

Oulun Ekohiili -hanke

Loppuraportti

Oulun Vesi -liikelaitos

Raportointijakso 1.5.2022 – 22.11.2023
Laatija Sofia Risteelä
Vastaanottaja Ympäristöministeriö

Tiivistelmä

Ympäristöministeriö myönsi Oulun Vesi -liikelaitokselle Oulun Ekohiili -hankkeelle rahoitusta ravinteiden kierrätyksen ja jätevesihuollon energiatehokkuuden hankkeisiin vuosina 2020–2026 myönnettävästä valtionavustuksesta. Hankkeen omarahoitussuus myönnettiin kaupunginhallituksen kehittämissalkkujen määrärahoista, sillä Oulun Ekohiili -hanke tukee Oulun kaupungin ympäristöohjelman kiertotalouden ja hiilineutraaliuteen liittyviä tavoitteita.

Oulun Ekohiili -hanke on toteutettu Oulun Veden ja Kiertokaari Oy:n yhteistyönä. Hankkeelle annettiin kolme tavoitetta:

1. Selvittää mitä ominaisuuksia tuotteelta vaaditaan, jotta se olisi jatkokäyttöön hyvin soveltuva lisäten siten kierrätystuotteen kiinnostavuutta, sekä selvittää miten käytettävissä olevat jakeet soveltuvat biohiilen tuotantoon. Tietojen pohjalta tehdään esikarsinta pilottikokeisiin valittavista jakeista.
2. Tutkia käytettävien jakeiden eri seossuhteita ja pyrolysointilämpötiloja lopputuotteen laadun ja optimaalisen käsittelyn kannalta.
3. Tutkia syntyvien tuotteiden laatu jatkokäyttöön vaikuttavien tekijöiden pitoisuuksien ja raja-arvojen mukaisuuden selvittämiseksi.

Hankkeen tavoitteena oli toteuttaa ja suunnitella biohiilen valmistuksen pilottikoe, jossa selvitetään mahdollisuuksia biohiilen valmistukseen lietteestä, mädätejäännöksestä ja valikoiduista jätejakeista. Hankkeen pilotoinnista vastasivat yhteistyökumppanit Carbon Balance Oy (pyrolysointi) ja SFTec Oy (kuivaus). Yhteistyökumppaneiden kanssa tarkoituksena oli saada tietoa biohiilen valmistusprosessista ja käytettävien jakeiden soveltuvuudesta biohiilen valmistukseen. Biohiilestä tehtyjen laboratorioanalyysien avulla saatiin tietoa eri jakeilla valmistettujen biohiilten laadusta sekä käytettävyydestä ja soveltuvuudesta jatkokäyttöön. Hankkeesta saatavia tietoja voidaan hyödyntää päätöksenteon tukena jatkokäsittelyä koskevassa päätöksenteossa sekä mahdollisten loppukäyttökohteiden kartoittamisessa.

Sisällysluettelo

Tiivistelmä	1
1 Hankkeen tausta ja tavoitteet	3
2 Hankkeen toteutus.....	3
3 Hankkeen tulokset	5
4 Tulosten hyödyntäminen.....	7
5 Hankkeen vaikutukset	8
6 Viestinnän toteutuminen ja tulokset	9
7 Talousraportti	9
8 Johtopäätökset	9

1 Hankkeen tausta ja tavoitteet

Ympäristöministeriö myönsi Oulun Vesi -liikelaitokselle Oulun Ekohiili -hankkeelle rahoitusta ravinteiden kierrätyksen ja jätevesihuollon energiatehokkuuden hankkeisiin vuosina 2020–2026 myönnettävästä valtionavustuksesta. Oulun Ekohiili -hanke tukee Oulun kaupungin ympäristöohjelman kiertotalouteen ja hiilineutraaliuteen liittyviä tavoitteita. Hankkeen omarahoitusosuus myönnettiin kaupunginhallituksen kehittämissalkkujen määrärahoista.

Oulun Ekohiili -hanke toteutettiin Oulun Veden ja Kiertokaari Oy:n yhteistyönä. Hankkeen tarkoituksena oli toteuttaa biohiilen valmistuksen pilottikoe, jossa selvitetään edellytyksiä biohiilen valmistukseen lietteestä ja valikoiduista jätejakeista. Tavoitteena oli saada tietoa valmistusprosessista ja käytettävien jakeiden soveltuvuudesta biohiilen valmistukseen, sekä syntyvän biohiilen laadusta ja soveltuvuudesta jatkokäyttöön.

Oulun Veden Taskilan jätevedenpuhdistamon lietteet käsitellään tällä hetkellä kemiallisesti. Sopimuskausi nykyisen toimijan kanssa loppuu keväällä 2024, minkä johdosta Oulun Vesi on aiemmin teettänyt selvityksen jätevesilietteen biokaasutuksesta, sekä mädätteen jatkojalostukseen tarvittavista alueista. Selvityksen mukaan mädätejäännöksen käsittelyyn ja varastointiin tarvittava alue on verrattain suuri ja siihen soveltuvia alueita on Oulun alueella rajoitetusti tarjolla. Myös mädätejäännöksen jatkokäyttökohteet ovat rajattuja, mikä on riski koko lietemäärän hyötykäyttöön saannin kannalta.

