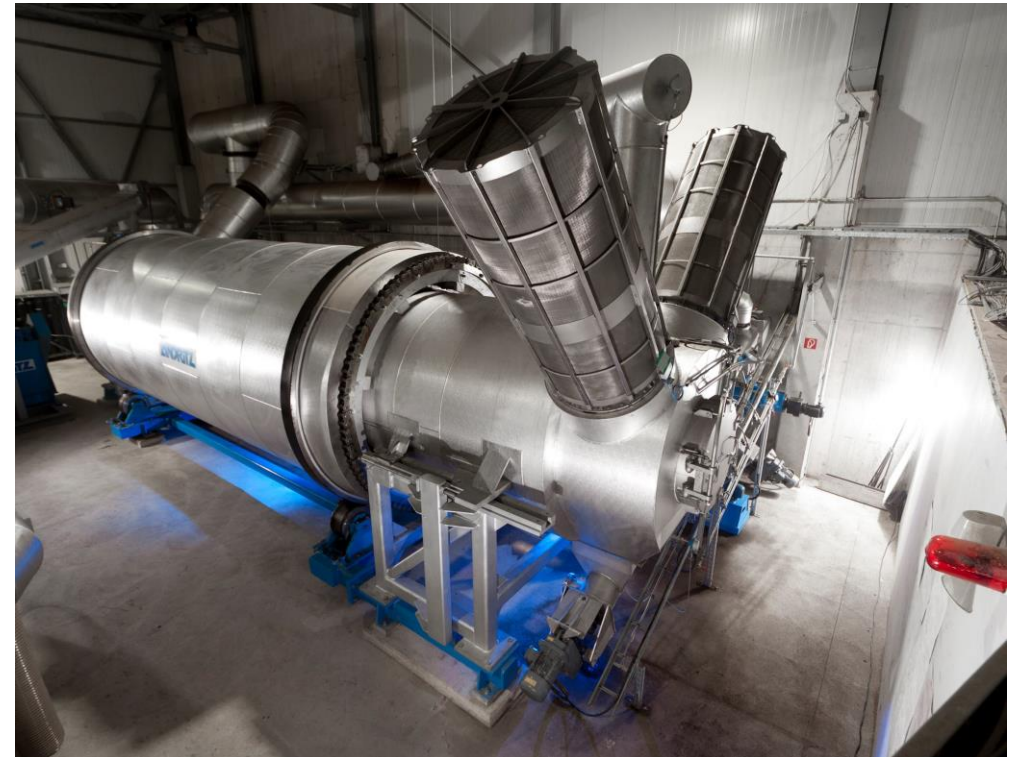


BTG Bioliquids pyrolyysiöljyn tuotantoprosessi.

Lähde: [BTG Bioliquids](#)

Laitostoimittaja / biohiili / Andritz

- Itävaltalainen Andritz pyrki kauppaamaan puuhiilen tuotantolaitoksia 2010 –luvun alkupuolella, mutta kysynnän puutteessa toiminta ei tällöin noussut avainliiketoiminnaksi yhtiössä. Markkinoiden aktivoitua uudelleen Andritz toimittaa nykyisin biohiililaitoksia konsortiossa, jossa Andritz toimii pääurakoitsijana vastaten päälaitteiden valmistamisesta ja hankinnoista. Reaktorin ja apulaitteiden teknologiatoimittajana toimii NextFuel ja pyrolyysikaasun polttolaitteiden toimittajana Polytechnik GmbH. Konsortio vastaa Joensuuhun rakennettavan Joensuun Biocoal Oy:n puuhiililaitoksen toimituksesta.
- NextFuelin pyrolyysireaktori on tyypiltään pyörivä rumpu-uuni.



NextFuel/Andritz rumpu-uuni puuhiilen valmistukseen

Lähde: [NextFuel AB](#)

Teknologia- ja laitetoimittaja / Biohiili ja pyrolyysiöljy / Valmet

- Valmet toimittaa kokonaistoimituksina höyryräjäytukseen perustuvaa prosessia puuhiilen (musta pelletti) tuottamiseen. Yhtiö on toimittanut kapasiteetiltaan 120 000 t/a mustan pelletin ja valkoisen pelletin tuotantolaitoksen Ranskaan. Pellettien käyttö on lähinnä energiantuotannossa korvaamaan fossiilista polttoainetta.
- Valmet on kehittänyt myös pyrolyysiöljyn tuotantotekniikkaa. Yhtiö toimitti 2013 Fortumille Joensuuhun CHP –laitokseen integroidun pyrolyysiöljyn tuotantoyksikön. Pyrolyysiöljyn tuotanto laitoksella ei enää ole käynnissä.
- Valmet on myös kehittänyt katalyyttistä prosessia korkealaatuisen pyrolyysiöljyn valmistukseen yhteistyössä VTT:n kanssa.



Valmetin mustaa pellettiä tuottava laitos CHP –laitoksen yhteydessä

Lähde: [Valmet](#)

Teknologiatoimittaja / Bio- ja aktiivihiili / Splainex Ecosystems Ltd

- Hollantilainen Splainex Ecosystems Ltd toimittaa suunnittelu- ja projektinhoitopalveluja biohiilen ja aktiivihiilen valmistusprojekteihin. Yhtiö tekee yhteistyötä alan johtavien laitevalmistajien kanssa. Kokonaistoimituksiin Splainex tarvitsee yleensä ulkopuolisen urakoitsijan.
- Splainexilla on pitkä kokemus useiden raaka-aineiden, kuten biomassan, muovien ja lietteiden pyrolyysiprosesseista.

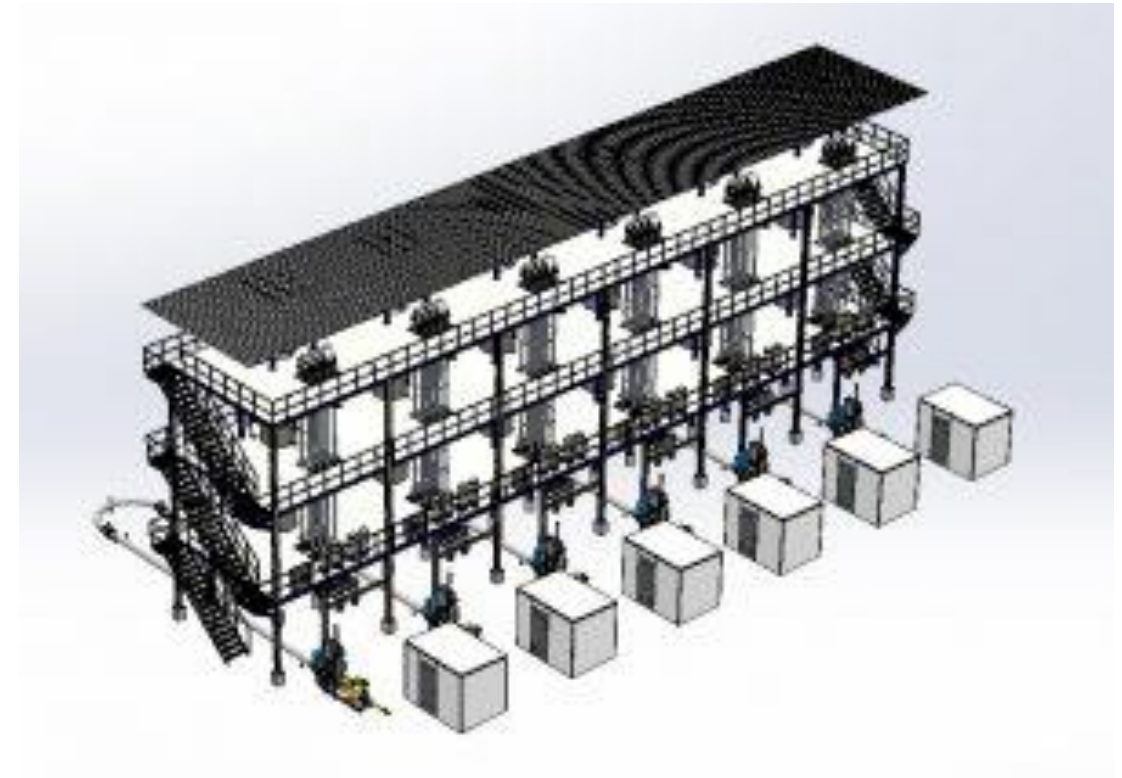


Iso rumpumallinen pyrolyysiuuni.

