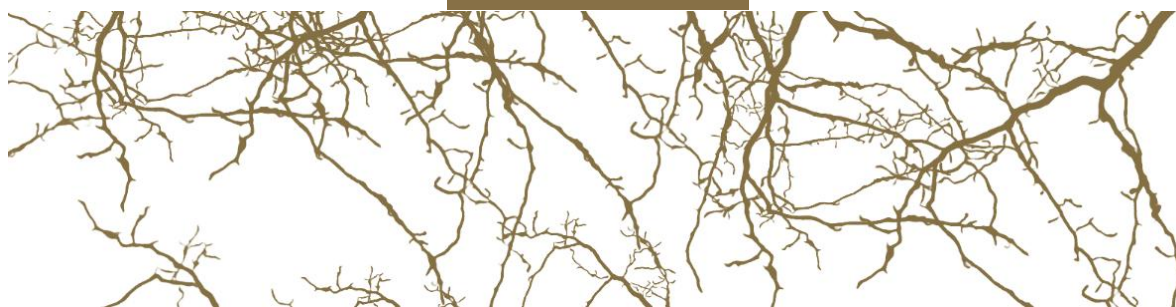


MunBio



MunBio-hanke

LOPPURAPORTTI 19.2.2024-31.10.2025



Sisällys

Tiivistelmä.....	2
Loppuraportti.....	3
1. Hankkeen nimi.....	3
2. Hankkeen toteuttajat.....	3
3. Hankkeen kesto.....	3
4. Rahoituslähteen tiedot.....	4
5. Hankkeen tausta ja tavoitteet.....	4
6. Hankkeen toteutus.....	6
7. Hankkeen tulokset.....	13
8. Hankkeen vaikutukset.....	16
9. Talousraportti.....	16
10. Yhteenveto.....	17
11. Liitteet.....	18



Tiivistelmä

MunBio-hankkeen päätavoitteena oli luoda Lohjan Munkkaan jätekeskuksen alueelle erilaisten biomateriaalien kiertotalouden ekosysteemi. Tässä ekosysteemissä tähdättiin toimijoiden kesken tehokkaampaan sekä paikalliseen ravinteiden kierrätykseen, vesienhallintaan ja puhtaampien biomassojen, lähiruokien, maanparannusaineiden sekä elintarvikkeiden raaka-aineiden tuotantoon. Lisäksi hankkeella pyrittiin parantamaan kaatopaikka-alueiden vesienhallintajärjestelmää ja vähentämään kaupungin jätevedenpuhdistamon kuormitusta. Ekosysteemin toimivuutta testattiin hankkeessa erilaisten pilottien avulla, ja selvitettiin sitä kautta taloudelliset ja toiminnalliset edellytykset teollisen mittakaavan yhteistyölle. Ilmastonmuutoksen hillintää pyrittiin edistämään valmistamalla biomassoista biohiiltä, johon hiili sidotaan pysyvästi. Tavoitteena oli paikallinen pilotti, jota voitaisiin myöhemmin soveltaa muillekin paikkakunnille.

MunBio – hanke sai rahoitusta Ympäristöministeriön RAKI-ohjelmasta, joka rahoitti Suomessa investointeja sekä tutkimus-, kehittämis- ja innovaatiohankkeita, joissa hyödynnettiin yhdyskuntien ravinnerikkaita biomassoja ja sivuvirtoja ja luotiin edellytyksiä kannattavalle kierrätysravinnemarkkinalle.

Hankkeen aikana saatiin toteutettua monta mielenkiintoista pilottia mm. kierrätysravinteisiin, biohiileen, jätevesien suodattamiseen sekä lähiruokien tuotantoon liittyen. Osassa piloteista pystyttiin arvioimaan niiden teknistaloudellista kannattavuutta isommassa mittakaavassa, kun taas osa applikaatioista vaatisi vielä lisää tutkimusta, jotta arviointi voitaisiin tehdä. Hankkeen aikana pystyttiin hyvin demonstroimaan, miten tärkeää bio- ja kiertotaloushankkeissa on useiden eri alalla toimivien toimijoiden yhteistyö sekä koko arvoketjun ymmärtäminen, jotta uusia liiketoimintoja voidaan perustaa onnistuneesti.

Esimerkiksi lähiruoka- ja ravintokasvituotannon liiketoiminnan käynnistämisen edellytyksenä on laajan tuotanto- ja myyntiketjun toimivuuden ja tuotekysynnän varmistaminen ennen kuin investointien kannattavuus voidaan riittävästi varmistaa ja voidaan edetä tuotantomittakaavan toimintaan.



Loppuraportti

Viite: Ympäristöministeriön erityisavustuspäätös VN/6010/2024

1. Hankkeen nimi

MunBio – Munkkaan Biokierto

2. Hankkeen toteuttajat

GRK Suomi Oy

Jaakonkatu 2

01620 Vantaa

Yhteyshenkilö: Annika Sormunen, annika.sormunen@grk.fi, p. 044 331 8877

Rosk'n Roll Oy Ab

Munkkaanmäki 51

08500 Lohja

Yhteyshenkilö: Vesa Heikkonen, vesa.heikkonen@rosknroll.fi, p 040 834 5016

Kiertoravinne Oy

Lauttakyläntie 570

27510 Eura

Yhteyshenkilö: Jenni Ylikahri, jenni.ylikahri@kiertoravinne.fi, p. 0400 350 007

Redono Oy

Arvolantie 122

08680 Lohja

Yhteyshenkilö: Henri Laine, henri@redono.fi, p. 044 989 4612

Redono Oy joutui henkilökohtaisista syistä keskeyttämään hankkeen toteuttamisen kesällä 2025. Hankkeen keskeyttämisestä on tehty erillinen päätös YM:n toimesta 25.9.2025. Näin ollen tässä raportissa ei käsitellä Redonon osuutta hankkeella, koska heidän osaltansa tehdyt toimenpiteet ja tulokset on raportoitu jo väliraportti 1:ssä ja 2:ssa aiemmin. Tilintarkastus kuitenkin koskee myös Redonon osuutta hankkeella.

YM:n päätöksessä 25.9.2025 on kuitenkin todettu, että muilta osin valtionavustuksen maksatus hankeconsortiolle jatkuu aiemmin annettujen päätösten mukaisesti, joten tässä raportissa esitetään GRK:n, Rosk'n Roll Oy Ab:n ja Kiertoravinteiden osalta tärkeimmät tuotokset sekä johtopäätökset. Redonon osuuksia sivutaan ainoastaan siinä määrin, kun toimenpiteitä on tehty yhteistyössä muiden hankepartnerien kanssa.