Tunnistettuihin ongelmiin on mahdollista vaikuttaa jatkojalostamalla lietetuote helpommin käsiteltävään ja pienemmän tilan vaatimaan muotoon, joka mahdollistaisi myös tuotteen hyödyntämisen uusiin käyttötarkoituksiin.

Termisten menetelmien käyttö jätevesilietteen käsittelyssä on ollut Suomessa vähäistä biologisiin menetelmiin verrattuna. Valtaosa lietteistä mädätetään ja mädätysjäännös on hyödynnetty peltokäytössä tai viherrakentamisessa. Jätevesilietteen tai mädätejäännöksen jatkojalostaminen pyrolysoimalla biohiileksi on viime aikoina noussut mielenkiintoiseksi ja lupaavaksi tutkimuskohteeksi.

Lietteen ja mädätejäännöksen pyrolysointi vaatii tukiainetta, ja tähän tarkoitukseen voidaan hyödyntää potentiaalisia jätejakeita, kuten purku- ja jätetuuta Kiertokaarelta. Samalla voidaan parantaa kyseisen jätäjakeen hyödyntämistä.

2 Hankkeen toteutus

Oulun Ekohiili -hanke toteutettiin omana työnä ja työpajamuotoisena selvityksenä sekä ostopalveluna. Hanke suunniteltiin toteutettavan vuoden 2022 loppuun mennessä, mutta selvitykset hankkeen käynnistämiseksi pyrolysointiin, aikatauluhaasteet sekä kuivauslaitteiden rikkoontuminen viivästyttivät kuivauksen ja pyrolysoinnin aloittamista. Rahoituspäätöksen mukaan hanketta oli mahdollisuus jatkaa vuoden 2023 puolelle.

Hanke käynnistettiin toukokuussa 2022, jolloin hankkeelle saatiin rahoituspäätös. Kesäkuussa ennen aloituspalaveria keskusteltiin Kiertokaaren kanssa ja tehtiin esiselvitystä hankkeesta sekä käytettävistä jakeista. Hankkeen aloituspalaveri pidettiin 20.6.2022 pilotoinnista vastaavien yhteistyökumppaneiden Carbon Balance Oy (pyrolysointi) ja SFTec Oy (kuivaus) kanssa. AFRY Finland Oy toimi ympäristöministeriön toimeksiannosta hankkeen valvojana.

Hankkeen yhteistyökumppaneiden kesken pidettiin työpaja 21.7.2022, jolloin keskusteltiin ja päätettiin pilotointiin valittavista jakeista sekä koesuunnitelmasta. Pilotointiin valitut jakeet ja koesuunnitelma on esitetty taulukossa 1.

Taulukko 1. Koesuunnitelma

Astia	Jakeet		
1	Liete	Mäntyhake	
2	Liete	Mäntyhake	Risut, oksat
3	Liete	Jätepuu / Rakennusjäte	
4	Liete	Jätepuu / Rakennusjäte	Risut, oksat
5	Mädätejäännös	Mäntyhake	
6	Mädätejäännös	Mäntyhake	Risut, oksat
7	Mädätejäännös	Jätepuu / Rakennusjäte	
8	Mädätejäännös	Jätepuu / Rakennusjäte	Risut, oksat
9 (vertailu)	Liete	Mäntyhake	

Hankkeen seurantakokous 1 pidettiin AFRYn valvontatiimin kanssa 14.10.2022, jolloin esiteltiin hankkeen sisältöä ja edistymistä. Seurantakokouksen jälkeen pidettiin yhteistyökumppaneiden Carbon Balance Oy ja SFTec Oy kanssa palaveri, jossa varmistettiin koesuunnitelma sekä tarkennettiin aikataulua kuivauksen ja pyrolysoinnin osalta.

Jakeiden kuivaukset tehtiin SFTec Oy:n toimesta marraskuun 2022 aikana. Kuivaustestejä voidaan pitää onnistuneina, sillä testeissä saatiin tuotettua riittävä määrä haluttuja lopputuotteita pyrolyysikoiteita varten. Testien toteutuksessa oli kuitenkin lietteiden osalta useita haasteita, joiden synä oli viime hetkellä pilotointikalustoon tullut muutos tarkoitukseen paremmin soveltuvan pilotointilaitteen ja tehokkaamman lämmöntuottojärjestelmän rikkoutumisen takia.

Pyrolysointia tehtiin kahdessa pilottikokeessa eri lämpötiloissa yhdeksällä eri materiaaliseoksella koesuunnitelman mukaan Carbon Balance Oy:n toimesta. Pyrolysoinnit suoritettiin marraskuun 2022 lopussa. Prosessilämpötilan nostaminen auttoi lähes kaikissa materiaaliseoksissa saavuttamaan täydellisen pyrolyysiprosessin ja tuottamaan biohiiltä. Tiettyjä haasteita koettiin pyrolysoidessa liete/mädätejäännös- ja jätepuu/rakennusjätesekoituksia, käytettyjen materiaalien pyrolyysireaktion kannalta epäedullisten suhteiden vuoksi. Nämä kokeet toistettiin myöhemmin, jolloin pyrolysoinnissa lisättiin jätepuu/rakennusjätteen määrää.