Lähde: [Splainex \(pyrolysis.biz\)](https://pyrolysis.biz)

Teknologiatoimittaja / Märkähiilto / Ingelia S.L.

- Espanjalainen Ingelia S.L. on pitkään kehittänyt märkähiiltoon perustuvaa HTC – hiilen tuotantoprosessia. Yhtiön ensimmäinen 6000 t/a biojätettä käsittelevä märkähiiltolaitos valmistui Valenciaan vuonna 2010. Yhtiön kehitystyö on kattanut myös sivuvirtana syntyvän orgaanisia komponentteja sisältävän veden käsittelyn puhtaaksi vedeksi. Ingelian märkähiiltoprosessi on modulaarinen, mikä mahdollistaa laitoksen helpon laajennettavuuden, mikäli tuotantokapasiteettia toimivalla laitoksella halutaan nostaa.
- Ingelian modulaarisen märkähiiltoprosessin heikkoutena on yhden modulin pienehkö kapasiteetti, jolloin isoissa laitoksissa tarvitaan useita rinnakkaisia yksiköitä.
- Ingelian referenssit ovat toistaiseksi painottuneet märkähiiltoon liittyviin tutkimus- ja kehityshankkeisiin.



Ingelian 6 reaktorin modulaarinen märkähiiltolaitos.
Lähde: [Ingelia](#)

Teknologiatoimittaja / Märkähiilto / Suncoal Industries GmbH

- Saksalainen Suncoal on kehittänyt märkähiiltoprosessia ja tuotetun hiilen jatkojalostusta. Yhtiöllä on Pilot –mittakaavan koelaitos Berliinin lähellä. Suncoal on tehnyt paljon kehitystyötä yhteistyössä tutkimuslaitosten ja muiden yhtiöiden kanssa.
- Suncoal on toiminut teknologiatoimittajana, kokonaistoimituksiin yhtiö on tarvinnut ulkopuolisen kokonaistoimittajan. Suncoal on tehnyt aiemmin yhteistyötä esim. Valmetin kanssa.
- Suncoal on nykyisin UPM:n omistuksessa. Todennäköisesti yhtiön teknologian kehitys palvelee jatkossa ainakin osittain UPM:n tarpeita eikä teknologia välttämättä ole kaikilta osin avoimesti kaupan.



Suncoalin pilot –tuotantolaitos Ludwigsfeldessä
Lähde: [SunCoal](#)

Suomalaisia biohiilituottajia

- **Carbofex Oy** tuottaa biohiiltä Nokialla. Yhtiöstä on kerrottu enemmän kohdassa *3.1 Laitetoimittajat*.
- **Puhi Oy** on aloittamassa biohiilen tuotantoa Hämeenlinnassa. Laitoksen raaka-aineena on 20 000 t/a puu- ja maatalousperäistä biomassaa, kuten sahajauhoa, kierrätyspuuta, olkea ja viljan kuorta. Yhtiö tarjoaa myös biohiilituotannon pilotointia.
- **Carbon Balance Oy** on kuivausratkaisuja kehittävän **SFTec Oy**:n tytäryhtiö. Carbon Balance on kehittänyt biohiilen tuotantoprosessia, jossa SFTecin kuivuri saa energiansa biohiiliprosessista. Ensimmäinen teknologiaan perustuva laitos valmistui Utajärvelle 2023. Laitoksen omistajana on **GRK Infra Oy**, jolla on biohiilen tuotantohankkeita myös muualla Suomessa. Utajärven laitoksen hakekuivuri paloi helmikuussa 2024.
- **Puustako Oy** aloitti biohiilen tuotannon Nurmeksessa vuonna 2023. Biohiilen tuotantouuni laitokselle siirrettiin Hirvensalmelta, jossa biohiiltä oli tuottanut **Noireco Oy** (konkurssissa). Nurmeksen laitoksen hakekuivurilla oli tulipalo keväällä 2023. Puustako Oy suunnittelee biohiilituotantoa myös Tornioon.
- **Carbo Culture Oy** aloitti biohiilen tuotannon Suomessa 2023 syksyllä Keravalle rakennetussa demonstraatiolaitoksessa, jossa raaka-aineena on puuhake ja hakkuutähteet. Yhtiön alunperin USA:ssa kehitetty *Carbolysis* –teknologia on patentoitu. Keravan laitoksen ylijäämäenergia hyödynnetään Keravan Energia Oy:n kaukolämmön tuotannossa.

3.2 Käyttökohteet paikallisesti



Biohiilen potentiaaliset käyttökohteet Lapissa

- Biohiiltä voidaan käyttää useisiin eri tarkoituksiin ja Lapissa sen mahdollisia käyttökohteita voivat olla:



Terästuotanto: Biohiiltä voidaan käyttää terästuotannossa useilla eri tavoilla, kuten pelkistyksessä, energiantuotannossa tai koksen korvikkeena. Tästä tarkemmin edempänä.



Maaperän parannusaine / kasvualustat: Biohiili voi parantaa maaperän rakennetta, vedenpidätyskykyä ja ravinteiden säilymistä. Tästä tarkemmin edempänä.



Energiantuotanto: Biohiiltä voidaan käyttää polttoaineena energiantuotannossa, jolloin se voisi korvata fossiilisia polttoaineita tai neitseellistä biomassaa ja vähentää kasvihuonekaasupäästöjä.



Rakennusmateriaali: Biohiilen käyttö rakennusmateriaalina on tunnistettu yhdeksi innovatiiviseksi tavaksi vähentää rakennussektorin hiilijalanjälkeä. Se voi toimii esim. eristemateriaalina tai komponenttina rakennusmateriaaleissa.



Vedenpuhdistus: Biohiili voi sitoa itseensä epäpuhtauksia ja kemikaaleja, joten se toimii hyvin vedenpuhdistuksessa. Se voi olla myös hyödyllinen työkalu vesistöjen suojelemisessa. Biohiilen potentiaalista hulevesien käsittelyssä edempänä.



Hiilivarastointi: Biohiilen avulla voidaan sitoa hiiltä pitkäksi aikaa ja näin edistää ilmastonmuutoksen hillitsemistä. Lapissa tämä voi olla erityisen tärkeää, koska alueen ekosysteemit ovat herkkiä ilmastonmuutoksen vaikutuksille.

- On tärkeä huomioida, että biohiilen valmistuksen kannattavuus ja ekologisuus riippuvat monista tekijöistä, kuten raaka-aineiden saatavuudesta, logistiikkakustannuksista, tuotantoprosesseista ja markkinoiden kysynnästä. Harkittaessa biohiilen tuotantoa teollisessa mittakaavassa on huomioitava myös muun muassa sääntely.

Biohiili terästuotannossa

- Torniossa sijaitseva Outokummun terästehdas tuottaa ruostumatonta terästä, jonka tuotantoprosessi eroaa hiiliteräksen valmistuksesta. Outokummun tärkein raaka-aine on kierrätysteräs ja kierrätetyn raaka-aineen käyttöaste onkin toimialan korkein. Outokummulla on sekä oma kromikaivos että ferrokromilaitos, josta saatu ferrokromi tekee teräksestä ruostumattoman.
 - Outokumpu on tehnyt tutkimusta oman teollisuusmittakaavan biokoksaamon rakentamisesta. Biokoksia hyödyntämällä Outokumpu voi korvata fossiilisen koksen ja näin vähentää omien toimintojensa suoria päästöjä.
- Biohiilen potentiaalisia käyttökohteita ruostumattoman teräksen tuotannossa voivat olla:
 - **Koksen korvike:** Biohiiltä voidaan hyödyntää biokoksen valmistuksessa.
 - **Fossiilisen hiilen korvaaja:** Fossiilisen hiilen sijaan biohiiltä voidaan käyttää teräksen sulatuksessa.
 - **Energianlähde:** Jos biohiiltä käytetään energianlähteenä ruostumattoman teräksen valmistuksessa, se voisi korvata osan fossiilisista polttoaineista ja siten vähentää prosessin hiilijalanjälkeä.
 - **Suodatus ja puhdistus:** Biohiilen suodatusominaisuuksiensa takia sitä voidaan hyödyntää monissa puhdistusprosesseissa. On mahdollista, että biohiiltä voitaisiin käyttää myös teräksen tuotannossa veden tai kaasujen puhdistuksessa.
- Suurin potentiaali biohiilelle Outokummun terästuotannossa on biokoksi korvaamaan fossiilista koksia pelkistimenä.
 - Outokummun ilmastotavoite on vähentää hiilidioksidipäästöjä koko arvoketjussa 42 % vuoteen 2030 mennessä vuoden 2016 tasosta. Fossiilisen koksen osuus Outokummun suorista päästöistä on n. 50 %.
 - Tällä hetkellä biokoksi on potentiaalisin teknologia fossiilisen koksen korvaajana ferrokromituotannossa, sillä ferrokromituotannossa vetyä ei pystytä hyödyntämään pelkistimenä.

