



MAASEUTU 2020

Biohiili

Kestävämpää puutarhataloutta
biohiilen avulla

Annakaisa Elo - HAMK



Euroopan maaseudun
kehittämisen maatalousrahasto:
Eurooppa investoi maaseutualueisiin

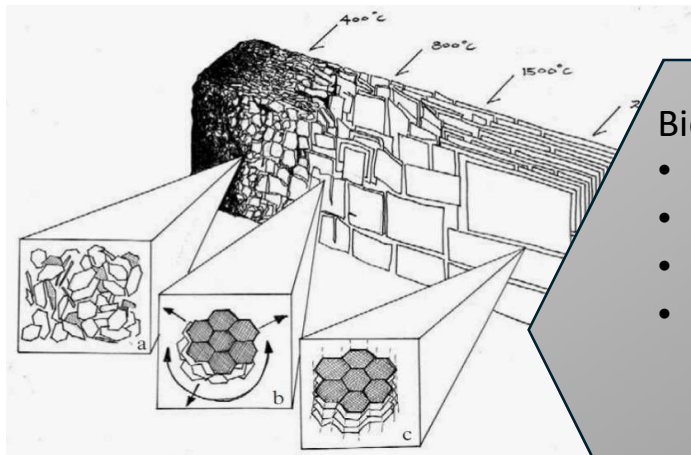


Mitä on biohiili

”Pyrolysoitu kiinteä aine, jota käytetään tavalla, joka sitoo hiiltä ilmakehästä ja jossain vaiheessa elinkaarta biohiili päättyy maanparannusaineeksi”, ei polteta energiaksi

Biohiili, biochar: maaperähiili, jossa biomassan *luonnollinen huokosrakenne* on säilynyt, tuotetaan hapettomissa oloissa pyrolyysissä eli kuivatislauksessa (300-800°C).

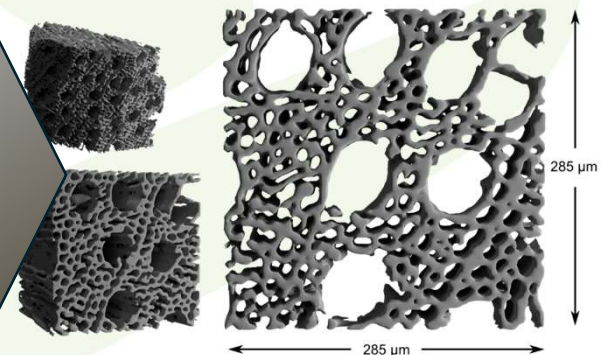
Sivutuotteena saadaan puutislettä (wood vinegar), pyrolyysiöljyä, synteetikaasuja ja lämpöenergiaa



Biohiilen muodostuminen pyrolyysiprosessin aikana (Lehmann et Joseph 2015)

Biohiilen ominaisuuksia ovat mm:

- korkea hiilipitoisuus
- kemiallisesti pysyvä rakenne
- pinta-aktiivisuus, CEC
- kevyt ja erittäin huokoinen rakenne;
 - huokospinta-ala 500 - 800 m²/g = grammassa biohiiltä tenniskentän verran aktiivista pinta-alaa.

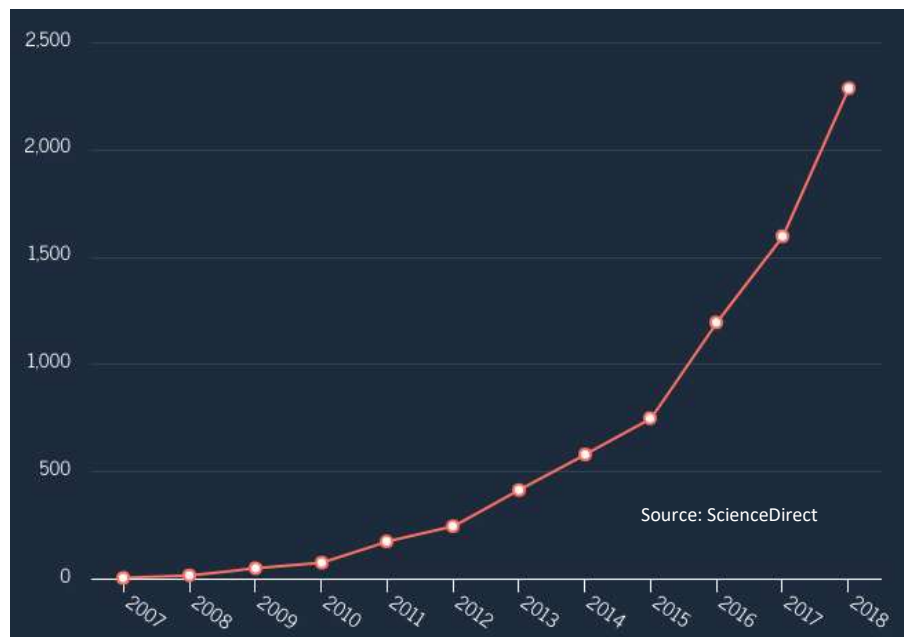


Kuva: Jari Hyväluoma

Lisää mm. https://www.hamk.fi/wp-content/uploads/2018/08/Tietokortit_biohiili_final.pdf

Mitä on biohiili

- Ymmärrys biohiilestä lisääntyy huimaa vauhtia, tutkimuksia julkaistaan tällä hetkellä 3 kpl/vrk...