Loppuvuodesta 2022 tehtiin selvitystä laboratorioanalyyseistä ja kysyttiin tarjousta sopimuslaboratoriosta. Biohiilestä päätettiin analysoida biohiiltä hyvin kuvaavia ja määrittäviä fysikaalis-kemiallisia tutkimuksia, alkuaineita, PAH-yhdisteet sekä hormoni- ja lääkeainejäämiä. Seurantakokouksessa 1 nousi esille lääkeainejäämien analysoiminen. Saatavat tulokset parantaisivat hankkeen sovellettavuutta sekä antaisivat lisää tietoa biohiilen käytettävyydestä ja soveltuvuudesta jatkokäyttöön tulevaisuudessa. Lisäksi vertailun vuoksi analysoitavaksi otettiin näyte kuivattua lietettä, josta analysoitiin PAH-yhdisteet sekä hormoni- ja lääkeainejäämät.

Biohiilinäytteet ja lietenäyte lähetettiin analysoitavaksi 13.2.2023. Metallit, pH ja PAH-yhdisteet analysoitiin Oulussa. Loput analyyseistä tehtiin Jyväskylässä, Lahdessa ja Saksassa. Sopimuslaboratoriolla oli vaikeuksia saada tuloksia alihankintalaboratorioista, joten laboratorioanalyysien tulokset viivästyivät. Tulokset saatiin käyttöön toukokuussa 2023.

Hankkeen seurantakokous 2 pidettiin 26.4.2023 AFRYn valvontatiimin kanssa. Seurantakokouksessa esitettiin hankkeen etenemisestä ja keskusteltiin hankkeen päättämiseen liittyvistä vaiheista.

Hankkeen työpaja pilotoinnista ja tuloksista pidettiin 21.6.2023 Oulun Veden, Kiertokaari Oy:n ja Carbon Balance Oy:n edustajien kesken. Carbon Balance Oy kertoi pilotoinnista sekä esitteli analyysien tuloksia verrattuna EBC:n (European Biochar Certificate) määrittämiin biohiilen raja-arvoihin eri käyttökohteittain.

3 Hankkeen tulokset

Taulukossa 2 on esitetty yhteenveto kahden pilottikokeen pyrolysoinnin tuloksista eri pyrolyysilämpötiloissa yhdeksällä eri materiaaliseoksella. Kuten taulukosta näkyy, prosessilämpötilan nostaminen auttoi kaikissa materiaaliseoksissa saavuttamaan täydellisen pyrolyysiprosessin ja tuottamaan biohiiltä.

Pyrolysoidessa liete/mädätejäännös- ja jätepuu/rakennusjätesekoituksia (biohiili 3 ja 7), käytettyjen materiaalien pyrolyysireaktion kannalta epäedullisten suhteiden vuoksi koettiin alkuun haasteita, jolloin tapahtui epätäydellinen pyrolysointi myös korkeammassa 650 °C lämpötilassa. Nämä kokeet toistettiin myöhemmin uudestaan 650 °C lämpötilassa, jolloin pyrolysoinnissa lisättiin jätepuu/rakennusjätteen määrää. Tällöin pyrolysointi onnistui. Nämä tulokset on merkitty taulukkoon 2 tähdellä *).

Taulukko 2. Pilottikokeiden tulokset kahdessa eri pyrolyysilämpötilassa

Näyte	Jakeet			Pyrolyysiprosessin lämpötila	
				550 °C	650 °C
Biohiili 1	Liete	Mäntyhake		Onnistui	Onnistui
Biohiili 2	Liete	Mäntyhake	Risut, oksat	Epätäydellinen pyrolysointi	Onnistui
Biohiili 3	Liete	Jätepuu / Rakennusjäte		Ei pyrolysoitunut	Onnistui *
Biohiili 4	Liete	Jätepuu / Rakennusjäte	Risut, oksat	Ei pyrolysoitunut	Onnistui
Biohiili 5	Mädätejäännös	Mäntyhake		Onnistui	Onnistui
Biohiili 6	Mädätejäännös	Mäntyhake	Risut, oksat	Epätäydellinen pyrolysointi	Onnistui
Biohiili 7	Mädätejäännös	Jätepuu / Rakennusjäte		Ei pyrolysoitunut	Onnistui *
Biohiili 8	Mädätejäännös	Jätepuu / Rakennusjäte	Risut, oksat	Epätäydellinen pyrolysointi	Onnistui
Biohiili 9	Liete	Mäntyhake		Onnistui	Onnistui