3. Hankkeen kesto

19.2.2024 – 31.10.2025

4. Rahoituslähteen tiedot

MunBio – hanke sai rahoitusta Ympäristöministeriön RAKI-ohjelmasta, joka rahoitti investointeja sekä tutkimus-, kehittämis- ja innovaatiohankkeita, joissa hyödynnettiin yhdyskuntien ravinnerikkaita biomassoja ja sivuvirtoja ja luotiin edellytyksiä kannattavalle kierrätysravinneravinnemarkkinalle. Lisäksi ohjelmassa tuettiin yhdyskuntien jätevedenkäsittelyn energiatehokkuutta ja -neutraaliutta edistäviä hankkeita. Loput hankkeesta rahoitettiin mukana olevien yritysten toimesta.

5. Hankkeen tausta ja tavoitteet

5.1. Tausta

Erilaisia biomassoja, kuten metsäteollisuuden sivuvirtoja, käytetään tällä hetkellä runsaasti energiatuotantoon erityisesti Suomessa, sillä sen katsotaan olevan yksi uusiutuvan energian tuotantomuodoista. Poltossa biomassan sisältämä hiilidioksidi (CO₂) kuitenkin vapautuu ilmakehään, mikä omalta osaltaan kiihdyttää ilmastonmuutosta. EU:n jätehierarkiassa, jolla kuvataan jätehuollon toiminnan tärkeysjärjestystä, jätteiden hyödyntäminen energiana on vasta neljäs vaihtoehto jätteen määrän ja haitallisuuden vähentämisen, uudelleenkäytön ja kierrätyksen eli uusiokäytön jälkeen. Näin ollen, erilaisten biomassojen hyötykäyttöä korkeamman arvon tuotteissa tulisi edistää niiden polttamisen sijaan.

Biomassojen korkeamman arvon hyödyntämisellä tarkoitetaan esimerkiksi ravinteiden talteenottoa biokaasulaitoksilla, tai niiden muuntamista pyrolyysiprosessissa biohiileksi, jolla voidaan esim. parantaa kasvien kasvuolosuhteita maanparannusaineena. Lisäksi biohiili sitoo kasvien sisältämän hiilen pysyvästi maaperään hilliten sitä kautta ilmastonmuutosta. Kun biomassat kierrätetään tehokkaasti kierrätyslannoitevalmisteiksi ja biohiileksi sekä hyödynnetään viljelyssä, edistetään sillä ravinneomavaraisuutta ja huoltovarmuutta.

Ruokajärjestelmän tulee kytkeytyä irti ehtyvistä fossiilisista resursseista, mikä tarkoittaa siirtymistä suljetumpiin ravinnekiertoihin ja uusiutuvan energian käyttöön. Tarvitaan hajautetumpaa tuotantorakennetta, jossa kuljetusmatkat pysyvät maltillisina. Tähän liittyy myös tarve suunnata ihmisten ruokavalioita kasvispainotteisimmiksi myös proteiinien lähteiden osalta sekä muuttaa maatalouden tuotantotavat kestävimmiiksi. Lisäksi elintarvikejätteiden määrää tulisi puolittaa vuoteen 2030 mennessä (Eurooppa-Neuvosto¹). Tällaisia kestäviä ratkaisuja on rakennettava paikallisten toimijoiden kanssa. Tarvitaan myös julkisen sektorin ohjausta, jotta voidaan luoda kestävä ruoan toimintaympäristöjä.

Perinteinen maanviljely on tullut myös entistä haastavammaksi ilmastonmuutoksen takia. Ravinteiden kierrätys, vertikaaliviljely ja muut sisäviljelyteknologiat, digitalisaatio ja uudet toimintamallit ovat avainratkaisuja kestävämmän ruokajärjestelmän edistämiseen ja mahdollistavat toimijoiden yhteisöllisen toiminnan aidosti ekosysteeminä. Nämä luovat

¹ Eurooppa-Neuvosto: Ruokahävikin ja ruokajätteen hävittäminen: <https://www.consilium.europa.eu/fi/policies/food-losses-waste/>

myös mahdollisuuksia uusille palveluille ja uudentlaiselle liiketoiminnalle ruokajärjestelmän muutoksessa kiertotalouden avulla.

Kestävän biomassojen suljetun kierron luomiseksi tarvitaan yritysekosysteemejä, verkostoja, jotka yhdessä edistävät paikallista ravinne- ja energiaomavaraista ruoantuotantoa sekä eri sivuvirtojen hyödyntämistä. Se voi tarkoittaa esimerkiksi sellaista kiertotalousekosysteemiä, jossa ruokaketjussa syntyvät bioperäiset sivuvirrat ja jätteet jalostettaisiin biokaasuksi/uusiutuvaksi energiaksi sekä kierrätysravinteiksi. Kierrätysravinteet, hiilidioksidipäästöt ja ylijäämälämmöt voitaisiin hyödyntää paikallisissa ruoantuotantolaitoksilla, missä tuotetaan puhdasta lähiruokaa sekä muita jalostettuja elintarviketuotannon raaka-aineita. Ruokaloiden ja ravintoloiden tarjonta painottuisi paikalliseen ruokaan, jalostus tapahtuisi lähellä tuotantoa ja asukkaat suosisivat ostopäätöksissään paikallisia elintarvikeryityksiä ja tuottajia.

Lisäksi tarvitaan uusia paikallisia ratkaisuja jätevesien ravinnekuormituksen pienentämiseen, ja niissä olevien ravinteiden kierrättämiseen takaisin hyötykäyttöön. Biohiilellä ja ravinteiden kierrätyksellä on suuria mahdollisuuksia hyödyntää ja sitoa tehokkaammin ravinteet paikallisesti, joka myös vähentää kaupungin/kunnan yhteisen jätevesihuollon kuormitusta.

5.2. Tavoitteet

MunBio-hankkeen päätavoitteena oli luoda Lohjan Munkkaan jätekeskuksen alueelle erilaisten biomateriaalien kiertotalouden ekosysteemi. Tässä ekosysteemissä tähdättiin toimijoiden kesken tehokkaampaan sekä paikalliseen ravinteiden kierrätykseen, vesienhallintaan ja puhtaampien biomassojen, lähiruokien, maanparannusaineiden sekä elintarvikkeiden raaka-aineiden tuotantoon. Lisäksi hankkeella pyrittiin parantamaan kaatopaikka-alueiden vesienhallintajärjestelmää ja vähentämään kaupungin jätevedenpuhdistamon kuormitusta. Ekosysteemin toimivuutta testattiin hankkeessa erilaisten pilottien avulla, ja selvitettiin sitä kautta taloudelliset ja toiminnalliset edellytykset teollisen mittakaavan yhteistyölle.

Alla on esitetty jokaisen mukana olleen yrityksen yksityiskohtaiset tavoitteet hankkeelle ja niihin mahdollisesti tehdyt muutokset hankkeen aikana.