Outokumpu. (04.01.2023). [Vastuullinen sijoitus](#)

Outokumpu Oyj. (18.12.2023). [Outokumpu rakentaa Tornioon biokoksen briketöintilaitoksen nopeuttaakseen suorien päästöjen vähentämistä](#)

Safarian S. (01.05.2023). [To what extent could biochar replace coal and coke in steel industries?](#)

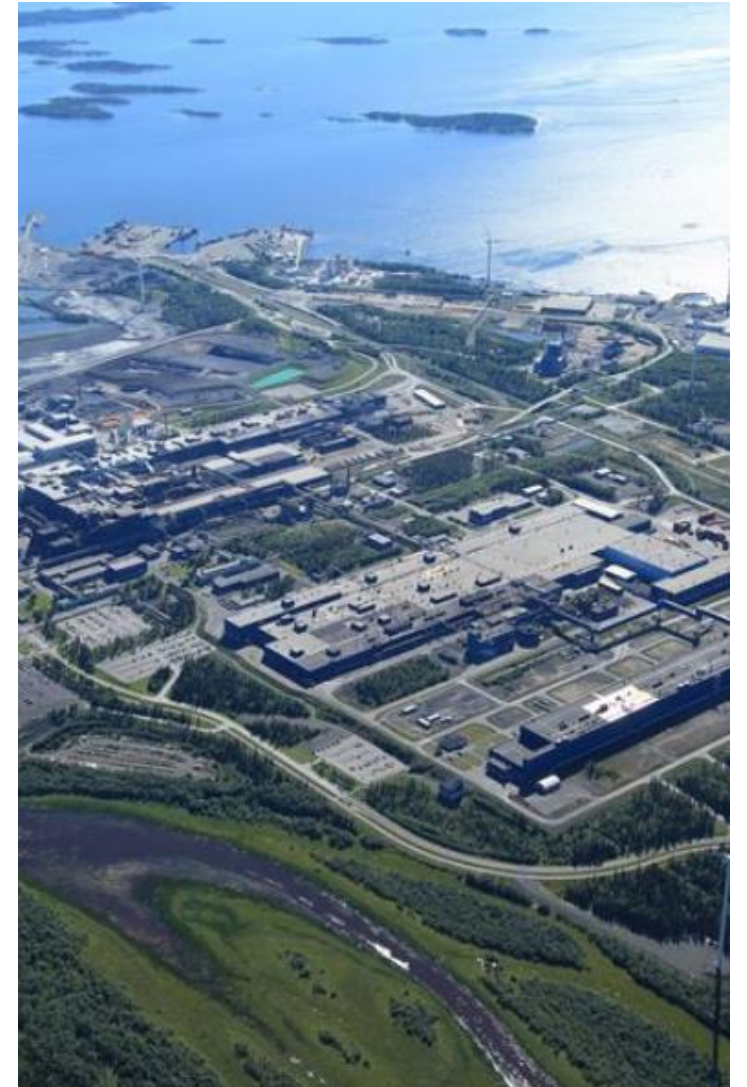


Kuva: Outokumpu

Biohiili terästuotannossa

- Koksille tarvittavia ominaisuuksia ferrokromin valmistuksessa:
 - Korkea hiilipitoisuus
 - Hyvä mekaaninen lujuus iskuja ja hankausta vastaan
 - Alhainen tuhka-, rikki ja fosforipitoisuus
 - Alhainen haihtuvien aineiden pitoisuus
 - Hyvä kuumalujuus
- Fossiilisen koksen korvaamiseen käytettävän biohiilen tulisi olla pitkälle pyrolysoitua eli pyrolyysiprosessissa korkeaan lämpötilaan nostettua, jotta sen hiilipitoisuus olisi mahdollisimman korkea ja haihtuvien aineiden pitoisuus mahdollisimman matala.
- Puupohjaisista biomassoista valmistetun biohiilen etuja teräksen valmistuksessa ovat syötteen valmiiksi alhainen tuhka- ja rikkipitoisuus.
- Korkeassa lämpötilassa pyrolysoidun biohiilen mekaaninen lujuus ei todennäköisesti ole riittävä sellaisenaan fossiilisen koksen korvaajaksi, joten se tarvitsee jatkokäsittelyä mekaanisen lujuuden parantamiseksi.
 - Outokumpu on päättänyt rakentaa biokoksin briketöintilaitoksen Tornioon, jossa biohiilitoimittajilta hankittua biohiiltä tiivistetään biokoksiksi. Laitoksen suunniteltu kapasiteetti on 25 000 t/a ja sen on määrä aloittaa biokoksin tuotanto vuoden 2025 puolivälissä.
 - Potentiaalinen biokoksin käyttö määrä Outokummun tuotannossa on moninkertainen verrattuna nyt suunnitteilla olevaan biokoksin valmistuslaitoksen tuotantokapasiteettiin nähden.

Outokumpu Oyj. (18.12.2023). [Outokumpu rakentaa Tornioon biokoksin briketöintilaitoksen nopeuttaakseen suorien päästöjen vähentämistä](#)



Kuva: Outokumpu

Biohiili osana kasvualustaa / ominaisuudet

- Yleisiä ominaisuuksia, jotka on liitetty biohiilen käyttöön osana maaperää ja kasvualustoja:
 - Biohiilellä on veden varastoimiskykyä, jolloin se puskuroi kosteusvaihteluita. Tämä auttaa erityisesti kohteissa, joissa käytetään karkeaa, vettä helpommin läpäisevää kasvualustamateriaalia.
 - Biohiili pystyy kokoonsa suhteutettuna sitomaan aktiivisuutensa ja huokoisuutensa johdosta paljon ravinteita pitkäaikaisesti ja luovuttamaan niitä hitaasti: Se toimii siis kasvualustan ravinnepankkina estäen niitä huuhtoutumasta. Vapautuessaan hitaasti kasvien käyttöön ne tasaavat kasvualustan ravinnetaloutta ja vähentävät lisälannoittamisen tarvetta.
 - Biohiili lisää maaperän ja kasvualustan ilmapuutetta → Ehkäisee maan liettymistä ja tiivistymistä.
 - Veden ja ravinteiden puskurointikyvyllä sekä ilmapuudella, jotka ovat muuten myös kasvuturpeen ominaisuuksia, on se käytännön etu, että niiden avulla kasvualusta ja kasvi "antaa anteeksi" jonkin aikaa erilaisia epäoptimaalisia tilanteita, kuten kuivuutta tai märkyyttä yllannoitusta tai ravinteiden puutetta ilman kasvun merkittävää heikentymistä.
 - Aktivoi pieneliötoimintaa. Mikrobit eivät sinällään pysty hyödyntämään biohiiltä vaan mikrobit hyötyvät hiilen huokoisuudesta.
 - Sillä voi olla myös kalkitsevia vaikutuksia riippuen tuotantotavasta.
 - Parantaa juuriston toimintakykyä ja kasvua.
- Kaikki edellä kuvatut edistävät kasvien tasapainoista kasvua kokonaisvaltaisesti ja pitkävaikutteisesti, sillä biohiilen rakenne kestää maassa jopa satoja vuosia.
 - Kuitenkin on huomioitava, että kaikki biohiilen ominaisuudet eivät ole täysin aina olemassa, vaan esimerkiksi kalkitusvaikutukseltaan hyvä biohiili voi olla toiselta ominaisuudeltaan heikompaa. Tästä syystä tärkeimmät ominaisuustarpeet sanelevat tuotantoprosessia.
- Biohiilen lisäyksellä (Luken mukaan n. 5 % tilavuudesta) kompostin joukkoon, pystytään nopeuttamaan kompostoitumista sekä parantamaan valmiin kompostin laatua ja kypsyyttä.
- Edellä kuvatusta ravinnepankkina toimimisesta johtuu toisaalta se, että biohiili on tarkoituksen mukaista ladata etukäteen ravinteilla, jottei siihen sitoudu kasvin kasvuvaiheessa ravinteita ei-toivotulla tavalla.
- Viimeisten maailmanlaajuisen aineiston meta-analyysia hyödyntävien tutkimustulosten mukaan maatalouden sadonlisien suhteen optimilisäysmäärä on välillä 5-10 (- 20) tonnia biohiiltä hehtaarille (20 cm muokkauskerroksessa n. 1 % til-%).