Tällä hetkellä 8709 artikkelia hakusanalla
"Biochar" (12.03.19)

Year	Nr of publications
2007	4
2008	15
2009	48
2010	74
2011	173
2012	244
2013	413
2014	578
2015	747
2016	1194
2017	1595
2018	2284
2019	1350

Biohiilen sovelluksia ja käyttökohteita

Ainakin 52 tunnistettua käyttökohdetta

Ympäristön hoito

Kasvihuonekaasut

Ravinnekierto

Vesien puhdistus

Hulevedet

Maaperän hoito

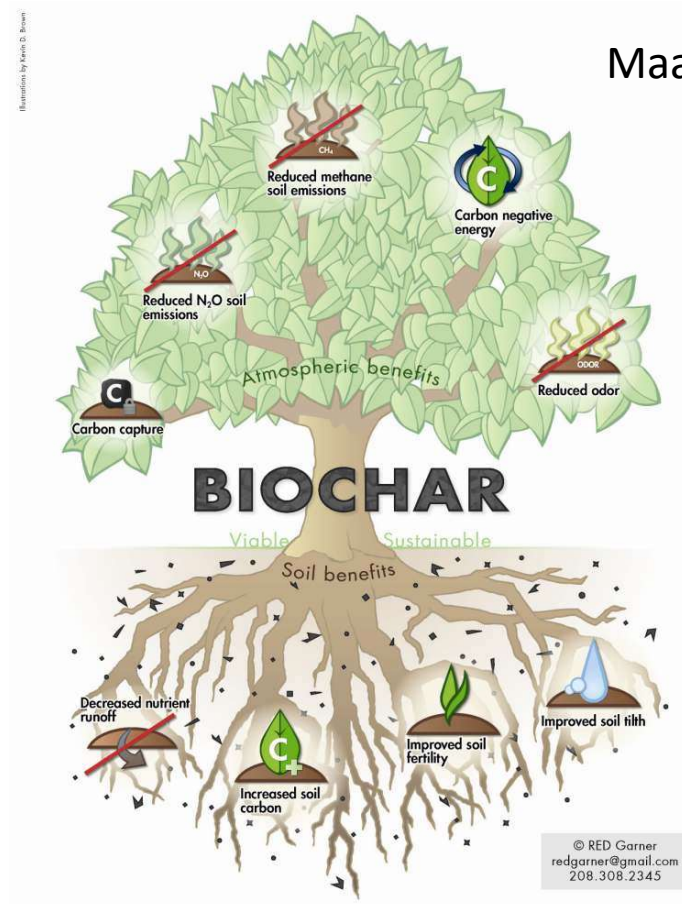
Viherrakentaminen

Pilaantuneet maa-alueet

Komposti

Biokaasun tuotanto

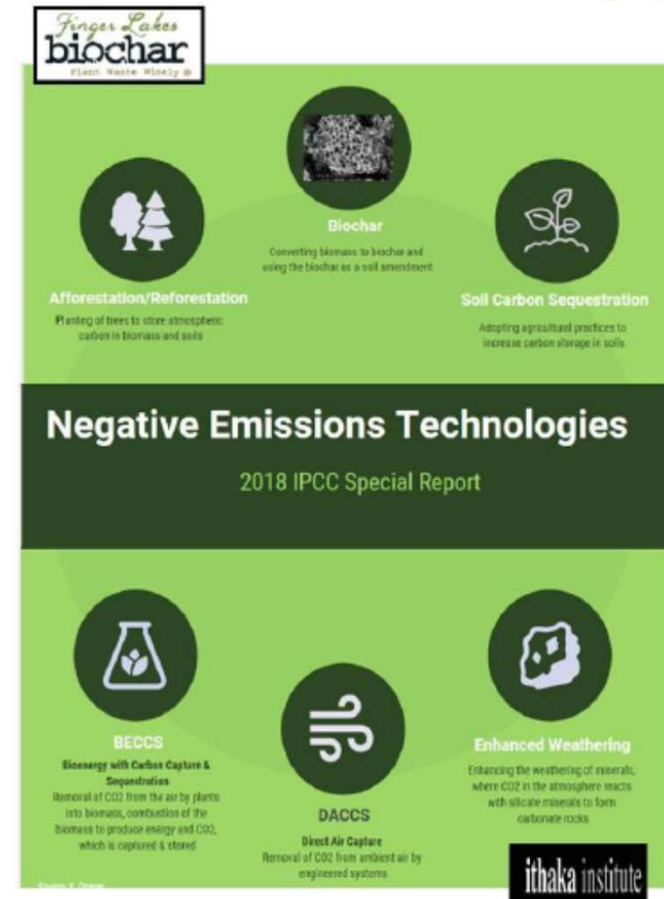
Rehukomponentti



Tutkimuksen painopiste siirtymässä maaperä- ja kasvuaikutuksista hiilen sidontaan