Rosk'n Roll Oy Ab

- Luoda puitteet yhtiön strategianmukaisille innovatiivisille jätteiden käsittely- ja hyödyntämislaitoksille.
- Edistää ravinnekierrätystä ja vähentää vesistöjen rehevöitymistä kehittämällä jätekeskuksen jätevesihallintaa.
- Kehittää suljettujen kaatopaikka-alueiden jatkokäyttöä.
- Tuottaa erilaisia jätevirtoja muiden hankkeessa mukana olevien yritysten käyttöön.
- Kehittää MunBio – Munkkaan Biokiertoalueen ekosysteemin massa- ja energiataseet (tämä tavoite siirrettiin hankkeen aikana Redono Oy:ltä Rosk'n Roll Oy Ab:lle)

GRK Suomi Oy

- Kehittää biohiilen palvelutarjontaa esimerkiksi jätevesien suodatinratkaisuilla.
- Testata uusia erilaisia biohiilen raaka-aineita biohiilen tuotannossa, sekä kehittää omaa raaka-ainetuotantoa suljettuja kaatopaikka-alueita hyödyntämällä.
- Testata biohiilen uusia käyttömahdollisuuksia erilaisissa sovellutuksissa, kuten sisäviljelyssä.

Kiertoravinne Oy

- Markkinatutkimus biohiilen maatalouskäytöstä
- Testata biohiilen käyttöä maanparannusaineena ja selvittää potentiaalisin biohiilen käyttötapa peltoviljelyssä
- Todentaa biohiilen hyödyt lietealtaiden kattamisessa ravinteiden hävikin estämiseksi ja tutkia samalla mahdollisuuksien mukaan biohiilen latautumista.

Alun perin hankkeessa oli tarkoitus toteuttaa myös pieni osatehtävä, jonka tavoitteena oli tutkia biohiilen lataamista ravinteilla. Tämän toteuttaminen ei kuitenkaan Kiertoravinteesta riippumattomista syistä onnistunut, minkä vuoksi päädyttiin osaa tehtävästä tutkimaan astiakokeen yhteydessä. Asiasta tehtiin muutosesitys eikä se vaikuttanut hankkeen kokonaisbudjettiin.

6. Hankkeen toteutus

6.1. Toteutus

Alla on esitetty hankepartnereiden yksityiskohtaiset toimenpiteet hankkeelle, niiden toteuttajat sekä aikataulu. Lisäksi on kuvattu mahdolliset muutokset toteutuksessa alkuperäiseen suunnitelmaan nähden sekä positiiviset huomiot että eteen tulleet haasteet.

Rosk'n Roll Oy Ab

Hankekumppaneille tarjotaan alueet pilotointiin

Rosk'n Roll tarjosi MunBio-hankkeessa Munkkaan jätekeskuksen alueita erilaisten pilotointiin toteuttamiseen. Suljetun jätetäyttöalueen päälle rakennettiin kasvatuskerros kompostoituneesta haravointijätteestä GRK:n hampun kasvatuspilottia varten. Kasvatuskerroksen lisääminen tehtiin, jotta hampun juuristo ei vaurioittaisi jätetäyttöalueen pintarakenteita.

Jäteveden suodatuspilottia varten Rosk'n Roll valmisteli kontille paikan Munkkaan jätekeskuksessa. Ennen kontin käyttöönottoa suotovesiallas puhdistettiin sen pohjalle kerääntyneestä hienoaineksesta. Puhdistustyö viivästyi puhdistusurakoitsijan vaihtumisen vuoksi, mikä viivästytti biohiilisuodattimen käyttöönottoa joitakin kuukausia.

Kehitetään jätevesien käsittely- ja keräysjärjestelmiä hankkeen tulosten pohjalta

Hulevesien suodatuskokeiden tulosten perusteella voidaan tarkemmin arvioida tulevaisuudessa biohiilen hyödyntämistä vesien esisuodatuksessa ennen viemärointiä tai luontoon johdettavien hulevesien suodatuksessa. Suodatuskokeessa havaittu biohiilisuodattimen tukkeutuminen johtui viemäroitävän jäteveden kiintoainepitoisuudesta, joka täytyy jatkossa ottaa huomioon vastaavan tyyppisissä hankkeissa.

MunBio hankkeessa etsittiin synergioita Munkkaan alueen nykyisten toimijoiden välillä, tarkasteltiin kehitysteemoja hankekumppaneiden välillä ja tunnistettiin tulevaisuuden mahdollisuuksia. Vesien kierron osalta potentiaalisena ratkaisuna nähtiin biohiilellä suodatetun veden hyödyntäminen esimerkiksi nopeakiertoisten kasvien viljelyssä, suljetuilla jätetäyttöalueilla kastelussa tai kasvihuoneiden kasteluvetenä. Jotta näitä ratkaisuja voidaan edistää, tarvitaan lisätutkimuksia veden soveltuvuudesta eri käyttötarkoituksiin.

Valmistellaan alueita tuleville toiminnoille ja valmistaudutaan materiaalivirtahallinnan muutoksiin

Hankkeessa kartoitettiin Munkkaan jätekeskuksen alueen toimijat, toiminnot ja materiaalivirrat.

Munkkaan alueella tunnistettiin mahdollisuuksia bio- ja kiertotalouden kehittämiseen:

- Biokaasulaitoksen mädätejäännös kiertää nykyisin pelloille, mutta siitä on mahdollisuus jalostaa korkeamman jalostusarvon tuotteita
- Puujäte, risut ja kannot ovat kiinnostavia sekä laadultaan että määrältään esimerkiksi biohiilen valmistukseen
- Haravointijäte ja tuhka ovat potentiaalisia raaka-aineita kasvualustojen valmistukseen
- Hiilidioksidin talteenotto ja hyödyntäminen biokaasunjalostuksesta on nouseva trendi
- Esimerkiksi kasvihuoneliiketoiminnalle olisi erityisesti biohiililaitoksen myötä useita synergiamahdollisuuksia (hukkalämpö, CO₂, ravinnepitoiset ja puhtaat vedet sekä mahdollinen kasvualustatuotanto)

MunBio: Massa-, energia ja ravinnevirrat ja konseptikehitys

Rosk'n Roll Oy Ab tilasi Sweco Oy:ltä MunBio-hankkeen Munkkaan jätekeskuksen alueen massa-, energia- ja ravinnevirtaselvityksen sekä konseptikehitysselvityksen. Selvityksen tekemiseen osallistuivat GRK, Kiertoravinne, Redono, Rosk'n Roll, Gasum Oy ja Soilfood Oy.