A. Riikonen 2019: Biohiili ja sen käyttömahdollisuudet viherrakentamisessa

Kekkilä (2020) [Biohiili](#)

Luken ja Cabons Oy:n tiedote: Biohiili nopeuttaa ja tehostaa kompostoitumista 2019

Viherympäristöliitto 2023: Biohiiliopas

Biohiili osana kasvualustaa / markkinanäkymä

- Biohiiltä voidaan käyttää osana, ns. tehosteaineena, seuraavien tuotekategorioiden valmistusta:
 1. Pakatut kasvualustat, joita käytetään joko ammattimaiseen ruokakasvien, kukkien ja puuntaimien kasvatukseen sekä harrastekäyttöön kotitalouspuutarhureille. Tähän kategoriaan voidaan laskea myös pakatut kompostin/huussin tukiaineet.
 - Mielenkiintoinen pakattujen tuotteiden ratkaisu on Woodgrow Oy:n kehittämä biohiilituote/-ratkaisu. Woodgrow Oy on ns. ladannut tuotteen NPK-lannoitteella sekä vedellä, ja tuotetta annostellaan 1-2 dl/potti parantamaan taimen selviytymiskykyä ja kasvua erityisesti kuivilla ja karuilla kangasmailla.
 - **Tuotteen hinta on 2000 €/m³ (alv 0 %) (n. 5500 €/t) ja kustannus n. 45 snt/taimi.** Se **nostaisi taimikustannusta** noin **40-80 %**. Lisäksi on huomioitava, että kyseessä on rajallisen volyymin ja pakatun kuluttajatuotteen hinta.
 2. Viherrakentamisen tuotteet eli irtomullat, joita käytetään esim. puistojen ja pihojen rakentamisessa sekä infrahankkeissa. Teollisessa kasvualusta-tuotannossa biohiili nähdään mielenkiintoisena tulevaisuuden raaka-aineena, mutta kysyntä ja käytännön hyödyt ovat vielä epävarmat.
 - **Markkinahinta on 200-400 €/m³ eli n. 1500-3000 €/t** (ilman ilmastokrediittia) riippuen biohiilen laadusta. Loppuasiakaskysyntä tulee lähinnä julkisen puolen hankinnoista. Biohiilen nykyinen hintataso nähdään haasteena.
 3. Maatalouden parannusaineet
 - Maataloudessa liiketoiminnan kannattavuustasot ovat yleisesti matalat. Käytyjen keskustelujen perusteella maanparannuskäytössä biohiilen tulisi olla luokka $\frac{1}{5}$ – $\frac{1}{10}$ nykyisestä, jotta viljelijäkysyntä olisi merkittävää. Maanparannustuotteille on ylipäänsä hankala laskea takaisinmaksuaikaa.
 - Tuoteominaisuudet ovat kuitenkin hyvät.
- Näistä pakatut kasvualusta ja tietty viherrakentaminen omaavat parhaimman maksukyvyn. Perusirtomulta ja maatalouden maanparannustuotteet ovat matalan arvon tuotteita, joten biohiilellä tulee saavuttaa niissä selkeä, rahassa mitattavissa oleva, hyöty, jolla hinta tai hinnan nousu olisi perusteltavissa.
- Seuraavien trendien voidaan nähdä tukevan biohiilen käyttöä edellä mainituissa käyttösovelluksissa:
 - Euroopassa ja Suomessa on tavoitteena vähentää ja jossain vaiheessa lopettaa kokonaan turpeen käyttö kasvualusta- ja viherrakennustuotteiden raaka-aineena. Tämä ei ole helppo tehtävä, sillä turpeella on sen edullisuudesta huolimatta monia erinomaisia ominaisuuksia tässä käyttötarkoituksessa. Biohiilellä on kuitenkin joitakin vastaavia ominaisuuksia (esim. veden ja ravinteiden sidonta- ja puskurointikyky). Täten sen käytöllä voidaan osin korvata turpeen ominaisuuksia.
 - Maaperän mikrobiologian ja orgaanisten aineiden läsnäolon tärkeyden korostuminen ja luomutuotanto.
 - Hiilen sitominen tai hiilidioksidipäästöjen vähentäminen.
- Biohiilen laatuvaatimuksia kasvualusta- ja maanparannuskäytössä ovat korkeat kationinvaihtokapasiteetti, hiilipitoisuus, puhtaus haitta-aineista ja stabiilius. Biohiilen tuotannon on oltava lisäksi REACH- hyväksyttyä.

GRK (20.12.2023) [Biohiilen käyttö viherrakentamisessa](#)

Kekkilä (2020) [Biohiili](#)

Luken ja Cabons Oy:n tiedote: Biohiili nopeuttaa ja tehostaa kompostoitumista 2019

[Woodgrow Oy](#)

Biohiili hulevesien käsittelyssä

- Hulevesien suodatus- ja imeytysalueita rakennetaan lisääntyvässä määrin kaupunkialueiden hulevesien luonnonmukaista hallintaa varten. Tulevaisuudessa sadevesimäärien ja -intensiteettivaihtelujen ennustetaan kasvavan ilmastonmuutoksen myötä, joten hulevesiasioihin tulee kiinnittää enemmän huomiota.
- Biohiili soveltuu huokoisuutensa, kestävyytensä ja suuren ominaispinta-alansa vuoksi hyvin hulevesien käsittelyyn.
- Biohiilillä on kykyä sitoa vettä ja sen mukana kulkevia epäpuhtauksia veden virratessa biohiiltä sisältävän rakenteen läpi. Sidottavia haitta-aineita on monia, ja rakenteen suunnittelussa ja biohiilen valinnassa tuleekin pohtia, mikä haitta-aine on kyseisessä kohteessa keskeisin.
- Biohiili voidaan sijoittaa joko suoraan maaperään tai kasvualustaan (esimerkiksi taimien istutuskuoppaan), tai se voi olla erillisenä suodatinsäiliönä, jonka läpi vesi virtaa. Jälkimmäinen vaihtoehto mahdollistaa suodattavan biohiilen vaihtamisen uuteen, mutta tällöin veden nopea läpivirtaus pienialaisen kasetin läpi voi syödä puhdistustehoa.
- Suodatusrakenteen materiaalina toimii usein biohiilen ja hiekan sekoitus.
- Haasteena tämän asiakassegmentin osalta on, että ratkaisut ja kysyntä ovat vielä pilot-luontoisia. Valmiita ratkaisuja ei ole, eikä oikein valmistajaa. Asiakaskysyntä ja tarve ovat samoin kysymysmerkkejä, koska toteutuneet kohteet ovat useimmiten hankerahoitteisia.
- Ympäristönsuojelurakenteissa on tärkeää tunnistaa perustuuko tarve vapaaehtoisuuteen (kuten tutkimushankkeet), kilpailukykyyn vai laista tai muusta tulevaan pakollisuuteen.
- Esimerkkikohteita:
 - Esim. Espoon Otsolahti: <https://www.sttinfo.fi/tiedote/68249638/espoo-otsolahteen-hulevesien-laatu-parantava-biosuodatusrakenne?publisherId=3385>
 - Useita muitakin kohteita mm. Jyväskylässä, Mikkelissä, Tampereella ja pk-seudulla.
 - Suurin osa rakenteista on toteutettu hankerahalla, jolloin tarkka seuranta on loppunut hankkeen loputtua. Typen ja fosforin reduktioita on saatu aikaiseksi, mutta toisaalta myös ongelmia mm. rakenteiden tukkeutumista on ilmennyt. Rakenne on suunniteltava huolellisesti niin biohiilen laadun valinnan, rakenteen huollettavuuden kuin esiselkeytsrakenteiden osalta.