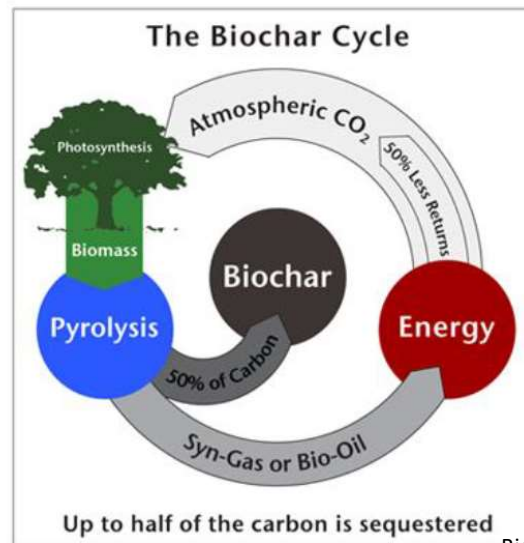
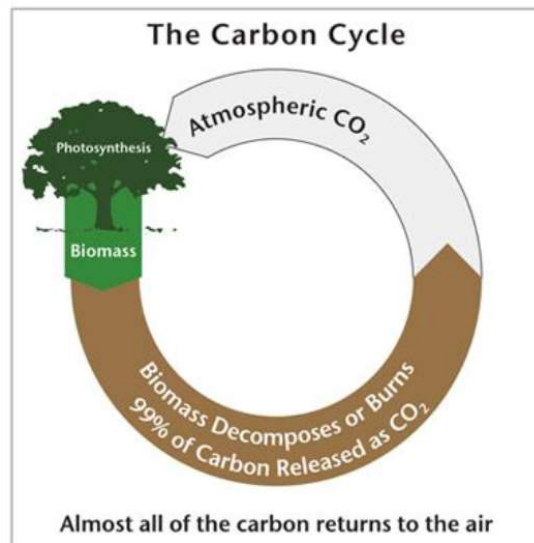
Biohiili sitoo ilmastohiiltä (maaperään)

- Biohiili on tunnustettu erääksi keinoksi (NET) ilmastonmuutosta vastaan (IPPC, hallitusten välinen ilmastopaneeli)
- Biohiili tunnustetusti tehokas keino siirtää ilmastohiiltä maaperään.
- Biohiili pysyy maaperässä hajoamatta satoja- tuhansia vuosia
- Biohiilen tuotannossa syntyvä energia hiilinegatiivista vrt. bioenergia muuten hiilineutraalia.



Miksi biohiili kiinnostaa?

Biohiili on (pysyvä) hiilinielu



Biochar-US.org

Avainsanat:

- Ilmastonmuutos
- Hiilineutraalius
- Maaperähiili
- Ravinnekierto
- Kansalaistoimet
- Hiilikompensaatio
- Carbon credit

- Bioenergia = hiilineutraali
- Biohiili (pyrolyysi) = hiilinegatiivinen
- **1 tn biohiiltä = 3,5 tn CO₂**
- Tulevaisuuden päästökauppatuote?
- Pariisin ilmastopöytäkirja, YK:n COP24 ilmastokokous



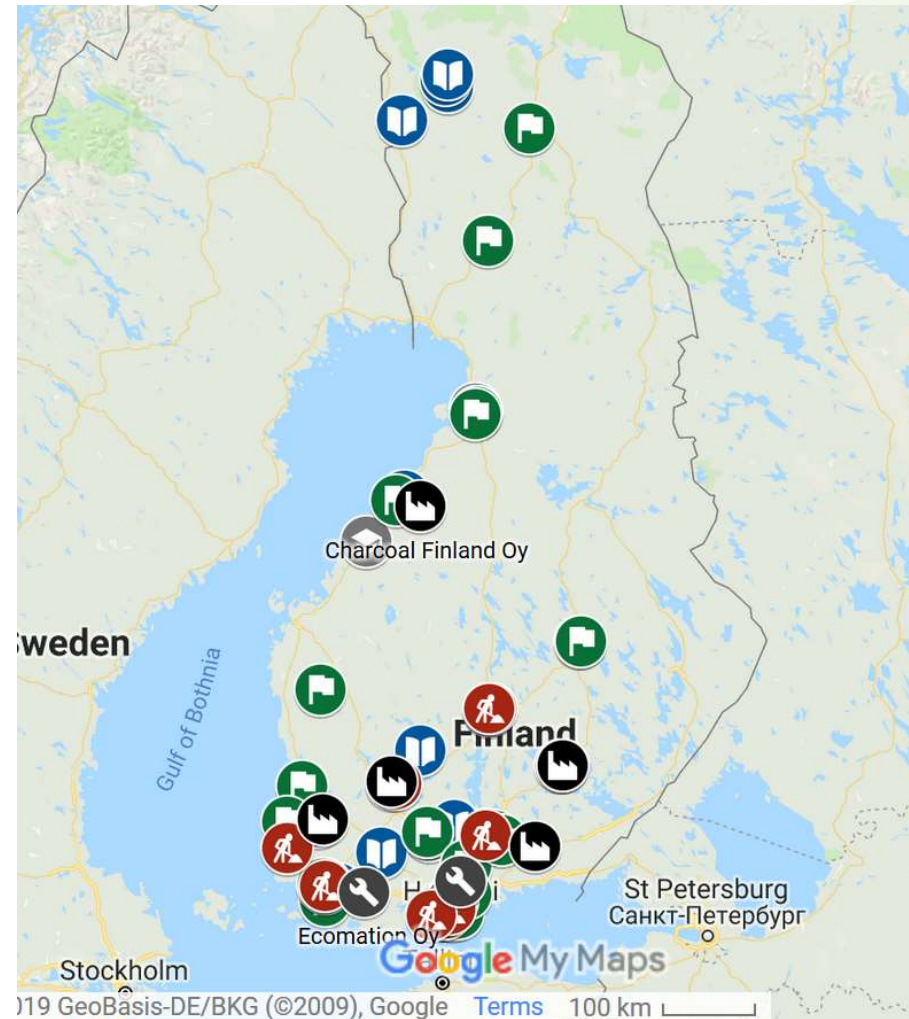
COP24 KATOWICE 2018
UNITED NATIONS CLIMATE CHANGE CONFERENCE