Biohiilille tehtiin laboratorioanalyysit, joiden tuloksia verrattiin EBC:n (European Biochar Certificate) määrittämiin biohiilen raja-arvoihin eri käyttökohteittain. Biohiilisertifikaatin käyttökohteen mukaan luodut luokat vertailussa ovat EBC-FeedPlus, EBC-Feed, EBC-Agro, EBC-AgroOrganic, EBC-Urban, EBC-ConsumerMaterials ja EBC-BasicMaterials. EBC:n määritelmien mukaan EBC-Feed ja siitä jatkettu EBC-FeedPlus on ruoantuotannossa hyödynnettävää biohiiltä, joka täyttää EU:n ja EFTA:n säädökset käytettäväksi eläinten ruokintaan ja maatalouden maaperään. EBC-Agro ja EBC-AgroOrganic täyttävät EU:n vaatimukset käytettäväksi lannoitteina maataloudessa. EBC-Urban täyttää vaatimukset, jotta biohiiltä voidaan käyttää puiden istutuksessa, puistojen kunnossapidossa, koristekasveissa sekä sadevesien viemäröinnissä ja suodatuksessa. Sertifiointiluokat EBC-ConsumerMaterials ja EBC-BasicMaterials kattavat kaikki tarvittavat ympäristövaatimukset, jotka koskevat muita kuin biohiilen maaperäsovelluksia. EBC-ConsumerMaterials on kategoria biohiilille käytettäväksi tuotteissa, joilla voi olla suora ihokosketus kuluttajien kanssa tai suora kosketus elintarvikkeiden kanssa. EBC-BasicMaterials sertifikaatti takaa kestävästi tuotetun biohiilen, jota voidaan käyttää perusteellisuudessa, kuten valmistettaessa rakennusmateriaaleja, asfalttia, elektroniikkaa, viemäriputkia ja komposiittimateriaaleja.

Biohiilinäytteistä analysoitiin seuraavat raskasmetallit: arseeni (As), elohopea (Hg), kadmium (Cd), kromi (Cr), kupari (Cu), lyijy (Pb), nikkeli (Ni) ja sinkki (Zn). EBC-BasicMaterials -luokalla ei ole määritettyjä raja-arvoja raskasmetallipitoisuuksille, muille luokille raja-arvot on määritetty. Elohopea- ja kadmiumpitoisuudet pysyivät kaikilla biohiilinäytteillä jokaisessa EBC-luokassa alle raja-arvojen. Arseeni-, kromi-, lyijy-

ja nikkelpitoisuuksissa osalla biohiilinäytteistä raja-arvot ylittyivät osassa EBC-luokkiaissa lukuun ottamatta EBC-BasicMaterials -luokkaa. Kupari- ja sinkkipitoisuudet olivat liian suuria jokaisessa näytteessä verrattuna jokaisen luokan raja-arvoon, EBC-BasicMaterials -luokkaa lukuun ottamatta. Raskasmetallipitoisuuksien osalta kaikki biohiilinäytteet voidaan luokitella EBC-BasicMaterials -luokkaan.

PAH-yhdisteiden summan (summa 16 EPA-PAH) raja-arvot kaikissa EBC-luokissa alittivat näytteistä biohiili 1, 4 ja 9. Loput biohiilinäytteistä alittivat raja-arvot muissa EBC-luokissa paitsi EBC-FeedPlus ja EBC-AgroOrganic -luokissa.

Biohiilinäytteistä määritettiin vety- ja hiilipitoisuudet sekä niiden suhde, H/C-suhde. Vetyhiili -suhteelle on määritelty raja-arvot EBC-luokille ja jokainen biohiilinäyte pysyi jokaisen luokan raja-arvojen sisällä. Vastaavasti raja-arvot alittuvat jokaisella biohiilinäytteellä polysyklisten aromaattisten hiilivetyjen (bentopyreeni ja bentsofluoranteeni) osalta.

Taulukossa 3 on esitetty laboratoriotulosten pohjalta mihin EBC-sertifikaattiluokkaan materiaaliseokset soveltuvat. Tässä hankkeessa raskasmetallipitoisuudet osoittautuivat kriittisiksi, minkä vuoksi jokainen biohiilinäyte sopii ainoastaan EBC-BasicMaterials -luokkaan.

Taulukko 3. EBC-sertifikaattiluokitus biohiilinäytteille

Näyte	Jakeet			Sertifikaattisopivuus
Biohiili 1	Liete	Mäntyhake		EBC-BasicMaterials
Biohiili 2	Liete	Mäntyhake	Risut, oksat	EBC-BasicMaterials
Biohiili 3	Liete	Jätepuu / Rakennusjäte		EBC-BasicMaterials
Biohiili 4	Liete	Jätepuu / Rakennusjäte	Risut, oksat	EBC-BasicMaterials
Biohiili 5	Mädätejäännös	Mäntyhake		EBC-BasicMaterials
Biohiili 6	Mädätejäännös	Mäntyhake	Risut, oksat	EBC-BasicMaterials
Biohiili 7	Mädätejäännös	Jätepuu / Rakennusjäte		EBC-BasicMaterials
Biohiili 8	Mädätejäännös	Jätepuu / Rakennusjäte	Risut, oksat	EBC-BasicMaterials
Biohiili 9	Liete	Mäntyhake		EBC-BasicMaterials