Biohiilen käyttö kaivannaisteollisuudessa



- Kaivosten rikastushiekka- ja sivukivialueiden peittämisen tavoitteena on estää kaivannaisjätteiden mahdollisesti sisältämien sulfidien hapettuminen, valumavesien happamoituminen ja haitta-aineiden kulkeutuminen ympäristöön. Toisin sanoen hapen pääsy kasaan ja sade- ja valumavesien huuhtoutuminen kasasta ympäristöön tulisi estää mahdollisimman hyvin.
- Yleisin peittomateriaali on moreeni. Se ei ole yksinään optimaalinen peittomaa-aine tai kasvualusta alhaisen orgaanisen aineen pitoisuutensa vuoksi. Sen veden pidätyskyky ja ravinnepitoisuudet ovat heikot, jolloin kasvillisuuspeitteen muodostuminen vie aikaa ja alusta on herkkä eroosiolle.
- Nykyinen lainsäädäntö edellyttää sulfidipitoisille kaivannaisjätteille monikerroksista peittoa ja jätteen alapuolelle sijoitettua tiivistyskerrosta (esim. muovikalvo tai bentoniittimatto).
- Geologian tutkimuskeskuksen ja Luonnonvarakeskuksen Biopeitto-tutkimuksen (2020) alustavien tulosten mukaan, peittokerroksen eroosio vähenee ja kasvit menestyvät paremmin, kun kaivannaisjätealue peitetään kerroksella, johon on lisätty biohiiltä ja muita sivuvirtatuotteita kuten tuhkaa ja kompostia. Kasvit panostivat enemmän maanpäällisen osan kasvuun, mikä on kyseisillä alueilla suuri etu. Syvälle menevät juuret edesauttavat hapen ja veden pääsyä syviin kerroksiin, joka lisää haitallisten päästöjen riskiä. Myös sulfaattipitoisen suotoveden määrä vaikutti vähenevän.
- Tutkimus antoi viitteitä siitä, että biohiilen käyttö ehkäisisi metallien kertymistä kasvien pintaosiin. Tällä on merkitystä alueella laiduntavien porojen ravinnon kannalta.

GTK (2020). [Biopeitto](#)

3.3 Hiilensidonta



Biohiilen käyttö vapaaehtoisessa hiilimarkkinassa

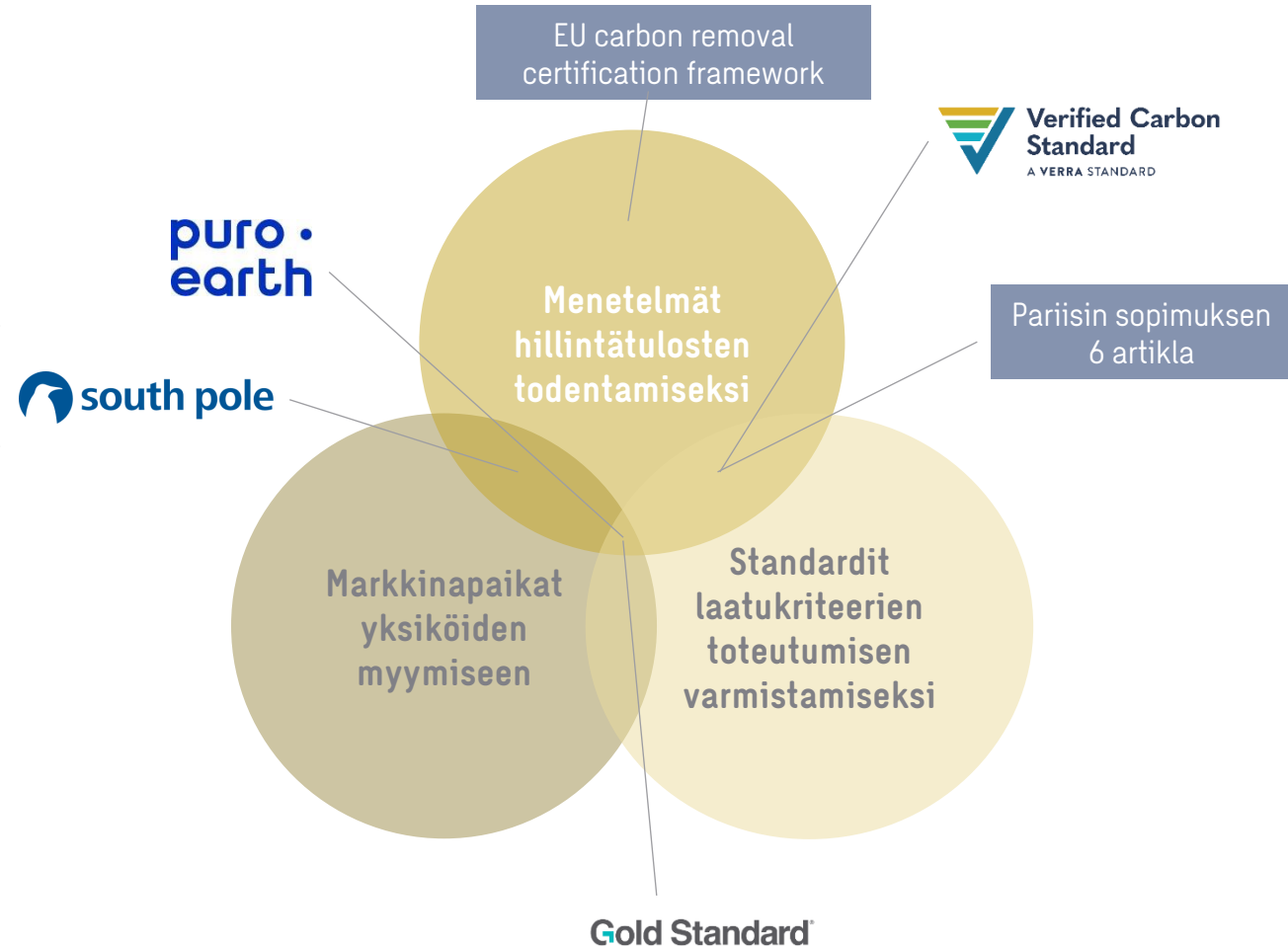
- Vapaaehtoiset hiilimarkkinat (Voluntary Carbon Market, VCM) koostuvat toimijoista jotka tuottavat sertifioituja **ilmastoyksiköitä** ja toimijoista jotka ostavat ja käyttävät ilmastoyksiköitä.
- Yritykset jotka ostavat vapaaehtoisilta hiilimarkkinoilta voivat käyttää ilmastoyksiköitä erilaisten ympäristöväättämien tekemiseen, kuten päästöjen **kumoamiseen**.
- Ilmastoyksikkö muodostuu kun **hillintätulos** eli päästövähennys tai hiilinielujen tai –varastojen lisääminen sertifioidaan jonkin sertifiointiohjelman kautta.
- **Yksi ilmastoyksikkö tarkoittaa 1 tonnia CO₂e.**
- Yhden tuotetun biohiilitonnin hiilensidontamäärä riippuu siitä kuinka paljon pysyvää hiiltä biohiili sisältää. Realistinen arvio yhden tuotetun biohiilitonnin sitomaksi hiilidioksidin määräksi on 2,8 tonnia.
- Ilmastoyksiköiden myyntiin liittyy merkittävää riskiä sillä standardin vaatimukset voivat muuttua ja siten standardointitahot eivät aina hyväksy toimijaa sertifioiduksi tahoksi.