Biohiilitutkimus ja sovellukset Suomessa

Suomen biohiilikartta:

<https://www.suomenbiohiili.fi/biohiilikartta/>

Salo, E., Riikonen, A., Tammeorg, P. & Elo, A. (2018). Map of biochar activities in Finland. Finnish Biochar Association



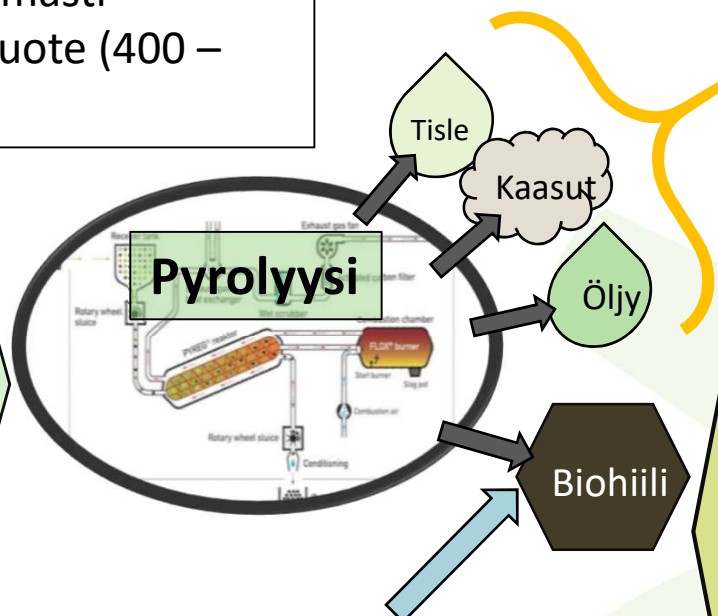
Biohiilen tuotannolla arvoa jäte- ja sivuvirtabiomassoille

- Tuotanto on skaalautuvaa (mobiilit ja kiinteät pyrolyysilaitteet):
 - kotitalous/maatilamittakaava vs. teollinen mittakaava
- Tuotantoprosessin tuottama energia ja lämpö voidaan hyödyntää yksittäisessä kohteessa tai ohjata kunnalliseen kaukolämpöverkkoon (Combined Heat and Power CHP)
- Pyrolyysi tuottaa synteesikaasua (syngas), jota voidaan käyttää energian tuotannossa.
- Pyrolyysi tuottaa myös energiapitoista bioöljyä
- Orgaanisia sivu/jätevirtoja (myös esim yhdyskuntalietteet, autonrenkaat) voidaan pyrolysoida, jolloin säästetään jätteenkäsittelymaksuissa tai vältetään jätteen polttamiselta → Vähemmän jätettä = vähemmän CO₂ ja metaanikaasua.
- Pyrolysointi muuttaa jätteen arvokkaaksi raaka-aineeksi, tuo lisäarvoa “arvottomiin” tai lisäkustannuksia tuottaviin jäte- tai sivuvirtoihin. Biohiilen tai sen raaka-aineen tuotanto ja myynti voi tuoda lisätuloja maa- ja metsätalouteen. “From waste to value”
- Biohiilen tuotannon avulla voidaan tehdä hiilipäästökauppaa, hiilinielu
- (Lähde US Biochar initiative)

Biohiilen tuotannolla arvoa sivuvirroille

- Tuotannon raaka-aineiksi soveltuvat monenlaiset biomassat (sivuvirrat ja jätteet), "From Waste to Value",
- Pyrolyysituotteilla liki rajattomasti sovelluksia; biohiili arvokas tuote (400 – 600 €/m³)

- Puu (myös purku/jäte)
- Puutarhajäte
- Viljan, pähkinäkuori
- Olki ym. maatalousjäte
- Lietteet ja lannat
- Paperi/selluteollisuuden sivuvirrat, O-kuitu jne.