Hormoni- ja lääkeainejäämille ei ole määritetty raja-arvoja biohiilille. Yhdyskuntajätevesidirektiivin uudistuksen yhteydessä jätevesistä on ehdotettu määritettäväksi seuraavia listauksen mukaisia indikaattoriaineita hormoni- ja lääkeaineiden kategorioista 1 ja 2:

Kategoria 1:

- i. Amirsulpridi (CAS No 71675-85-9)
- ii. Karbamatsepiini (CAS No 298-46-4)
- iii. Sitalopraami (CAS No 59729-33-8)
- iv. Klaritromysiini (CAS No 15307-86-5)
- v. Diklofenaakki (CAS No 15307-86-5)
- vi. Hydroklooritiatsidi (CAS No 58-93-5)
- vii. Metoprololi (CAS No 37350-58-6)
- viii. Venlafaksiini (CAS No 93413-69-5)

Kategoria 2:

- i. Bentsotriatsoli (CAS No 95-14-7)
- ii. Kandartaani (CAS No 139481-59-7)
- iii. Irbesartaani (CAS No 138402-11-6)
- iv. 4-metyyli-bentsotriatsoli (CAS No 29878-31-7) ja 6-metyyli-bentsotriatsoli (CAS No 136-85-6) seos

Kyseiset aineet ovat sellaisia indikaattoriaineita, joita komissio tässä vaiheessa ehdottaa tutkittavaksi jätevesistä ja niihin voi tulla vielä muutoksia. Kuitenkin biohiilen osalta voi olla relevanttia määrittää eri aineita kuin jätevesistä.

Pääsääntöisesti hormoni- ja lääkeainejäämät biohiilinäytteissä sekä kuivatussa lietteessä jäivät alle laboratorion määrittämissä rajojen. Joitakin määrittämissä rajojen ylittäviä pitoisuuksia havaittiin, mutta määrät olivat hyvin pieniä. Taulukoissa 4 ja 5 on esitetty tulevan uudistetun yhdyskuntajätevesidirektiivissä mainittujen kategorioiden 1 ja 2 indikaattoriaineiden tulokset. Näytteistä analysoitiin myös useita muita lääkettä- ja hormonijäämiä, mutta tuloksissa on esitetty ainoastaan yhdyskuntajätevesidirektiivin mukaiset indikaattoriaineet.

Taulukko 4. Kategorian 1 indikaattoriaineiden tulokset biohiilinäytteistä sekä kuivatusta lietteestä

Näyte	Indikaattoriaineet, kategoria 1, [mg/kg ka]							
	i	ii	iii	iv	v	vi	vii	viii
Biohiili 1	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,025	< 0,005	< 0,025	< 0,005	< 0,005
Biohiili 2	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,050	< 0,010	< 0,050	< 0,010	< 0,010
Biohiili 3	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,025	< 0,005	< 0,025	< 0,005	< 0,005
Biohiili 4	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,050	< 0,010	< 0,050	< 0,010	< 0,010
Biohiili 5	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,025	< 0,005	< 0,025	< 0,005	< 0,005
Biohiili 6	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,050	< 0,020	< 0,050	< 0,010	< 0,010
Biohiili 7	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,025	< 0,010	< 0,025	< 0,005	< 0,005
Biohiili 8	< 0,010	< 0,010	0,086	< 0,050	0,084	< 0,050	< 0,010	< 0,010
Biohiili 9	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,025	< 0,005	< 0,025	< 0,005	< 0,005
Kuivattu liete	< 0,050	< 0,050	0,17	< 0,25	0,19	< 0,25	< 0,050	< 0,050

Taulukko 5. Kategorian 2 indikaattoriaineiden tulokset biohiilinäytteistä sekä kuivatusta lietteestä

Näyte	Indikaattoriaineet, kategoria 2, [mg/kg ka]			
	i	ii	iii	iv
Biohiili 1	< 0,005	< 0,025	< 0,005	ei analysoitu
Biohiili 2	0,069	< 0,050	< 0,010	
Biohiili 3	< 0,005	< 0,025	< 0,005	
Biohiili 4	0,11	< 0,050	< 0,010	
Biohiili 5	0,025	< 0,025	< 0,005	
Biohiili 6	0,097	< 0,050	< 0,010	
Biohiili 7	0,058	< 0,025	< 0,005	
Biohiili 8	0,086	< 0,050	< 0,010	
Biohiili 9	< 0,005	< 0,025	< 0,005	
Kuivattu liete	0,30	< 0,25	< 0,50	

4 Tulosten hyödyntäminen

Pilotointikokeet onnistuivat kokonaisuudessaan. Kuivaustestejä voidaan pitää onnistuneina, sillä kuivauksessa saatiin tuotettua riittävä määrä haluttuja lopputuotteita pyrolyysikokeita varten. Pyrolyysikokeissa saavutettiin täydellinen pyrolyysiprosessi ja saatiin tuotettua biohiiltä jokaisella yhdeksällä materiaaliselä nostamalla lämpötilaa sekä kahdessa tapauksessa muuttamalla seossuhteita. Lisäksi jokainen tuotettu biohiilinäyte saisi EBC-BasicMaterials-sertifikaattisopivuuden.