Selvityksen toteutus jakautui kolmeen vaiheeseen:

1. Alueen toimijoiden haastattelut: kerättiin tietoa nykyisestä toiminnasta ja materiaali-, energia ja ravinnevirtojen määristä ja laaduista ja keskusteltiin kehitysnäkymistä
2. Synergioiden kartoitus ja ideointi alueen toimijoiden välillä: tunnistettiin ja jatkokehitettiin jo esillä olleita kehitysmahdollisuuksia sekä ideoitiin uusia liiketoimintamahdollisuuksia, joille alueella on tunnistettua potentiaalia.

Konseptikehitysvaihe toteutettiin etupäässä Swecon sisäisenä asiantuntijajaneelityönä.

3. Työpaja alueen toimijoiden kesken: Työpajassa käytiin läpi hankkeen aikana tehdyt alueen nykytilannetta ja tulevaisuuden mahdollisuuksia kuvaavat materiaali- ja energiavirtahavainnekuvat sekä keskusteltiin tunnistetuista kehitysteemoista.

GRK Suomi Oy

Kasvatuspilotti

GRK toteutti yhteistyössä Rosk'n Roll Oy Ab:n kanssa kuituhampun kasvatuspilotin suljetun kaatopaikka-alueen päälle. Kasvatuspilotti perustettiin kesällä 2024 ja kuituhamppu korjattiin keväällä 2025. Perustamisessa ja korjaustoimenpiteissä käytettiin aliurakoitsijoita.

Pilotti saatiin muuten toteutettua alkuperäisen suunnitelman mukaisesti, mutta korjattuja kuituhamppupaaleja ei saatu jatkojalostettua, koska suunniteltu jatkojalostaja meni konkurssiin hankkeen aikana. Näin ollen hankkeen päätyttyä kuituhamppupaalit odottavat edelleen Munkkaalla varastossa sopivaa jatkokäyttöä.

Kasvatuspilotin perustaminen onnistui hyvin ja kuituhamppu kasvoi odotetun lailla. Haasteena oli koko arvoketjun varmistaminen eli hankkeen aikana ei päästy testaamaan kuituhampun biohiiletystä, kuten alun perin oli suunniteltu.

Jäteveden suodatuspilotti biohiilellä

GRK toteutti yhteistyössä Rosk'n Roll Oy Ab:n kanssa jäteveden suodatuspilotin, jossa suodatusmateriaalina käytettiin kahta erilaista biohiiltä. Suodattimen suunnittelusta vastasi Envineer Oy ja toteutuksesta Georg-Fischer (ent. Uponor). Huollosta ja käytön ylläpidosta sekä näytteenotosta vastasi GRK.

Biohiilisuodatin poisti jätevedestä ainakin alkuvaiheessa hyvin kiintoaineksen sekä joitain raskasmetalleista. Toisaalta ravinteiden (P ja N) ja suolojen (kloridi ja sulfaatti) pidätys oli heikompaa.

Suodattimen asennus myös venyi pidemmälle kuin mitä alun perin oli suunniteltu (kesäkuu→lokakuu), jolloin varsinainen näytteenotto voitiin aloittaa vasta marraskuussa 2024. Lisäksi suodattimen toiminnassa oli haasteita koko hankkeen ajan, koska suodatin meni tukkoon jätevedessä olevan liiallisen kiintoaineksen vuoksi. Näin ollen myös ylläpitoon kului enemmän työaika ja kustannuksia kuin mitä suunniteltiin. Myöskään saadut tutkimustulokset eivät välttämättä ole niin luotettavia, koska vettä virtasi suurimman osan aikaa suodattimien ohi ylivuotoputkiin.

Pilotin myötä on selvää, että suodatinjärjestelmään pitää tehdä esisuodatus suurimman kiintoaineksen poistamiseksi ennen veden ohjautumista biohiilisuodattimelle. Lisäksi biohiilen raekoon ja muiden ominaisuuksien optimointi voivat parantaa biohiilen kykyä

suodattaa erilaisia yhdisteitä jätevesistä, jotta niiden hyödyntäminen esim. teknisenä vetenä jätekeskuksissa voisi olla mahdollista.

Biohiilen uudet raaka-aineet

Biohiilen uusien potentiaalisten raaka-aineiden tunnistamiseksi Munkkaan alueelta tehtiin Excel-pohja, johon pyydettiin hankkeen muita toimijoita lisäämään heillä syntyviä mahdollisia raaka-aineita, vuosittaisia määriä sekä muita materiaalitietoja. Taulukossa 1 on esitetty nämä tiedot. Näistä raaka-aineista C-puu jouduttiin jättämään kokonaan pois, koska GRK:n Utajärven biohiililaitoksella ei ympäristöluvan mukaan voida käsitellä ko. materiaaleja. Risu- ja kantojätteet ovat mahdollisia, mutta niiden volyymit teolliseen tuotantolaitokseen ovat vielä toistaiseksi vähäisiä, eli alueelle pitäisi saada muualta täydentäviä raaka-aineita. Sienien kasvualustojen ja Redonon viljelytuotannon hukkamassoja ei hankkeen aikana syntyneet merkittäviä määriä, että niitä olisi voitu edes testata.

Taulukko 1. Munkkaan alueella syntyviä potentiaalisesti biohiilen raaka-aineeksi sopivia materiaaleja.

Yritys	Materiaali	Määrä (t/v)	Kosteus%	Muut tiedossa olevat ominaisuudet
Rosk'n Roll	Risut Munkkaa	1800		
Rosk'n Roll	Puujäte Munkkaa C-puu	2200		
Rosk'n Roll	Kantomurske	1000		ei synny joka vuosi
Revanssi	Puujäte Munkkaalla C-puu	1100		
Rosk'n Roll	Risut Munkkaata lähellä olevat asemat	1400		
Redono	Sienien kasvualustoja			
Redono	Muut viljelytuotannon hukkamassat			

Utajärven tuotantolaitoksella testattiin Rosk'n Roll Oy Ab:n risujätteen biohiiletystä syksyllä 2025. Lisäksi testattiin kahden kierrätyspuumurskeen (AB-luokka) biohiiletystä, jotka olivat peräisin laitoksen lähialueilta.

Haasteena uusien materiaalien testauksessa oli materiaalien kosteus, sillä niitä ei pystytty koetoiminnan aikana kuivaamaan laitoksella olevissa kuivaimissa, vaan ne piti syöttää sellaisenaan pyrolyysikammioon. Näin ollen niitä voitiin testata vain yhdessä nykyisellään käytössä olevan kuivan hakkeen kanssa sekoitussuhteella 72:28 (hake:uusi raaka-aine). Itse biohiiletys onnistui kuitenkin hyvin ja lopputuotteet näyttivät halutunlaisilta. Myös laboratoriotulosten perusteella kaikista testatuista raaka-aineista on mahdollista tuottaa laadukasta biohiiltä.