- Energian tuotanto ja varastointi
- Biojalostustuotteet
- Pestisidit

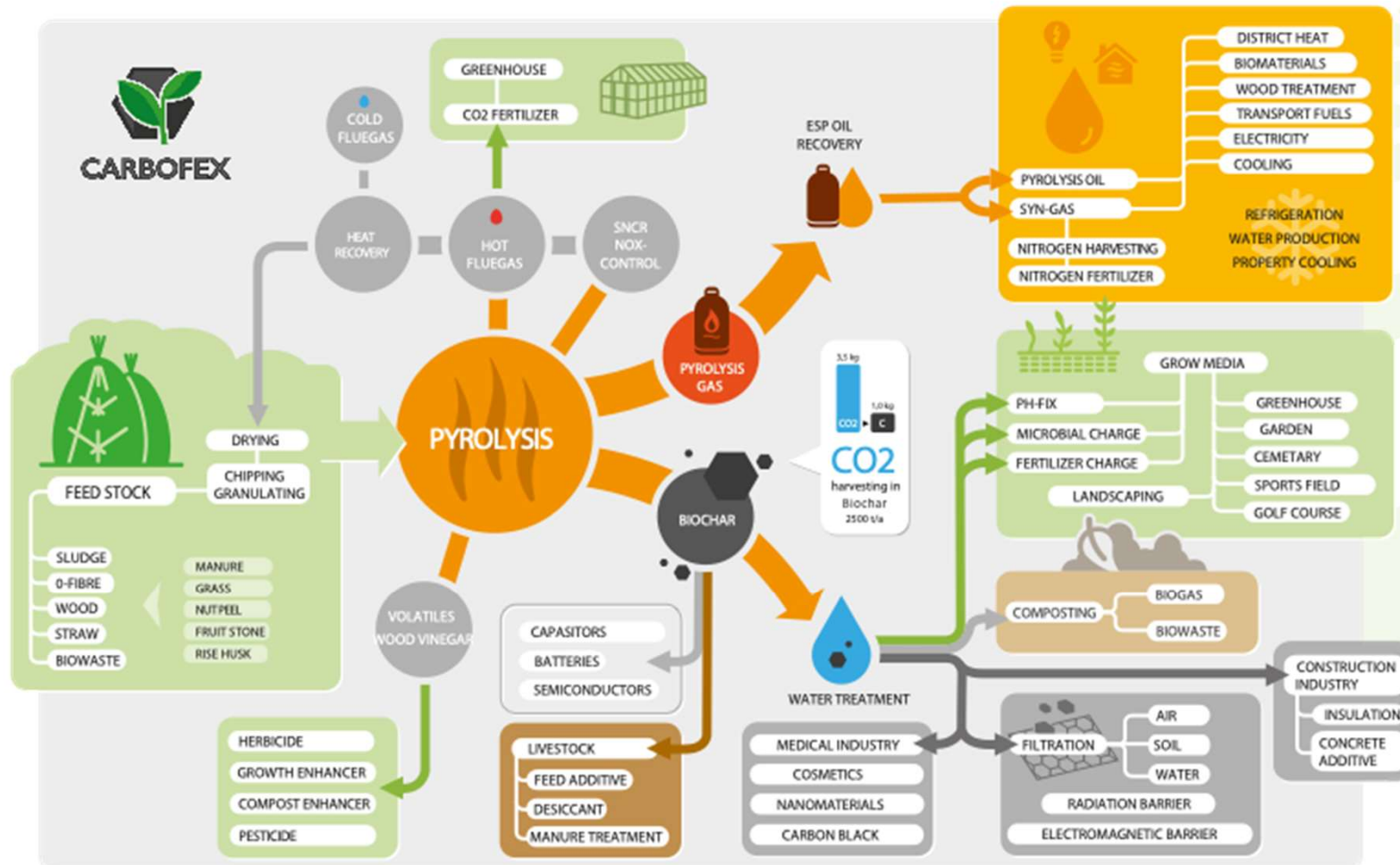
Ravinneaktiointi:

- Suotovedet
- Virtsa
- Elintarviketehtaiden jätevedet
- Biokaasutuotannon rejektivesi

- Maaperänparannus, kasvualustat
- Suodatus: vedet ja kaasut
- Pilaantuneiden maiden ja vesien puhdistus
- Kompostointi
- Biokaasuntuotanto
- Rehulisäaine
- Kuivikkeet (eläinsuojat)
- Kosmetiikka
- Rakennusmateriaalit

Tuotanto

Carbofex Biorefinery solutions and Biochar products



Biohiilen käyttökohteita

- **Alunperin maanparantamiseen peltomailla**
 - Käytännössä liian kallista peltoviljelyyn (viljat ym. “bulkkisatokasvit”)
- **Viherrakentaminen**
 - Rakennettujen ympäristöjen maisemointi
 - Viherkatot ja kadunvarsien istutukset, maisemointikohteet tieluiskat, liikenneympyrät
 - Parantaa kasvien elinolosuhteita haastavissa ympäristöissä
 - Vähentää maaperän tiivistymistä
 - Sitoo haitta-aineita (esim. hulevesistä)
- **Kasvualustat (ruukut, rajatut kasvualustat, erikoiskasvit)**
 - Ruukkukasvit ja ruukkupuutarhat
 - Kattopuutarhat, kerrosviljely, viherseinät
 - Kotipuutarhat
 - Erikoisviljely
- **Käytöstä poistettujen kaivosalueiden maisemointi**
- **Aavikoiden metsitys**

Biohiili kasvualustoissa (puutarhatuotanto)

- Herättänyt maailmalla enenevää mielenkiintoa
- Perusteina parantunut vastustuskyky kasvitaudeille, ravinteidenpidätyskyky, vedenpidätyskyky, parantunut juuristoterveys, parantunut juurten muodostus (taimituotanto)
- *Turpeen ja kivivillan korvaaminen kasvualustoissa*
- Toisaalta myös potentiaalisia negatiivisia vaikutuksia:
 - Korkea pH, useimmiten puusta tuotetun biohiilen pH on n. 9 – 10.5
 - vaikuttaa ravinteiden liukoisuuteen
 - toisaalta neutraloi turpeen pH:n
 - Korkea suolapitoisuus (riippuu lähtömateriaalista)
 - Voi sisältää fytotoksisia yhdisteitä; riippuu lähtömateriaalista ja pyrolyysiolosuhteista
 - Standardoidut biohiilet (esim EBC-sertifiointi), tutkittu laatu
- Ristiriitaisia tutkimustuloksia kasvatuskokeista
 - **Biohiilen laatu tärkeää: biohiili ≠ biohiili**
- Tutkimusta ei ole vielä tarpeeksi, varsinkaan pitkäaikaista
- Biohiilen hinta vs. hyödyt
- Sivutuotetta ”puuetikkaa” voidaan käyttää luonnonmukaisena pestisidinä, tai kasvatusalustojen sterilointiin, REACH hyväksyntä?