Miten toimija pääsee ilmastoyksiköiden tarjoajaksi (esimerkki Puro.earth vaatimusten mukaan)

1. Valitse sertifiointiohjelma jonka ohjeita ja metodologioita noudatat tuotantoprosessia suunnitellessa
2. Luo jatkuvat käytännöt jotka tukevat ilmastoyksiköiden sertifiointia
3. Valmistelee tuotantolaitoksen auditointiin tarvittavat dokumentit, kuten elinkaariarviointi. Hanki ulkopuolinen auditointi
4. Kun laitos on käynnissä, huolehdi monitoroinnista ja raportoinnista. Toimija seuraa jatkuvasti hillintätuloksia ja raportoi niistä vuosittain
5. Kun standardointitaho esim. Puro.earth on hyväksynyt tarvittavat dokumentit, toimija voi myydä sertifioituja ilmastoyksiköitä

Markkinatoimijat

- Hankkeen omistaja/kehittäjä voi myydä ilmastoyksiköitä suoraan välittäjän (esim. Nordic Offset) tai markkinapaikan (esim. Puro.Earth) kautta.
- Jotkut standardit omistavat myös markkinapaikkoja ilmastoyksiköiden myymiseksi.
- Käytännössä hiilimarkkinoiden toimijoilla on useita rooleja hankkeiden kehittämisestä menetelmien luomiseen, hankkeiden todentamiseen ja ilmastoyksiköiden myyntiin.
- **Vapaaehtoiset hiilimarkkinat ovat tällä hetkellä vahvassa murrosvaiheessa.** Muun muassa EU on kehittänyt oman hiilen poistojen sertifiointiasetuksen, jonka voidaan olettaa muodostuvan tärkeäksi ainakin Euroopassa.
- Yhtenäisempi markkina toisi varmuutta investointeihin biohiilen tuotantolaitoksille.



Vaatimukset ilmastoyksiköille ja biohiilelle

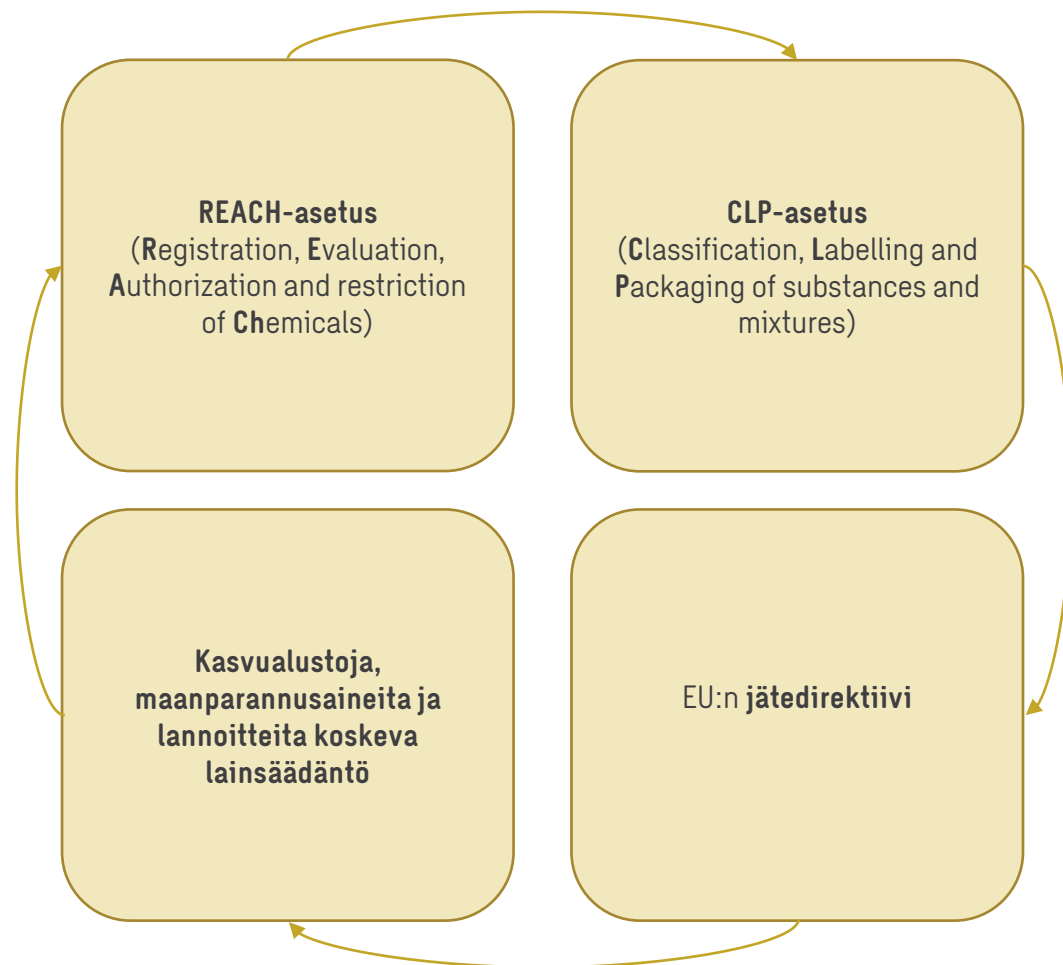
- Ilmastoyksiköiden laatu varmistetaan kansainvälisesti vakiintuneilla minimikriteereillä. Näitä ovat mm.
 - **Lisäisyys:** Hillintätulos on lisäinen perusuraan verrattuna eli se ei toteutuisi ilman yksiköiden oston kautta tapahtuvaa toimen tukemista ja myyntituloja. Laissa vaaditut tai valtion politiikkatoimien tuottamat/kannustamat hillintätoimet eivät ole lisäisiä.
 - **Pysyvyys:** Päästövähennyksen tai hiilinielun pitäisi olla mahdollisimman pysyvä, lähtökohtaisesti vähintään 100 vuotta. Maankäyttösektorilla osa hanketyypeistä on lyhyempikestoisia, jolloin tulisi huomioida “puskuri”. Käytettävä sertifiointiohjelma määrittelee vähimmäispysyvyyden kullekin hillintätoimityypille.
 - **Kaksoislaskennan välttäminen:** Samaa hillintätulosta ei tule myydä tai kreditoida useampaan kertaan eikä sitä tulisi hyväksilukea useaan eri tavoitteeseen (esim. valtion sekä toimijan ilmastotavoite).

Laatuvaatimukset biohiilelle (esimerkki Puro.earth mukaan)

- Biohiilen käyttökohteen tulee säilyttää sitoutunut hiili ja sen tulee olla valmistettu **kestävästä biomassasta**
- Jos biohiiltä käytetään maanparannuksessa, sen tulee täyttää **alueelliset laatuvaatimukset** esimerkiksi raskasmetalli- ja aromaattisten hiilivetyjen (PAH) pitoisuudelle
- Prosessissa syntyvät **pyrolyysikaasut tulee hyödyntää** tai polttaa metaanipäästöjen välttämiseksi
- Biohiilen **pysyvyyden varmistamiseksi molaarinen H/C_{org} –suhde tulee olla alle 0,7**
- Biohiilen **nettovaikutus** tulee osoittaa elinkaariarvioinnilla ISO 14040 standardin mukaan

4 Oikeudelliset ja normatiiviset vaatimukset

Oikeudelliset ja normatiiviset vaatimukset



- Biohiili luokitellaan EU-lainsäädännössä kemikaaliksi, joten myyntiin menevä biohiili on rekisteröitävä **REACH-asetuksen** mukaisesti. Asetuksessa säädetään kemikaalien rekisteröinnistä, arvioinnista, lupamenettelyistä ja rajoituksista sekä tiedottamisesta arvoketjuissa.
 - Koksi on vapautettu tästä rekisteröintivelvoitteesta
- **CLP-asetus** sisältää säännöt kemikaalien luokituksista, merkinnöistä ja pakkaamisesta. Asetuksella edistetään turvallisuutta antamalla tietoa kemikaalien mahdollisista vaaroista ja siitä miten niitä tulisi käsitellä ja varastoida.
- **Jätedirektiivin** mukaisesti biohiilen status riippuu käytettävästä raaka-aineesta. Toisin sanoen jos raaka-aine on selvästi jätettä, esim. käsittelemätöntä jätevesilietettä, luokitellaan biohiili jätedirektiivin alaiseksi. Mikäli raaka-aine on jokin orgaaninen raaka-aine, kuten metsäalan tai energiateollisuuden hukka-/sivutuotteet, on biohiilen status tapauskohtainen.
- Mikäli biohiiltä hyödynnetään esim. maanparannusaineena valmisteiden on oltava **kansallisen lainsäädännön** tai **EU-lainsäädännön** vaatimusten mukainen. Sekä kansallisessa että EU-lainsäädännössä määritellään lannoitevalmisteiden sisältämille haitallisille aineille (raskasmetallit) suurimmat sallitut enimmäispitoisuudet. Lainsäädäntö on koostettu valvovan viranomaisen, [Ruokaviraston](#), nettisivuille.
 - EU:n lannoitelainsäädännön säännöt ovat tulleet voimaan heinäkuussa 2022 sovellettavaksi biohiillelle → Biohiili luokitellaan turvallisiksi ja sallituksi materiaaliksi lannoitevalmisteissa.