Oulun Vesi on tehnyt jo päätöksen kuivatun lietteen jatkokäytöstä ja nykyisen sopimuksen päättyessä keväällä 2024, kuivattu liete tullaan jatkossa biokaasuttamaan. Tämä tarkoittaa sitä, että erityisesti mädätejäännöksen jatkokäytön mahdollisuudet biohiileksi kiinnostavat. Carbon Balance Oy:n mukaan kuivatulla lietteellä ja mädätejäännöksellä ei ole käytännön eroa pyrolyysissä, mädätejäännös oli osittain jopa helpompi käsitellä kuin kuivattu liete. Mädätejäännös oli helpompi kuivata ja sen sekoittuminen puujakeisiin oli parempi kuin lietteellä. Pyrolysoinnin ja kuivauksen onnistuminen sekä laboratorio-analyysit peilaavat Carbon Balance Oy:n mukaan tuotantomittakaavan tuloksiin, etenkin mädätejäännöksellä. Kuivauksen onnistuminen vaikuttaa pyrolyysiin ja etenkin lietteen kuivauksen koettiin olevan kriittinen tekijä kokeiden onnistumiselle.

Pilotoinnissa jakeiden kappalekoko koettiin kriittiseksi prosessin onnistumisessa. Etenkin puujakeet tulisi saada mahdollisimman homogeeniseksi. Mahdollisesti tuotantomittakaavassa erityisesti risuille ja oksille seulonta tai jatkokäsittely voisi olla tarpeellista.

Hankkeen tulokset olivat lupaavia ja jatkopilotointi kiinnostaa. Mädätejäännöksen käyttäminen biohiilen lietejakeena kiinnostaa erityisesti, koska jatkossa Oulun Veden kuivattu liete biokaasutetaan. Yleisesti mädätejäännöksen jatkokäyttökohteet ovat rajattuja, mikä on riski koko lietemäärän hyötykäyttöön saannin kannalta. Tämän vuoksi mädätejäännöksen käyttö biohiilen jakeena ja siihen liittyvät jatkopilotoinnit ovat mielenkiintoisia ja tämän hankkeen tulosten perusteella lupaavia. Lisäksi mädätejäännöksen käyttö biohiilen lietejakeena kasvattaisi materiaali kierrätystä ja lietteen kierrätystä.

Kiertokaari olisi kiinnostunut myös haravointijätteen käyttämisestä ja testaamisesta jakeena. Haravointijäte voisi sopia jakeeksi seoksena toisen puujakeen kanssa, vastaavasti kuin risut ja oksat tämän hankkeen pilotoinnissa. Lisäksi biohiilen jatkojalostus tai lähtöaineiden käsittely herätti mielenkiintoa, jotta tuotettu biohiili voitaisiin luokitella EBC-luokituksessa tiukempiin sertifikaattiluokkiin. Tällöin tuotetun biohiilen käyttökohteet lisääntyisivät ja siten materiaalien hyötykäyttö olisi suurempaa. Tässä hankkeessa raskasmetallipitoisuudet osoittautuivat kriittisiksi, minkä vuoksi jokainen biohiilinäyte sopii ainoastaan EBC-BasicMaterials -luokkaan, joten raskasmetallipitoisuuksien tutkiminen ja mahdollisesti niiden vähentäminen olisi mielenkiintoinen tutkimuskohde.

5 Hankkeen vaikutukset

Oulun Ekohiili -hanke tuotti tietoa lietetuotteiden ja jätejakeiden jatkokäsittelyä koskevan päätöksen tueksi sekä loppukäyttökohteiden kartoittamiseen. Hankkeessa selvitettiin edellytyksiä biohiilen valmistukseen liete- ja jätejakeista, jolla olisi tuotteena hyödyllisiä ominaisuuksia nykyiseen tuotteeseen ja käsittelytapaan verrattuna:

- Jatkojalostaminen mahdollistaa paremmin käyttötarkoitukseen soveltuvien tuotteiden valmistuksen ja siten edistää ravinteiden kierrätystä hyötykäyttöön.
- Lietteestä ja jätemateriaaleista valmistettavilla kierrätystuotteilla voidaan korvata neitseellisiä raaka-aineita, mikä edistää kiertotaloutta ja kestävyttä.
- Biohiilen valmistuksessa orgaaninen aines ja hiilidioksidi sidotaan hiileksi, mikä edistää ilmastomuutoksen hillitsemistä.
- Varastointi- ja kuljetustilavuus on pienempi nykyiseen verrattuna, mikä vähentää logistiikasta aiheutuvia hiilidioksidipäästöjä.
- Pyrolysointi vähentää jätevesilietteen haitallisten aineiden pitoisuuksia, mikä edistää tuotteen ympäristöystävällisyyttä ja käytettävyyttä.
- Käsittely voidaan tehdä teollisissa hallituissa olosuhteissa, joissa päästöt ovat hallittavissa ja tuotteen kuivuudesta ansiosta riski ravinnevalumiin pääntymisestä vesistöön vähenee merkittävästi lietteeseen verrattuna.