Biohiili kasvihuonekasvualustoissa

- Turpeen ja kivivillan korvaajana
 - Turpeen käyttöä ei pidetä ilmaston kannalta kestäväenä
 - Turvetta käytetään maailmalla arvioilta 40 000 000 m³/vuosi
 - Myös vermikuliittia ja perliittiä voidaan korvata biohiilellä
 - Hollanti edelläkävijämaa, halu ja painostus päästä eroon turpeen käytöstä
- Testattu 5 – 50 % (jopa 100%) biohiilipitoisuuksia kasvualustaseoksissa useilla kasvilajeilla
 - pH:n säätö tärkeää
 - Toistaiseksi aika vähän käyttökokemusta, kuitenkin pidetään tulevaisuudessa erittäin lupaavana

Biochar (%)	Substrate and Feedstock of biochar	Process conditions	Bulk density (g cm ⁻³)	pH	EC (mS cm ⁻¹)	Total porosity (%)	Biomass yield (% of peat control)	Ref.		
0	100% Peat Biochar greenwaste	160–220 °C 20 min	0.30 b	6.22 c	0.67 c	67.4 a	<i>Calathea rodundifolia</i> 100 b	Tian <i>et al.</i> (2012)		
50	Biochar Greenwaste		0.37 ab	7.11 b	0.73 b	57.2 ab	122 a			
100			0.44 a	7.95 a	0.92 a	48.9 b	75 c			
0	50% Vermiculite 50% Peat	80 min	0.13	5.1	1.63	91.2	<i>Tagetes erecta</i> 100 ab	Vaughn <i>et al.</i> (2013)		
5	50% Vermiculite		0.15	5.4	1.69	89.4	88 b			
10	35–45% Peat		0.16	5.5	1.71	87.7	96 ab			
15	5–15% Biochar from Hard wood pellets		0.17	5.6	1.75	87.6	98 ab			
5	50% Vermiculite		0.14	5.4	1.72	90.4	107 ab			
10	35–45% Peat	180 min	0.15	5.6	1.81	92.5	115 a			
15	5–15% Biochar from Wheat straw		0.15	5.8	1.90	89.8	109 ab			
0	100% Peat	600 °C 60 min		4.5	0.63		<i>Helianthus annuus</i> 100	Steiner, Harttung (2014)		
25	Biochar from wood without bark			4.8	0.47		6			
50				5.0	0.45		81			
75				6.3	0.35		90			
100				9.0	0.61		72			

(Kern ym 2017).



Kuvat: Sampo Tukiainen

Biohiiltä kasvihuonesivuvirroista

- Puutarhasivuvirtojen käyttöä biohiilen valmistuksessa on tutkittu mm. Wageningenin yliopistossa

- Perspectives for the use of biochar in horticulture Chris Blok, Inge Regelink, Jantineke Hofl and-Zijlstra, Marta Streminska, Report GTB-1388
- Chris Blok 1,*, Lydia Fryda 3 and Rianne Visser: Biochar for Horticultural Rooting Media Improvement: Evaluation of Biochar from Gasification and Slow Pyrolysis

Overview of the biochars produced by ECN and pyrolysis conditions.

Number	Code	Biomass	Additives	Temp.	Remarks
1	Beech/ Tomato	80% beech wood + 20% tomato leaves	5% kaolin	670	
2	Wood/ Tomato	80% wood (Purmerend) + 20% tomato leaves	5% kaolin	670	
3	Wood chips -1	Wood cuttings from stadsbosbeheer Purmerend (Batch voorjaar 2015)		670	
4	Paprika waste (650)	Residues from paprika (Spain)		670	
5	Paprika waste (750)	Residues from paprika (Spain)		750	
6	Wood chips -2	Wood cuttings from stadsbosbeheer Purmerend (delivered in July, 2015)		670	Used in greenhouse experiment
7	Wood chips -3	Same feedstock as biochar 5, but processing conditions are optimised to remove dust (delivered in August, 2015)		670	
8	Beech	Beech wood chips			Used in climate chamber experiment