Biohiili osana kasvualustaa / ajankohtaista lannoiteasetuksesta



- Maa- ja metsätalousministeriön asetus lannoitevalmisteista 964/2023.
 - Säätelee mm. kasvulustojen ja maanparannusvalmisteiden laatu- ja käsittelyvaatimuksia, tuotantoa ja käyttöä.
- "AINESOSALUOKKA 9. PYROLYYSIHIILI
 - Lannoitevalmiste voi sisältää pyrolyysissa tai kaasutuksessa muodostuvia materiaaleja, jotka on saatu termokemiallisella konversiolla olosuhteissa, joissa hapen määrää on rajoitettu, yhdestä tai useammasta syötemateriaaleista, jotka sisältyvät Ruokaviraston ylläpitämään ainesosaluetteloon.
 - Termokemiallisen konversioprosessin on tapahduttava olosuhteissa, joissa hapen määrää on rajoitettu, siten, että lämpötila reaktorissa nostetaan kasvibiomassalla vähintään 180 celsiusasteeseen vähintään kahdeksi sekunniksi. Jos prosessissa käytetään materiaalina jätevesilietettä, lämpötila reaktorissa nostetaan vähintään 500 celsiusasteeseen vähintään viideksi minuutiksi.
 - Pyrolyysissa ja kaasutuksessa muodostuvien materiaalien moolisuhteen on oltava sellainen, että vedyn suhde orgaaniseen hiileen on alle 0,7, ja testit sen toteamiseksi on tehtävä sellaisten materiaalien vedettömälle ja tuh kattomalle osuudelle, joiden koostumuksesta alle 50 prosenttia on orgaanista hiiltä. Niissä saa olla enintään 6 milligrammaa PAH16-yhdisteitä kilogrammassa kuiva-ainetta."

Biohiilen vapaaehtoiset sertifiointiohjelmat

EBC:

Eurooppalainen Biohiilisertifiointi (European Biochar Certificate) on vapaaehtoinen standardi biohiilen laadulle ja tuotannolle Euroopassa. Sertifikaatin tarkoituksena on varmistaa, että biohiili on tuotettu kestävästi ja noudattaen sääntöjä, jotka koskevat esim. raaka-aineita ja tuotteen ominaisuuksia. Biohiilimarkkinoiden kehittymiselle sertifiointi on tärkeä työkalu, sillä se edistää luottamusta tuotteeseen ja voi avata tuottajille pääsyn laajemmille markkinoille.

[The European Biochar Certificate \(EBC\)](#)

IBI:

Kansainvälinen International Biochar Initiative sertifiointiohjelma on tarkoitettu maaperäkäyttöön. IBI-sertifiointi perustuu standardiin, joka sisältää määritelmiä ja testausohjeita laadukkaalle biohiilelle. Standardit auttavat sidosryhmiä ja kaupallisia toimijoita tunnistamaan sekä varmistamaan biohiilen laatuvaatimukset. Sertifiointijärjestelmä kategorisoi biohiilen erilaisiin testiluokkiin:

Perusominaisuudet (luokka A) on pakollinen kaikille biohiilille. Lisäksi ovat myrkyllisten aineiden arviointi (luokka B) ja kehittyneiden analyysien ja maaperää parantavien ominaisuuksien arviointi (luokka C).

[International Biochar Initiative](#)

Biohiilen laatu

- Biohiilen laadusta puhuttaessa tarkastellaan yleensä kahta seikkaa: **turvallisuus ympäristölle** ja **teho käyttökohteessa**.
- Suomen biohiiliyhdistys (SBY) laati hankintaoppaan vuonna 2020, josta löytyi turvallisuuden kannalta olennaisia ohjeita mittaviin biohiilihankintoihin. Ohjeessa huomioitiin biohiilen laatu ja huomioitavat seikat laadun arvioinnista kilpailutusten yhteydessä. SBY yhdistyi Bioenergia ry:hyn vuoden 2022 alusta.
- EBC-sertifikaattien kuusi eri laatuluokkaa on sovitettu käyttökohdetta koskevaan EU-tason lainsäädäntöön. EBC:n ohjeissa on kuvattu Euroopassa yleisesti käytetyt biohiilen laatuksiteerit, sekä Euroopassa hyväksytyt raaka-aineet.
 - Viereisessä taulukossa on kuvattuna tärkeimmät parametrit EBC-laatuiluokkien mukaisille biohiilille.
- Biohiilen tehoa määriteltäessä, on tiedettävä mitä vaikutuksia biohiileltä edellytetään:
 - Maanparannuksessa toimivat kaikki EBC-laadun mukaiset biohiilet. Tarvittaessa lannoitusvaikutusten lisäämiseksi biohiili voidaan ladata ravinteilla ja hyödyllisillä mikrobeilla.
 - Hulevesien suodatuksessa biohiileltä vaaditaan korkeaa ominaispinta-alaa, mutta ravinteita ei ole tarkoituksenmukaista hyödyntää tässä käyttökohteessa.
- Hiilensidonnan osalta hyvä laatu määritellään alkuainehiilen pitoisuuden, raaka-aineen tuotannon ja kuljetuksen sekä pyrolyysimenetelmän kautta. Ilmaston kannalta myönteisin vaikutus saadaan biohiilestä, joka on tuotettu biomassojen sivuvirroista lähellä käyttöpaikkaa tuotetusta biohiilestä.

Viherympäristöliiton Viheropas ladattavissa [täältä](#)

EBC -Certification Class		EBC-Feed	EBC-AgroOrganic	EBC-Agro	EBC-Urban	EBC-ConsumerMaterials	EBC-BasicMaterials
Elemental analysis	Declaration of Ctot, Corg, H, N, O, S, ash						
	H/Corg	< 0.7					
Physical parameters	Water content, dry matter (@ < 3mm particle size), bulk density (TS), WHC, pH, salt content, electrical conductivity of the solid biochar						
TGA	Needs to be presented for the first production batch of a pyrolysis unit						
Nutrients	Declaration of N, P, K, Mg, Ca, Fe						
Heavy metals	Pb	10 g t ⁻¹ (88%DM)	45 g t ⁻¹ DM	120 g t ⁻¹ DM	120 g t ⁻¹ DM	120 g t ⁻¹ DM	declaration, no limit values for certification
	Cd	0.8 g t ⁻¹ (88% DM)	0.7 g t ⁻¹ DM	1,5 g t ⁻¹ DM	1,5 g t ⁻¹ DM	1,5 g t ⁻¹ DM	
	Cu	70 g t ⁻¹ DM	70 g t ⁻¹ DM	100 g t ⁻¹ DM	100 g t ⁻¹ DM	100 g t ⁻¹ DM	
	Ni	25 g t ⁻¹ DM	25 g t ⁻¹ DM	50 g t ⁻¹ DM	50 g t ⁻¹ DM	50 g t ⁻¹ DM	
	Hg	0.1 g t ⁻¹ (88% DM)	0.4 g t ⁻¹ DM	1 g t ⁻¹ DM	1 g t ⁻¹ DM	1 g t ⁻¹ DM	
	Zn	200 g t ⁻¹ DM	200 g t ⁻¹ DM	400 g t ⁻¹ DM	400 g t ⁻¹ DM	400 g t ⁻¹ DM	
	Cr	70 g t ⁻¹ DM	70 g t ⁻¹ DM	90 g t ⁻¹ DM	90 g t ⁻¹ DM	90 g t ⁻¹ DM	
	As	2 g t ⁻¹ (88% DM)	13 g t ⁻¹ DM	13 g t ⁻¹ DM	13 g t ⁻¹ DM	13 g t ⁻¹ DM	
Organic contaminants	16 EPA PAH	declaration	4±2 g t ⁻¹ DM	6.0+2.2 g t ⁻¹ DM	declaration	declaration	not required
	8 EFSA PAH	1.0 g t ⁻¹ DM					4 g t ⁻¹ DM
	benzo[e]pyrene benzo[j]fluoranthene	< 1.0 g t ⁻¹ DM for each of both substances					
	PCB, PCDD/F	See chapter 10	Once per pyrolysis unit for the first production batch. For PCB: 0.2 mg kg ⁻¹ DM, for PCDD/F: 20 ng kg ⁻¹ (β-TEQ OMS), respectively				