Biohiilen hyödyntämispotentiaali Kiertoravinteen ja Redonon tuotteissa

Hankkeen aikana kartoitettiin biohiilen hyödyntämispotentiaalia Kiertoravinteen ja Redonon tuotteissa ja näistä testattiin kahta potentiaalisinta. Kiertoravinne testasi GRK:n biohiilen



käyttöä lietealtaiden kattamiskokeissa, josta on erikseen raportoitu heidän osiossaan alempana.

Redono Oy testasi yhdessä Helsingin kanssa GRK:n biohiilen käyttöä ruokasienten viljelyssä. Saadut tutkimustulokset tukevat biohiilen käytön laajempaa hyödyntämistä sienituotannossa. Osterivinokkaan tapauksessa 20 % biohiilitason kasvualusta lisäsi satoa noin 38 % verrattuna biohiilettömään alustaan (437 g vs. 316 g). Shiitaken osalta biohiilen käyttö mahdollisti sadon muodostumisen, kun taas pelkkä leppäkasvualusta ei tuottanut satoa kokeen aikana lainkaan. Jatkossa olisi hyödyllistä:

- Tutkia biohiilen vaikutusta sienten ravintoarvoihin.
- Kokeilla biohiilialustojen käyttöä kaupallisessa mittakaavassa.
- Suorittaa lisätutkimuksia biohiilen rakeisuuden vaikutuksesta kasvuun.
- Selvittää biohiilitäydennyksen taloudelliset hyödyt suhteessa lisäkustannuksiin.

Tästä pilot-kokeesta saadut tutkimustulokset on raportoitu yksityiskohtaisesti hankkeen väliraportti 2:ssa.

Kiertoravinne Oy

Toteutetaan markkinatutkimus biohiilen käytöstä Kiertoravinteiden asiakkaille

Kiertoravinne loi kyselyn maatalousyrittäjille. Kyselyssä selvitettiin maatalousyrittäjien kiinnostusta biohiilen käyttöön maataloudessa. Kyselyssä selvitettiin, mistä syistä biohiili on tai ei ole kiinnostava vaihtoehto. Kysely toteutettiin oman henkilöstön työpanoksella käyttäen olemassa olevia työkaluja. Kyselyyn vastasi 59 maatalousyrittäjää. Lisäksi kiinnostusta biohiileen selvitettiin maatalousmessuilla Kiertoravinteiden osastolla.

Toteutetaan koeluontoinen lietealtaiden kattaminen biohiilellä – analysoidaan ravinnepitoisuudet ennen ja jälkeen varastoinnin ja käytetään verrokkina kattamatonta lieteallasta

Kiertoravinne toteutti astiamittakaavan kokeen, jossa jäljiteltiin lietealtaiden olosuhteita. Astiakokeella haluttiin selvittää biohiilen toimivuutta mädätysjäätännöksen katemateriaalina. Kokeessa kiinnosti todentaa, kellyuko biohiili mädätteen päällä kuukausien varastoinnissa. Lisäksi haluttiin selvittää, vähentääkö biohiilikatte ravinteiden haihtumista varastoinnissa.

Kokeessa oli kuusi tuotetta, jotka olivat erilaisia mädätysjäätännöksiä. Jokainen tuote oli sellaisenaan ja toisessa astiassa katettuna biohiilellä. Biohiilikatteen vahvuus oli 5 cm. Astiakoe toteutettiin aikajaksolla 7.2.2025-28.5.2025. Astiat olivat ulkona säiden armoilla.

Tuotteista otettiin näytteet kokeen alkaessa, kaksi välinäytettä kuukauden välein ja viimeiset näytteet kokeen päättyessä. Näiden perusteella pystyttiin toteamaan ravinteiden

käyttäytyminen. Biohiilen kelluntaa arvioitiin silmämääräisen arvion perusteella. Kuvassa 1 on esitetty esimerkki astiakokeen biohiilellä katetusta astiasta.



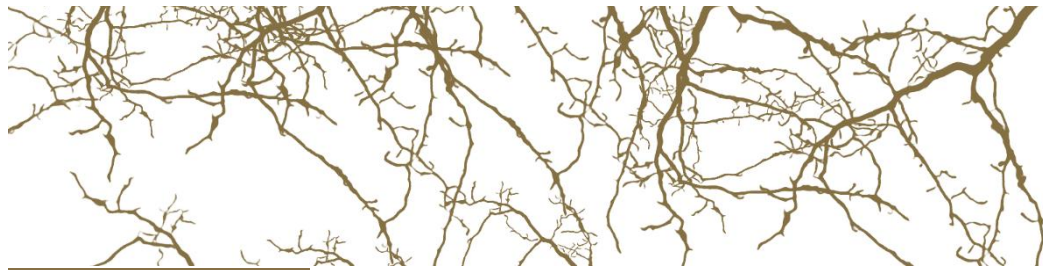
Kuva 1. Astiakokeen yksi katettu astia.

Testataan biohiiltä maanparannusaineena peltoviljelyssä

Kiertoravinne toteutti maanparannusaineseoksen, jossa oli mukana biohiiltä. Seos toimitettiin DeliSoil-hankkeen peltoviljelykokeisiin keväällä 2025. Peltoviljelykokeeseen toimitettiin myös samaa maanparannusainetta ilman biohiiltä. DeliSoil-hanke toteutti peltoviljelykokeen tutkimukset ja sitoutui toimittamaan tulokset Kiertoravinteelle. Saman hankkeen toimesta oli tarkoitus kokeilla vastaavaa maanparannusaineseosta myös syyslevityksiin syksyllä 2025, mutta se ei onnistunut olosuhteitten takia.

6.2. Viestintä

Hankkeelle laadittiin alussa viestintäsuunnitelma, jota kaikki osapuolet noudattivat ja täydensivät hankkeen edetessä. Hankkeelle luotiin myös oma visuaalinen ilme ja logo (Kuva 2).



MunBio

Kuva 2. Hankkeen visuaalinen ilme ja logo.

Rosk'n Rollin puolelta nimettiin hankkeen alkuvaiheessa yksi viestintävastaava, joka huolehti LinkedIn-sivun ylläpidosta ja seurasi viestintäsuunnitelman toteutumista. Jokaisessa projektiryhmän kokouksessa kaikki osapuolet tarkastelivat yhdessä viestintäsuunnitelman ajantasaisuutta.

Hankkeen pääasialliseksi digitaaliseksi viestintäkanavaksi valittiin LinkedIn, sillä se on johtava somealusta erityisesti yritysviestintään, ammatilliseen verkostoitumiseen ja työnantajakuvan kehittämiseen. Lisäksi hankkeessa mukana olevat osapuolet olivat jo valmiiksi aktiivisia LinkedIn-käyttäjiä, joten alusta oli kaikille tuttu.