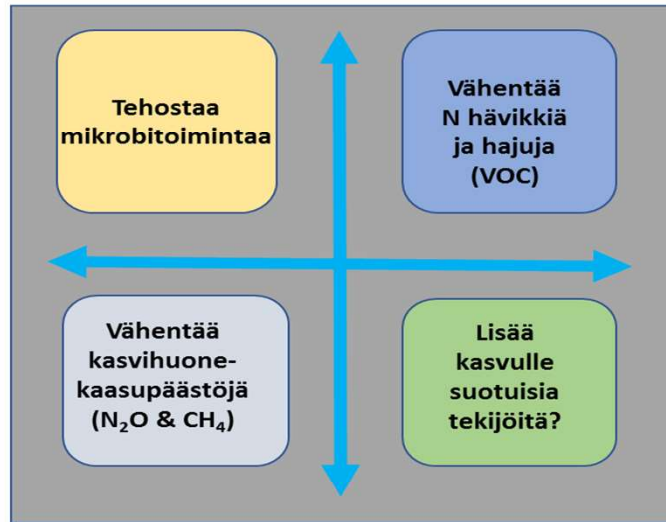
Biohiiltä kasvihuonesivuvirroista

- Wageningenin yliopiston kokeet tomaatti- ja paprikasivuvirroista tehdyillä biohiilillä tai näiden lisäyksellä biohiileen ei ollut kovin positiivisia vaikutuksia:
 - Korkea pH (11-12) ja korkea suolapitoisuus (6.8–13 mS/cm)
 - Kasveille haitallisia mineraaleja ym. Na, Cl, SO₄ ja HCO₃
- Biohiilellä puskuri/neutralointikyky. Sekoitettaessa turpeeseen saatiin neutraali pH (7) sekoitussuhteella 1:3 tai 1:4 (tämä havaittu myös muualla)
- Tässä tehtiin kasvatuskokeet vain puubiohiilellä (pyökki), eikä lainkaan sivuvirtahiilillä tai niiden seoksilla. Katsottiin, että ne ovat sopimattomia kasvualustaan suolapitoisuutensa vuoksi

Johtopäätöksiä:

- Olisivatko esimerkiksi kompostointi tai mädätys pyrolyysiä parempia menetelmiä kasvihuoneen sivuvirtojen käsittelyyn?
 - Kasvihuonesivuvirrat myös vesipitoisia, kuivaus? Ihannekosteus pyrolyysissä n < 20 %
 - Biohiiltä voidaan käyttää mukana kompostoinnissa tai mädätyksessä
- **Toisaalta biohiilellä useita muitakin käyttökohteita kuin kasvihuonekasvualustat!**
- **Muut sivuvirrat sopivampia (kuoret, oksat, oljet tms)**

Biohiili kompostoinnissa



- Biohiili on osoittautunut erinomaiseksi kompostin apuaineeksi:
 - Biohiili tehostaa kompostin vedenpidätyskykyä ja estää kuivumista
 - Lisää huokoisuuden kautta kompostin ilmastumista
 - Toimii täyteaineena ja alentaa kompostin tiheyttä
 - Toimii mikrobien elinympäristönä
 - Sitoo ravinteita ja tasaa C/N suhdetta
 - Toimii puskurina ja tasapainottaa pH:ta
 - Keskimäärin 90% vähennys CH₄ päästöissä
 - Parantaa typen kiertoa kompostissa, N₂O päästöt vähenevät, vähentää yleensäkin typpihävikkiä
 - Biohiilen avulla tuotetun kompostin kationinvaihtokyky (CEC) sekä mikrobien määrä ja niiden laatusuhde on parempi
-
- Yksinkertainen ja tehokas tapa rikastaa tai aktivoida biohiili
 - Parempilaatuinen kompostituote
 - Saatu jopa 360 % kasvunlisäyksiä biohiilikompostilla (mm Kamman et al 2015)