Tab.1 Overview of the most important analytical parameters for EBC biochar

EBC (2012-2022)

5 Yhteenveto



Yhteenveto

Tämän selvityksen tavoitteena oli selvittää biohiilen tuotantomahdollisuuksia Lapissa. Selvityksessä listataan potentiaaliset syötteen biohiililaitokselle Lapin alueella ja kuvataan eri biohiilen tuotantomenetelmiä. Eri tuotantomenetelmistä on tehty esimerkki energia- ja massataseet sekä biohiilen valmistukselle pyrolyysillä tehtiin alustava investointi- ja käyttökustannusarvio. Tämän lisäksi tehtiin katsaus biohiilen tuotantolaitteistotoimittajiin, käsitellään biohiilen potentiaalisia käyttökohteita Lapissa ja kuvataan vapaaehtoisen hiilimarkkinan toimintamekanismit sekä oikeudellisia ja normatiivisia vaatimuksia biohiilelle.

Raportissa käsiteltyjä teknologioita ovat torrefiointi, pyrolyysi ja märkähiilto (HTC). Näiden lisäksi aktiivihiihen ja pyrolyysiöljyn tuotanto on kuvattu. Torrefiointi on biomassan mietoa pyrolysointia, jossa syöttestä hahtuu vesi ja helposti haihtuvat sidosaineet. Torrefioitujen hiilen käyttökohde on pääsääntöisesti energiantuotanto, jossa sillä voidaan korvata esimerkiksi kivihiiltä sementtituotannossa. Torrefiointilla biomassasta saadaan energiatiheämpää ja hydrofobista, joka alentaa polttoaineen kuljetuskustannuksia ja parantaa varastoitavuutta. Pyrolyysissä biomassaa pyrolysoidaan pidemmälle kuin torrefiointissa, jolloin tuotteeseen jää pääosin vain syötteen haihtumaton hiili ja tuhka. Biohiili on huokoista ja siinä oleva hiili on tyypillisesti pysyvässä muodossa. Pyrolyysillä valmistetusta biohiilestä voidaan jatkojalostaa aktiivihiihtä aktivoimalla hiili korkeassa lämpötilassa vesihöyryn avulla. Pyrolyysissä muodostuvasta pyrolyysikaasusta voidaan lauhduttaa pyrolyysiöljyä. Pyrolyysiöljyn saanto on suurimmillaan n. 500 °C:n lämpötilassa. Pyrolyysiöljy on hyvin heterogeeninen seos, jossa on tyypillisesti n. 20 % vettä. Se on myös epästabiilia, joka tekee siitä haastavan varastoida ja rajoittaa sen käyttöpotentiaalia. Märkähiilossa syöte pyrolysoidaan kuumassa vedessä n. 200 - 250 °C lämpötilassa. Syötteen soveltuvat hyvin lietemäiset syötteen. Märkähiiltoprosessissa muodostuva biohiili ei säily maaperässä, joten se ei sovellu hiilensidontaan.

DIGIPOLIS



LAPIN LIITTO



**Euroopan unionin
osarahoittama**

Yhteenvedo

Sopivan teknologian valinta riippuu halutusta käyttökohteesta ja käytettävissä olevasta syötteestä. Jos halutaan parantaa biomassan ominaisuuksia polttoaineena esimerkiksi kivihiilen korvaajaksi on soveltuva teknologia torrefiointi. Torrefiointi kuitenkin kuluttaa energiaa eli tuotteen energiasisältö on pienempi kuin syötteen. Maanparannukseen, hulevesisovelluksiin ja peittorakentamiseen soveltuvat sekä biohiili, että HTC-hiili. Jos samalla kuitenkin halutaan sitoa hiiltä maaperään pysyvästi sopiva teknologia on biohiilen valmistus pyrolyysillä. Saatavilla olevan syötteen ollessa lietemäistä soveltuva teknologia on märkähiiltoprosessi.

Selvityksessä tunnistettuja biohiilen käyttökohteita Lapissa ovat mm. fossiilisen koksen korvaaminen biokoksilla Outokummun terästuotannossa, biohiilen käyttö maanparannusaineena ja kasvualustoissa, biohiili hulevesien käsittelyssä ja biohiilen käyttö kaivannaisteollisuuden peittorakentamisessa.

Tässä selvityksessä pyrolyysistä tehtiin alustava investointi- ja käyttökustannusarvio biohiilen tuotantolaitokselle, jonka tuotantokapasiteetti on 6 500 t/a biohiiltä. Investointikustannukseksi arvioitiin noin 29 M€. Biohiilen lisäksi laitos tuottaisi noin 42 GWh lämpöä polttamalla prosessissa syntyvää pyrolyysikaasua. Laitoksen käyttökustannuksiksi arvioitiin noin 5,3 M€/a, josta valtaosa aiheutuu syötteenä käytettävästä metsähakkeesta. Tuotantokustannus biohiilelle olisi n. 1 250 €/t biohiiltä.

Markkinahinta-arvio biohiilelle on n. 700 – 3 000 €/t riippuen käyttökohteesta ja kenelle tuotetta myydään. Hinta-arvion yläpäässä ovat pakatut kasvualustat, jotka ovat suunnattu kuluttajille ja puutarhakäyttöön. Myös viherrakentamisen sovellutuksissa voi olla saatavissa hyvää hintaa biohiilelle esimerkiksi julkisissa hankkeissa, joissa on määritetty kiintiöt biohiilen käytölle. Teollisen mittakaavan käyttäjät, kuten terästuotanto ovat todennäköisesti valmiita maksamaan biohiilestä huomattavasti matalampaa hintaa (hinta-arviohaarukan alapää). Maataloudessa kannattavuustasot ovat matalat, joten biohiilen hinta maatalouden maanparannusaineena tulisi olla vielä huomattavasti matalampi markkinan kehittymiseksi.

DIGIPOLIS



LAPIN LIITTO



**Euroopan unionin
osarahoittama**

Yhteenveto

Biohiilen markkina- ja tuotantovolyyymi on tällä hetkellä pieni. Markkinan ja tuotannon kasvaessa suuremmaksi on odotettavissa, että biohiilen hinta laskee merkittävästi nykyisestä.

Selvityksessä kartoitettiin biohiilen valmistuksen laitetoimittajia. Biohiilen laitetoimittajia löytyy globaalisti useita. Biohiileen erikoistuneiden laitetoimittajien tuotantolaitteiden kapasiteetit ovat teolliseen mittakaavaan melko pieniä johtuen biohiilimarkkinan pienuudesta. Suuren mittakaavan laitostoimittajat ovat tyypillisesti toimijoita, joiden laitteisto on alun perin suunniteltu muihin käyttötarkoituksiin, mutta soveltuvat myös biohiilen tuotantoon.

Hiilensidonta markkina biohiilen tuotannossa perustuu tällä hetkellä vapaaehtoisiin hiilimarkkinoihin, jotka perustuvat eri toimijoiden sertifioituihin ilmastoyksiköihin. Hiilimarkkinassa on useita toimijoita ja sertifikaatteja. Yhtenäisempi hiilimarkkina toisi varmuutta biohiili-investointeihin vähentämällä sertifioinnin epävarmuuksia.