Johtaessaan biohiilen valmistukseen, toiminta mahdollistaisi ravinteiden kierrätyksen symbioosien syntymisen julkisten ja yksityisten toimijoiden kesken, jota on mahdollista laajentaa. Toiminta loisi myös mahdollisuuksia uusille työpaikoille ja yritystoiminnalle.

6 Viestinnän toteutuminen ja tulokset

Oulun Ekohiili -hankkeesta on viestitty seuraavissa kanavissa:

- Oulun kaupungin intranet Akkuna, 25.9.2023: Kaupungin yhteiset uutiset / Lietteestä valmistettu biohiili sopii viherrakentamiseen
- Oulun kaupungin kotisivut, 25.9.2023: Oulun kaupunki / Ajankohtaista / Uutiset ja tiedotteet / Oulun Veden ja Kiertokaari Oy:n hanke selvitti: lietteestä valmistettu biohiili sopii viherrakentamiseen
- Mun Oulu, 27.9.2023: Lietteestä valmistettu biohiili voi hillitä ilmastonmuutosta, selvisi Oulun Veden ja Kiertokaaren kokeilussa

Ympäristöministeriön erityisavustuksen ehtojen mukaisesti Ympäristöministeriö on mainittu kaikessa viestinnässä hankkeiden rahoittajana.

Hanke ja sen tulokset ovat herättäneet mielenkiintoa. Myös muut sidosryhmät ovat tutkineet biohiiltä erilaisissa hankkeissa ja tutkimuksissa viime aikoina. Näiden pohjalta on ollut yhteydenottoja ja keskusteluita tulosten jakamiseksi.

7 Talousraportti

Hankkeen kustannusarvio: 45 343 €, josta ympäristöministeriön hankkeelle myöntämä avustus on enintään 60 % kustannuksista, kuitenkin enintään 27 206 € (alv 0 %) koko hankkeen aikana.

Toteutuneet kokonaiskustannukset: 50 971 €, josta ympäristöministeriön rahoitusosuus: 27 206 € (53,4 % toteutuneista kustannuksista).

Hankkeen kustannusarvion mukainen omarahoitusosuus myönnettiin kaupunginhallituksen kehittämissalkkujen määrärahoista, joka on 18 137 €.

Oulun Ekohiili -hankkeen merkittävimmät kustannukset koostuivat laboratoriopalveluista sekä ulkopuolisista palveluista, pyrolysointiin valittujen jakeiden kuivauksesta sekä pyrolysoinnista. Hankkeen alkupe-
räinen kustannusarvio ylittyi. Suurin ero toteutuneissa kustannuksissa kustannusarvioon oli laboratoriopalvelut. Seurantakokouksessa 1 nousi esille lääkeainejäämien analysoiminen, joita ei ollut sisällytetty alkuperäiseen suunnitelmaan laboratoriopalveluista. Kuitenkin lääkeaineiden ja hormonien analysoiminen katsottiin olevan hyödyksi tulosten jalkauttamisen kannalta.

Kustannusarvion yli menevä osuus on sovittu Oulun Veden ja Kiertokaari Oy:n maksettavaksi.

8 Johtopäätökset

Jätevesilietteen tai mädätejäännöksen jalostaminen pyrolysoimalla biohiileksi on viime aikoina noussut mielenkiintoiseksi ja lupaavaksi tutkimuskohteeksi:

- Biohiilelle on useita käyttökohteita ja sen varastointi, käsittely ja kuljetus vaatii vähemmän tilaa lietteeseen verrattuna.

- Pyrolysointi vähentää jätevesilietteen haitallisten aineiden pitoisuuksia, mikä edistää tuotteen ympäristöystävällisyyttä ja käytettävyyttä.
- Lisäksi orgaaninen aines ja hiilidioksidi sitoutuvat tuotteeseen tavalla, joka estää sen vapautumisen ilmakehään ja hillitsee siten ilmastonmuutosta.

Lietteen ja mädätejäännöksen pyrolysointi vaatii tukiainetta, ja tähän tarkoitukseen voidaan hyödyntää potentiaalisia jätelajeita, kuten purku- ja jätetuuta. Samalla voidaan parantaa kyseisten jätelajien hyödyntämistä.

Biohiilen ominaisuuksiin vaikuttavat sen valmistukseen käytetyt jakeet. Koska kyseessä on verrattain arvokas materiaali, sen soveltuvuus suunniteltuun käyttötarkoitukseen on varmistettava huolella, mikä edellyttää tutkimuksia.

Oulun Ekohiili -hanke toteutettiin onnistuneesti Oulun Veden ja Kiertokaari Oy:n yhteistyönä. Pilotoinnista vastasivat yhteistyökumppanit Carbon Balance Oy sekä SFTec Oy. Pilotointia voidaan pitää onnistuneena, sillä kuivauksessa saatiin tuotettua riittävä määrä haluttuja lopputuotteita pyrolyysikokeita varten, sekä pyrolyysikokeissa saavutettiin täydellinen pyrolyysiprosessi ja tuottamaan biohiiltä jokaisella valitulla yhdeksällä materiaaliseoksella.