Viestintää toteutettiin laaditun viestintäsuunnitelman mukaisesti ja kanavan avulla tiedotettiin hankkeen etenemisestä, tuloksista ja tapahtumista sekä lisättiin hankkeen näkyvyyttä ja verkostoitumista. Hanketta esiteltiin yhdeksässä eri tapahtumassa ja siitä kerrottiin kymmenessä eri julkaisussa, joista suurin osa oli asiantuntija-artikkeleita. Hankkeen aikana julkaistiin noin 30 LinkedIn-postausta, ja hankkeen LinkedIn-sivulla on tällä hetkellä 190 seuraajaa. Seuraajamäärä kasvoi tasaisesti hankkeen aikana.

Viestinnän onnistumisina voidaan pitää säännöllistä julkaisutahtia, selkeää ja ajantasaista sisältöä hankkeesta sekä kohderyhmän hyvin tavoittanutta kanavavalintaa. Haasteina puolestaan olivat rajalliset resurssit ja hankkeen osapuolten sijaintien aiheuttamat välimatkat, jotka vaikeuttivat ajantasaisen tiedon ja esimerkiksi kasvatuskokeilujen tulosten dokumentointia osana viestintää. Kokonaisuutena viestintä on kuitenkin tukenut hankkeen tavoitteita hyvin ja vahvistanut hankkeen näkyvyyttä alan toimijoiden keskuudessa.

7. Hankkeen tulokset

Alla on esitetty hankkeen aikana syntyneet tärkeimmät tuotokset jokaisen hankepartnerin osalta

Rosk'n Roll Oy Ab

Kasvatuspilotti suljettujen kaatopaikka-alueiden jatkohyödyntämistä ajatellen

Kuituhampun kasvatuspilotti onnistui suljetun jätetäytön päällä hyvin. Täyttöalueen päälle tehtiin kasvatuskerron kompostoituneesta haravointijätteestä. Kerroksen tarkoitus oli suojata kaatopaikan tiiviitä pintarakenteita sekä toimia ravinnekerroksena hampulle. Kasvatuspilotti tehtiin tasaisella lakialueella, suljetun kaatopaikan reuna-alueita ei käytetty niiden kaltevuuden vuoksi. Maa kesti kylvö- ja korjuukoneiden painon hyvin. Kaatopaikka-alueen pinta soveltui hampun kasvatukseen hyvin, kylvö ja korjuu onnistuivat. Kasvatuspilotin perusteella suljettuja jätetäyttöalueita voidaan hyödyntää jatkossa kasvatukseen ja kompostoitunutta haravointijätettä käyttää kasvatuskerrokseen. Kasvatuspilottia on kuvattu tarkemmin GRK:n laatimassa kasvatuspilotin loppuraportissa (LIITE 1).

Jätevesien suodatuspilotin kokemukset ja hyödyt

Kokeet osoittivat, että viemäroitävän veden korkea kiintoainepitoisuus aiheutti haasteita ja johti suodattimen tukkeutumiseen. Tämä tekijä on huomioitava jatkossa vastaavanlaisissa hankkeissa. Suodatuskokeiden tulosten perusteella biohiilen käyttö vesien suodatukseseen vaatii lisätutkimuksia, jatkossa voitaisiin arvioida biohiilisuodattimien hyödyntämistä vesien esisuodatuksessa myös ei viemäroitävien hulevesien osalta. Suodatuspilottia on kuvattu tarkemmin GRK:n laatimassa suodatuspilotin loppuraportissa (LIITE 2).

Selvitys: Munkkaan Biokiertotalouden ekosysteemi Lohjan Munkkaan jätekeskukseen

Liitteessä 3 on esitetty teetetty selvitys MunBio-hankkeelle. Selvityksen tavoitteena ja tarkoituksena oli biokiertotalouskonseptin sekä siihen liittyvien materiaali-, energia- ja ravinnevirtojen selvittäminen ja kuvaaminen sekä MunBio-hankkeen tavoitteiden toteutumisen tukeminen. Selvitys tehtiin hankekumppaneiden ja Munkkaan jätekeskuksen alueen toimijoiden kanssa yhteistyössä.

Selvitys tuki hyvin hanketta, siinä selvitettiin Munkkaan jätekeskuksen alueelle kiertotalouden ekosysteemiä, tunnistettiin kehitysteemoja sekä tulevaisuuskuvia. Alueella tunnistettuja kehitysteemoja ovat toimijoiden väliset lämpösynergiat ja ravinnevirrat sekä raaka-aineet biohiilen tuotantoon. Lisäksi tunnistettiin alueen selkeä potentiaali kasvihuoneliiketoiminnalle.

GRK Suomi Oy

Kasvatuspilotti

Liitteessä 1 on esitetty loppuraportti hankkeen aikana toteutetusta kasvatuspilottista.

Kasvatuspilotin osalta kaikki muut tavoitteet toteutuivat paitsi kuituhampun jatkojalostus, joka ei

onnistunut jatkojalostajan mentyä konkurssiin hankkeen aikana. Taloudellisen tarkastelun perusteella kuituhampun kustannus tällä tavalla viljelemällä on vielä toistaiseksi kalliimpaa kuin nykyisillä biohiilen raaka-aineilla, joten arvoketjua tulee vielä jatkossa kehittää, jotta se olisi teknistaloudellisesti mahdollista skaalata.

Jäteveden suodatuspilotti biohiilellä

Liitteessä 2 on esitetty loppuraportti hankkeen aikana toteutetusta jäteveden suodatuspilottista biohiilellä. Suodatuspilotti saatiin toteutettua suunnitelmien mukaisesti, mutta suodatin itsessään ei toiminut täysin kuten oli ajateltu, vaan sitä jouduttiin huoltamaan usein. Näin ollen pilotointia tulisi jatkaa vielä mm. lisäämällä riittävä esisuodatin systeemiin. Suodattimen kustannukset ovat vielä toistaiseksi kalliimmat nykyiseen menetelmään verrattuna, mutta niitä olisi mahdollista pienentää optimoimalla suodattimen tekninen toimivuus. Pilot-kokeesta saatuja tutkimustuloksia ei sen toimimattomuuden vuoksi voida täysin pitää luotettavina, jotta voitaisiin lopullisesti arvioida biohiilen soveltuvuus jätevesien suodatukseen. Hankkeen aikana saatiin kuitenkin kerättyä paljon arvokasta tietoa siitä, miten suodatus tulisi toteuttaa teknisesti paremmin.

Biohiilen uudet raaka-aineet

Liitteessä 4 on esitetty loppuraportti hankkeen aikana toteutetuista uusien raaka-aineiden biohiiletyskokeista GRK:n Utajärven biohiililaitoksella. Saatujen tulosten mukaan uudet raaka-aineet soveltuvat hakkeen seassa hyvin biohiilen raaka-aineeksi, ja jatkossa onkin tarkoitus suunnitella uusien raaka-aineiden käyttöönottoa tuotannossa isommassa mittakaavassa.