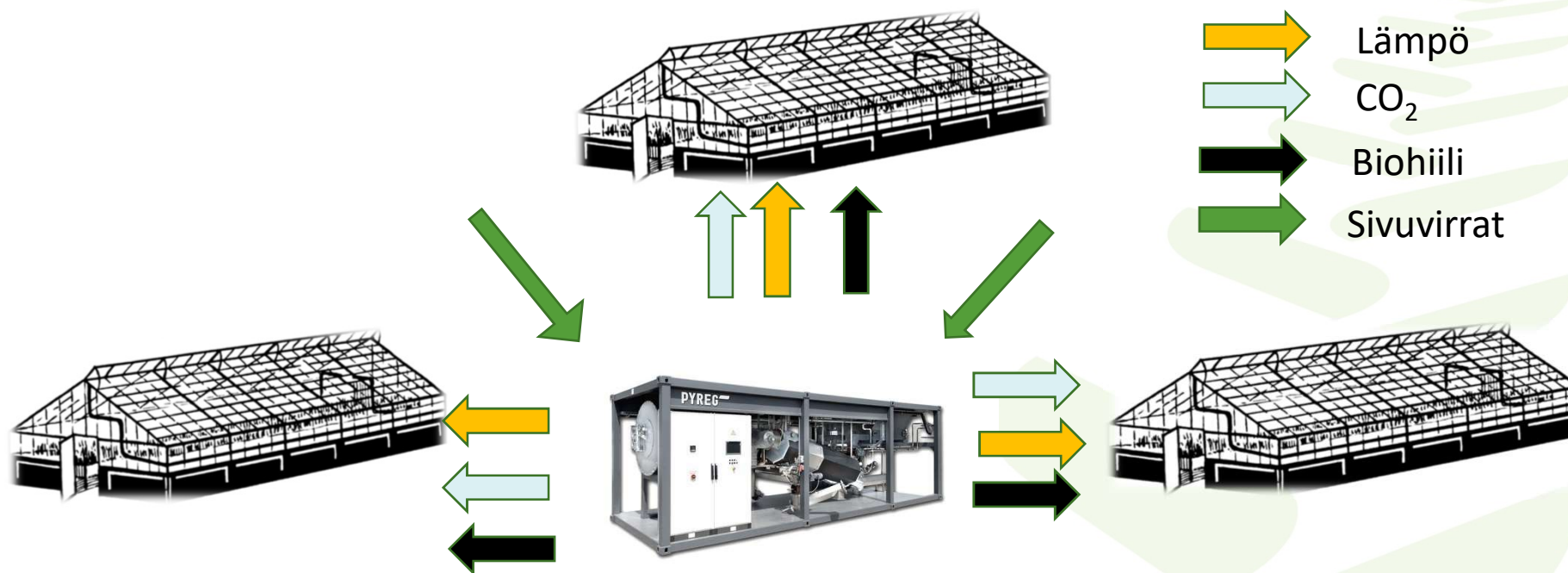
Biokaasuntuotanto & biohiili

Biohiili voi tehostaa biokaasuprosessia ja biokaasuntuottoa



- Mädätysprosessin tehostaminen biohiililisäyksellä:
 - Tutkimusnäyttöä, että biohiililisä tehostaa prosessia ja metaanintuottoa (>30%) → Oletus: tukee mikrobitoimintaa prosessin aikana → parantaa metaanintuottoa
 - Hiililisästä saatu kuitenkin *ristiriitaisia tutkimustuloksia* → pääsyy: **biohiilen laadulla suuri merkitys** → hiilen laatu ja määrä vaativat testausta ja optimointia kullekin prosessille/syötteelle sopivaksi
 - Tällä hetkellä suuren mielenkiinnon kohteena, lisää tutkimusta tarvitaan
- Mädätysjäännöksen ravinteet voidaan sitoa biohiileen
 - Estää mm typen hävikkiä
 - Lannoitevaikutus pidempiaikainen kuin pelkällä mädätysjäännöksellä ja biohiili+mädätysjäännöksellä saatu parempia satotuloksia
- Kiinteää mädätysjäännöstä voidaan pyrolysoida biohiileksi ja käyttää maanparanteena/lannoitteena →
 - Saadaan pienennettyä lietteiden volyymiä, helpompi käsittely
 - *muovit ja lääkijäämät tuhoutuvat prosessissa*

Integrointi = hiilinegatiivista kasvihuonetuotantoa



Pyrolyysi kasvihuoneiden energiantuotossa:

- Skaalautuvaa:
 - Tuotantoa voidaan säätää lämmön/hiilen suuntaan tarpeen mukaan
 - Pyrolyysiöljyä voidaan polttaa lisäenergian lähteenä
- Raaka-aineena voidaan käyttää puutarhatuotannon sivuvirtoja
- Pyrolyysituotteita voidaan käyttää tuotannossa: lämpö, biohiili, CO₂, tisleet
- Syntyvää lämpöä voidaan hyödyntää kuivausprosesseissa

Yhteenveto

- Biohiili sopii kasvualustaksi kasvihuonekäytössä, esim. turpeen tai kivivillan (osittaisena) korvaajana
 - Testattu useilla kasvilajeilla, useimmiten ei ainakaan negatiivista kasvuvaikutusta
- Joissain tapauksissa parantaa kasvua ja parantaa tautiresistenssiä
- Biohiili – kasvihuonejäte voidaan kompostoida yhdessä, lisäarvoa kompostituotteelle?
- Luomuviljely? Uudenlaiset luomulannoitteet rikastetulla biohiilellä
- Puutarhatuotannon sivutuotteista on mahdollista tehdä biohiiltä
- Biohiili on hiilinielu, vaikka biohiili on (ostettuna) arvokasta, voidaan sen avulla kompensoida hiilijalanjälkeä
 - Tulevaisuudessa maksetaan hiilensidonnasta?
- Myös pyrolyysin sivutuotteella, tisleellä voi olla mielenkiintoisia sovelluksia tulevaisuudessa.
- Tehokkain ja kestävin ratkaisu olisi yhdistää kasvihuoneviljely ja biohiilentuotanto

Muut biohiilitutkimushankkeet HAMKissa

- **Biohiilestä bisnestä Hämeeseen (EAKR)** 2018-2020, kartoitetaan biohiilen valmistukseen sopivia jäte- ja sivuvirtoja Hämeen alueella
- **BioRaKi 2 (Biohiili RKKO-hanke)**– Konsentraattista ja biohiilestä kasvuvoimaa (YM, Ravinteiden kierrätyksen kokeiluohjelma, 2018-2020; BioKymppi Oy)
- **BioKierto –hankkeessa** (2017-2019) biohiili mukana yhtenä ratkaisuna hallita alueellista ravinnekierrätystä
- **Digitalisaatiolla luonnonvarat biotalouteen (DLB) -hankkeessa** tulossa 3 op:n laajuinen Biohiili-verkkokurssi, kevät/syksy 2019



Maa- ja metsätalousministeriö



Ympäristöministeriö
Miljöministeriet
Ministry of the Environment

Vipuvoimaa
EU:lta
2014–2020



Euroopan unioni
Euroopan aluekehitysrahasto



MAASEUTU 2020

Kiitos!



Euroopan maaseudun
kehittämisen maatalousrahasto:
Eurooppa investoi maaseutualueisiin