Biohiilestä tehtyjen laboratorioanalyysien perusteella jokainen biohiilinäyte saisi EBC-BasicMaterials-sertifikaattisopivuuden. Hankkeessa raskasmetallipitoisuudet osoittautuivat kriittisiksi, sillä teetettyjen raskasmetallianalyysien perusteella osa raskasmetallipitoisuuksista eivät toteuttaneet raja-arvoja muissa sertifikaattiluokissa, joten kaikki yhdeksän biohiilinäytettä voidaan lukea EBC-BasicMaterials -luokkaan.

Hankkeen tulokset olivat lupaavia ja jatkopilotointi kiinnostaa. Oulun Vesi on tehnyt jo päätöksen kuivatun lietteen jatkokäytöstä ja nykyisen sopimuksen päättyessä keväällä 2024, kuivattu liete tullaan jatkossa biokaasuttamaan. Tällöin mädätejäännöksen käyttäminen biohiilen lietejakeena kiinnostaa erityisesti, ja hankkeesta saatujen tulosten perusteella se olisi lupaavaa ja kannattavaa. Pilotoinnissa mädätejäännös oli helpompi kuivata ja sen sekoittuminen puujakeisiin oli parempi kuin lietteellä. Lisäksi mädätejäännöksen käyttö biohiilen lietejakeena kasvattaisi materiaalikierrätystä ja lietteen kierrätysastetta verrattuna kuivatun lietteen käyttämiseen lietejakeena.

Oulun Ekohiili -hankkeen tulosten valossa kiinnostavia jatkoselvityskohteita olisivat lisäksi haravointijätteen käyttäminen puupohjaisena jakeena sekä raskasmetallipitoisuuksien vähentäminen lopputuotteessa. Tällöin tuotetun biohiilen käyttökohteet lisääntyisivät ja erilaisten materiaalien hyötykäyttö olisi suurempaa.

Biohiili on kiinnostava tuote hiilivarastojen kasvattamiseksi ja kiertotalouden massavirtojen turvalliseen hyödyntämiseen. Biohiiltä voidaan tuottaa erilaisista sivuvirroista. Oulun Ekohiili -hankkeessa tutkittiin biohiilen valmistukseen käytettäväksi lietejakeeksi Oulun Veden kuivattua lietettä tai biokaasutuksen sivuvirtaa mädätejäännöstä sekä purku- ja jätetuuta Kiertokaarelta. Biohiilelle on useita käyttökohteita, mutta tulevaisuudessa lietepohjaisten tuotteiden käyttö eri kohteisiin tulisi lainsäädännön kautta mahdollistua entistä paremmin, erityisesti kun tuote on jalostettu mädätyksen ja pyrolyysin kautta.

Ei merkittävää haittaa -periaatteen mukaiset ympäristötavoitteet toteutuivat hankkeessa:

- Ilmastonmuutoksen hillitseminen: Hankkeen tavoitteena oli tuottaa biohiiltä, jolla on hiilen sitoutumisen myötä ilmastonmuutosta hillitsevä vaikutus.
- Ilmastonmuutokseen sopeutuminen: Hanke tuotti tietoa tavasta käsitellä jakeita siten, että niiden käsittelyllä on nykyisiä menettelyjä pienempi ilmastovaikutus.

- Vesivarojen ja merten luonnonvarojen kestävä käyttö ja suojelu: Pilotointi toteutettiin yhteistyökumppanin teollisuus- ja varastoalueella, jolle oli myönnetty kyseiselle toiminnalle koetointialupa. Alueelta ei aiheudu valumia vesistöön. Lietteen jalostuksen biohiileksi ei arvioida vaarantavan vesivarojen ja merten kestävästä käytöstä ja suojelua.
- Kiertotalous, mukaan lukien jätteen synnyn ehkäisy ja kierrätys: Hanke tuotti tietoa, joka edistää kiertotaloustuotteen syntymistä ja parantaa jätejakeiden hyödynnettävyyttä.
- Ilman, veden tai maaperän pilaantumisen ehkäiseminen ja vähentäminen: Pilotointi toteutettiin yhteistyökumppanin koetointialueella, jossa ei ole vaaraa ilman, veden tai maaperän pilaantumiseen.
- Biologisen monimuotoisuuden ja ekosysteemien suojelu ja ennallistaminen: Pilotointi toteutettiin yhteistyökumppanin koetointialueella, jossa ei ole vaaraa biologisen monimuotoisuuden tai ekosysteemin heikkenemiselle, tai luontotyyppien ja lajien suojelutilanteen heikkenemiselle.

Valittujen käytettyjen jakeiden ansiosta biohiilen tuotannosta syntyvät ilmasto- ja luontovaikutukset jäävät vähäisiksi, ja eri sivuvirtojen arvokkaat materiaalit ja ravinteet saadaan hyötykäyttöön sekä edistettyä materiaalien kierrätysastetta.