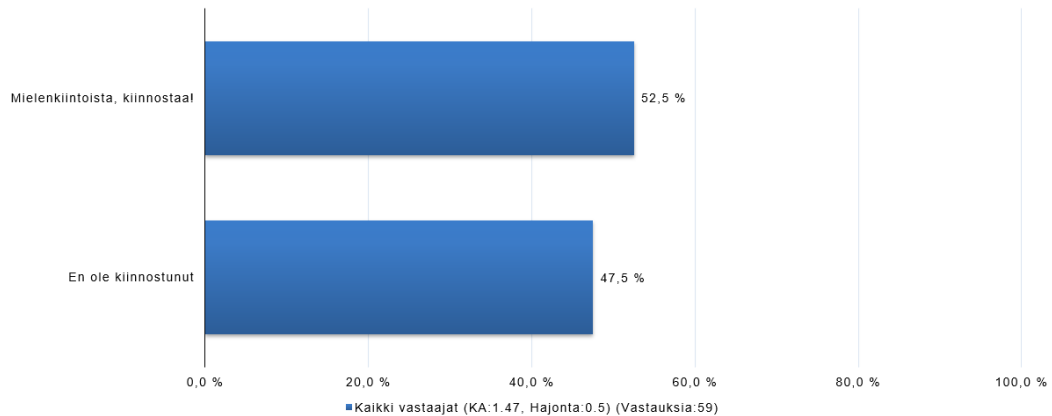
Kiertoravinne Oy

Markkinatutkimuksen kautta tietoa biohiilen kysynnästä maataloudessa, lisäksi tietoa kiinnostavimmasta käyttötavasta

Markkinatutkimus toteutettiin kyselynä. Kyselyn tuloksista selvisi, että biohiili kiinnostaa yllättävän monia maatalousyrittäjiä, mutta suurin osa heistä ei tiedä biohiilestä riittävästi arvioidakseen sen hyötyjä.

Vastaajista 42,4% uskoi, että biohiilellä on tulevaisuudessa käyttöä maataloudessa. 66,1% vastaajista kertoi, ettei harkitse biohiilen käyttöä sen takia, ettei tiedä biohiilestä tarpeeksi. 52,5% vastaajista oli kiinnostunut ravinnehävikin vähentämisestä biohiilen avulla (Kuva 3).

Oletko kiinnostunut lietealtaan ravinteiden pidättämisestä ja ravinnehävikin vähentämisestä biohiilen avulla? Biohiiltä hyödynnettäisiin lietealtaan kattamisessa.



Kuva 3. Biohiilen kiinnostavuus lietealtaan kattamisessa.

Kysely vastasi hyvin toimenpiteelle asetettuihin tavoitteisiin. Kyselyn tulokset lisäsivät ymmärrystä siitä, mikä on kohderyhmän yleinen tietämys biohiilestä ja ovatko he kiinnostuneita hyödyntämään biohiiltä. Kyselyn tärkein anti oli ymmärrys siitä, että maatalousyrittäjien saataville pitää tuottaa lisää tietoa biohiilen ominaisuuksista ja käyttömahdollisuuksista.

Lietealtaan kattamiskoe

Kokeessa saatiin arvokasta tietoa ravinteiden käyttäytymisen lisäksi biohiilen käyttäytymisestä katemateriaalina ja lietteen määrällisestä haihtumisesta. Yhdessä tuotteessa biohiili vajosi astiaan jo heti kokeen aloituksessa ja vettyi. Yhdessä tuotteessa biohiilikate säilyi loppuun saakka pinnalla vastaavana kuin kokeen aloituksessa - tuotteen verrokkiastiassa muodostui tuotteen pintaan kuorettuma, minkä pääteltiin vaikuttaneen tuotteen katetussa astiassa biohiilen hyvään säilymiseen. Osassa tuotteita biohiili vajosi ja puuroutui kokeen aikana.

Kokeen tuloksista nähtiin, että keskiarvona typen haihdunta oli 19 % tasolla. Eri tuotteiden välillä oli kuitenkin isoja eroja tuloksissa. Kokeessa myös selvisi, että vajotessaan biohiili imi ravinteita itseensä eli niin sanotusti latautui. Vastaavaa ei tapahtunut silloin, kun biohiili ei vajonnut vaan pysyi astian pinnalla eikä vettynyt. Koe antoi arvokasta tietoa myös ravinteiden haihtumisesta, kun astioita ei ollut katettu. Kaiken kaikkiaan astiakokeen toteutus onnistui hyvin ja siitä saatiin tavoitteen mukaiset tulokset, joita pystytään hyödyntämään tuotteiden varastoinnin ja käytön suunnittelussa.

Kokeen tuloksia verrattiin myös Luonnonvarakeskuksen toteuttamaan vastaavaan astiakokeeseen hankkeessa Biokanta. Kokeiden todettiin antaneen saman suuntaiset tulokset.

Tulokset biohiilen käyttökokeesta maanparannuksessa

Biohiili-maanparannusaineseos toimi silmämääräisesti hyvin DeliSoil-hankkeen peltoviljelykokeissa. Viljelijä, joka seosta kokeili kokeessa, oli tyytyväinen tuotteeseen ja halukas jatkamaan koetta seuraavalla kasvukaudella. Kokeen viralliset tulokset olivat kesken MunBio-hankkeen loppuraportoinnin yhteydessä, joten niitä päästään kuulemaan ja raportoimaan vasta loppuvuodesta 2025 DeliSoil-hankkeen loppuraportissa.

8. Hankkeen vaikutukset

Hankkeen vaikutuksia talouteen, työllisyyteen ja ympäristöön on arvioitu Liitteessä 5 olevassa resurssit talteen seurantalomakkeella.

Lisäksi Liitteessä 6 on esitetty arvio ei merkittävää haittaa-periaatteen (DNSH) toteutumisesta hankkeella.

9. Talousraportti

Rosk'n Roll Oy Ab

Liitteessä 7 on esitetty Rosk'n Roll Oy Ab:n kustannuserittely. Lisäksi liitteessä 8 on esitetty hankkeen pääkirja ja liitteessä 9 kirjanpidon otteet käytetystä työajasta henkilöittäin 1.5.2025-31.10.2025 välisenä aikana.

Hankkeen aikana siirrettiin Redono Oy:n ostopalveluita Rosk'n Rollin ostopalveluiksi MunBio konseptin kehitystyön osalta. Siirron perusteena oli tämän selvitystyön projektipäällikkyuden siirto Rosk'n Rollille. Muutosesitys hyväksyttiin Ympäristöministeriön päätöksellä 7.11.2025.

Pilot-valmisteluiden konetöiden osalta kustannukset osoittautuivat arvioitua suuremmiksi, muilta osin kustannukset toteutuivat arvioidun mukaisesti.

GRK Suomi Oy

Liitteessä 10 on esitetty GRK Suomi Oy:n kustannuserittely. Lisäksi liitteessä 11 on esitetty hankkeen pääkirja ja liitteessä 12 kirjanpidon otteet käytetystä työajasta henkilöittäin ja matkakuluista 1.5.2025-31.10.2025 välisenä aikana.

Hankkeen aikana kustannusarvioon jouduttiin tekemään jonkin verran muutoksia eri kustannuslajien välillä, mutta hankkeen kokonaisbudjetti pysyi suurin piirtein sen mukaisena kuin mitä alun perin oli esitetty.

Biohiilisuodattimen osalta poistot kirjattiin hankkeen lopussa täysimääräisesti, koska biohiilisuodatin ei toiminut halutulla tavalla ja sillä ei sellaisenaan ole mitään jatkokäyttöä hankkeen päättymisen jälkeen.

Kiertoravinne Oy

Liitteessä 13 on esitetty Kiertoravinne Oy:n kustannuserittely. Lisäksi liitteessä 14 on esitetty hankkeen pääkirja ja liitteessä 15 kirjanpidon otteet käytetystä työajasta henkilöittäin 1.5.2025-31.10.2025 välisenä aikana. Liitteessä 16 on esitetty Kiertoravinne Oy:n palkkakustannukset hankkeessa 1.5.-31.10.2025 väliseltä ajalta.

Kiertoravinne teki hyväksytyjä muutoksia hankkeen toteutukseen hankkeen aikana. Yksi hankkeen osatehtävä ei onnistunut Kiertoravinteesta riippumattomista syistä, minkä vuoksi Kiertoravinne päätti muuttaa hieman astiakokeen toteutusta. Muutoksella saavutettiin osa tuloksista, joita toteuttamatta jääneessä osatehtävässä oli tarkoitus selvittää. Astiakokeen analysointipalvelut osoittautuivat arvioitua arvokkaammiksi, mutta muilta osin kustannukset toteutuivat arvion mukaisesti.

Redono Oy

Redono Oy:lle on maksettu liikaa avustusta 16 493,01 € ja YM on päätöksellään 25.9.2025 keskeyttänyt hankkeen Redonon osalta. Edelleen on selvityksessä miten liikaa maksetun tuen osalta tullaan tekemään, mutta kuulemiskirjeessään 19.11.2025 YM on todennut, että mahdollinen avustusten takaisinperintä voi kohdistua vain Redono Oy:ön, koska ennakkomaksua myönnettäessä ei kuultu hankkeen päätoteuttajaa.

Tilintarkastajan lausunto

Tilintarkastajan lausunto on esitetty liitteissä 17 A-D jokaiselle hankepartnerille erikseen.

10. Yhteenveto

MunBio-hankkeen päätavoitteena oli luoda Lohjan Munkkaan jätekeskuksen alueelle erilaisten biomateriaalien kiertotalouden ekosysteemi. Tässä ekosysteemissä tähdättiin toimijoiden kesken tehokkaampaan sekä paikalliseen ravinteiden kierrätykseen, vesienhallintaan ja puhtaampien biomassojen, lähiruokien, maanparannusaineiden sekä elintarvikkeiden raaka-aineiden tuotantoon. Lisäksi hankkeella pyrittiin parantamaan kaatopaikka-alueiden vesienhallintajärjestelmää ja vähentämään kaupungin jätevedenpuhdistamon kuormitusta. Ekosysteemin toimivuutta testattiin hankkeessa erilaisten pilottien avulla, ja selvitettiin sitä kautta taloudelliset ja toiminnalliset edellytykset teollisen mittakaavan yhteistyölle. Ilmastonmuutoksen hillintää pyrittiin edistämään valmistamalla biomassoista biohiiltä, johon hiili sidotaan pysyvästi. Tavoitteena oli paikallinen pilotti, jota voitaisiin myöhemmin soveltaa muillekin paikkakunnille.

MunBio – hanke sai rahoitusta Ympäristöministeriön RAKI-ohjelmasta, joka rahoitti Suomessa investointeja sekä tutkimus-, kehittämis- ja innovaatiohankkeita, joissa hyödynnettiin yhdyskuntien ravinnerikkaita biomassoja ja sivuvirtoja ja luotiin edellytyksiä kannattavalle kierrätysravinnemarkkinalle.

Hankkeen aikana saatiin toteutettua monta mielenkiintoista pilottia mm. kierrätysravinteisiin, biohiileen, jätevesien suodattamiseen sekä lähiruoan tuotantoon liittyen. Osassa piloteista pystyttiin arvioimaan niiden teknistaloudellista kannattavuutta isommassa

mittakaavassa, kun taas osa applikaatioista vaatisi vielä lisää tutkimusta, jotta arviointi voitaisiin tehdä. Hankkeen aikana pystyttiin hyvin demonstroimaan, miten tärkeää bio- ja kiertotaloushankkeissa on useiden eri alalla toimivien toimijoiden yhteistyö sekä koko arvoketjun ymmärtäminen, jotta uusia liiketoimintoja voidaan perustaa onnistuneesti. Esimerkiksi lähiruoka- ja ravintokasvituotannon liiketoiminnan käynnistämisen edellytyksenä on laajan tuotanto- ja myyntiketjun toimivuuden ja tuotekysynnän varmistaminen ennen kuin investointien kannattavuus voidaan riittävästi varmistaa ja voidaan edetä tuotantomittakaavan toimintaan.

11. Liitteet

- Liite 1 MunBio GRK kasvatuspilotin loppuraportti
- Liite 2 MunBio GRK suodatuspilotin loppuraportti
- Liite 3 RR MunBio konseptin kehitys raportti
- Liite 4 GRK uusien raaka-aineiden testauksen loppuraportti
- Liite 5 Resurssit talteen seurantalomake, MunBio
- Liite 6 DNSH-arvio, MunBio loppuraportti
- Liite 7 Kustannusten raportointilomake, Rosk'n Roll
- Liite 8 Rosk'n Roll pääkirja 1.5.-31.10.2025
- Liite 9 Rosk'n Roll tuntiseuranta 1.5.-31.10.2025
- Liite 10 Kustannusten raportointilomake, GRK
- Liite 11 GRK pääkirja ja poistot 1.5.-31.10.2025
- Liite 12 GRK tuntiseuranta ja matkakustannukset 1.5.-31.10.2025
- Liite 13 Kustannusten raportointilomake, Kiertoravinne
- Liite 14 Kiertoravinne pääkirja 1.5.-31.10.2025
- Liite 15 Kiertoravinne tuntiseuranta 1.5.-31.10.2025
- Liite 16 Kiertoravinne palkkakustannukset 1.5.-31.10.2025
- Liite 17A-D Tilintarkastajan lausunnot