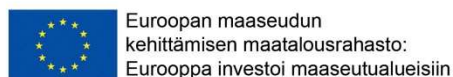


# Biokaasulaitoksesta ravinteita, energiaa ja elinkeinotoimintaa maaseudulle

BioRaEE-hanke

## Loppuraportti

Susanna Horn, Ari-Matti Seppänen, Erika Winqvist, Anssi Kokkonen, Mika Juvonen, Janna Vänskä



Euroopan maaseudun  
kehittämisen maatalousrahasto:  
Eurooppa investoi maaseutualueisiin

## Sisällys

<b>1. Toteuttajan nimi</b> .....	3
<b>3. Yhteenveto hankkeesta</b> .....	3
3.1 Työpaketti 1: Kierrätyslannoitteiden käytön reunaehdot ja jalostuksen mahdollisuudet.....	4
3.2 Työpaketti 2: Kierrätyslannoitteiden käytön demonstraatiot .....	5
3.3 Työpaketti 3: Vaihtoehtoisten toimintatapojen ympäristö- ja taloudelliset vaikutukset .....	6
3.4 Työpaketti 3: Tiedon jakaminen .....	8
<b>4 Raportti</b> .....	8
4.1 Hankkeen tavoitteet .....	8
4.1.1 Ylemmän tason tavoitteet.....	8
4.1.2 Hankkeen tavoitteet .....	9
4.2 Toteutus .....	9
4.2.1 Toimenpiteet.....	9
4.2.2 Aikataulu.....	12
4.2.3 Toteutuksen organisaatio .....	12
4.2.4 Kustannukset ja rahoitus .....	13
4.2.5 Raportointi ja seuranta .....	13
4.2.6 Toteutusolehtukset ja riskit.....	13
4.3 Yhteistyökumppanit.....	14
4.4 Tulokset ja vaikutukset.....	16
4.4.1 Työpaketti 1: Kierrätyslannoitteiden käytön reunaehdot ja jalostuksen mahdollisuudet...	16
4.4.2 Työpaketti: 2 Kierrätyslannoitteiden käytön demonstraatiot .....	22
4.4.3 Työpaketti 3: Jalostusprosessin kehittämistoimet ja prosessin ympäristö-/taloudelliset vaikutukset .....	29
4.4.4 Työpaketti 4: Tiedottaminen.....	37
4.4.5 Esitykset jatkotoimenpiteiksi .....	39
<b>Lähteet</b> .....	41

## 1. Toteuttajan nimi

Hankkeen päätoteuttajana toimi Suomen ympäristökeskus (SYKE) ja osatoteuttajina Luonnonvarakeskus (Luke), Karelia ammattikorkeakoulu ja BioKymppi Oy. Lisäksi hankkeessa hyödynnettiin BioKymppin kautta Koivikon Kartano Oy:n ja Luukkaisen puutarha Oy:n kasvatusmaita. Hanke toteutettiin neljässä työpaketissa. Kustakin työpaketista vastasi yksi tutkimusorganisaatio, mutta työpakettiin sisältyvä työ toteutettiin useamman hanketoimijan yhteistyönä. Lisäksi hanke on hyödyntänyt ja laajentanut verkostojaan tiedon kokoamisessa ja tulosten testaamisessa.

## 2. Hankkeen nimi ja hanketunnus

Biokaasulaitoksesta ravinteita, energiaa ja elinkeinotoimintaa maaseudulle (BioRaEE)  
Hankenumero: 33535.

## 3. Yhteenveto hankkeesta

Biokaasun ja sen sivuvirrasta tuotetun kierrätyslannoitteen tuotanto ovat muodostumassa tärkeäksi osaksi suomalaista energian- ja ruoantuotantojärjestelmää. Biokaasun avulla on mahdollista vähentää tehokkaasti energiajärjestelmämme kasvihuonekaasupäästöjä ja täten myötävaikuttaa kansallisiin ilmastotavoitteisiimme pääsyä. Biokaasun tuotannon sivuvirrasta, eli mädätysjäännöksestä tuotettujen kierrätyslannoitteiden avulla voidaan välttää perinteisten mineraalilannoitteiden tuotannon vaatimia uusiutumattomien raaka-aineiden tai muiden tuotantoresurssien käyttöä sekä parantaa maaseudun omavaraisuutta ja maankäytön tehokkuutta. Biokaasun ja siihen liittyvä kierrätyslannoitteen tuotanto voi toimivana kokonaisuutena lisätä sekä maaseutualueiden energiaomavaraisuutta, maatalouden huoltovarmuutta, että kestäväää kehitystä. Kestävyyden takaamiseksi on olennaista hyödyntää sekä energia että ravinteet tehokkaasti. Maatilat ja puutarhat hyödyntäisivät mielellään kierrätysravinteita, mutta niiden on oltava toimivia, turvallisia ja helposti kuljetettavia yleistyäkseen laajempaan jakeluun. Kierrätyslannoitemarkkinoiden vakiinnuttamiseksi tuleekin ymmärtää viljelijöiden tarpeet monipuolisemmin.

BioRaEE-hankkeessa on tutkittu kierrätyslannoitteiden tuotantoon ja käyttöön liittyvää kokonaisuutta; mitkä ovat viljelijöiden odotukset, kuinka ne toimivat käytännössä ja mikä on kokonaisuuden taloudellinen ja ympäristöllinen kestävyys. Tätä kokonaisuutta tarkasteltaessa on otettu huomioon, että kierrätyslannoitteita voidaan tuottaa useiden eri teknologioiden avulla ja hyödyntää eri jalostusasteisina. Biokaasuprosessin mädätysjäännös ei sellaisenaan jatkojalostamatta ole käyttökelpoisimmillaan viljelijän tarpeiden kannalta. Ravinnesuhteet eivät usein ole optimaaliset ja jäännös on laimeaa. Vaihtoehtona on jatkojalostus, eli konsentroidi, jolloin mädätysjäännöksestä saa väkevämmän, tasalaatuisemman ja helpommin kuljetettavan kierrätyslannoitteen. Biokaasun tuottajilla on kuitenkin ollut haasteena löytää jatkojalostukseen toimivia ja kannattavia teknologioita. Tästä syystä jäännöksen jalostaminen erilaisiksi lannoitetuotteiksi ei ole ollut kansainvälisestikään kovin yleistä, vaan vasta kehitteillä. Hankkeessa on tehty laboratoriomittakaavan testejä erilaisista jalostusteknologioista ja -prosesseista. Hankkeessa on arvioitu jatkojalostuksen nettoresurssien tarve, eli onko taloudellisesti ja ympäristöllisesti kannattavaa jalostaa mädätysjäännöksestä väkevämpää lannoitetta, suhteessa sen avulla saavutettuun lisähyötyyn lopputuotteen laadussa. Laadun osalta on lisäksi arvioitu, miten jalostamattomat

tai jalostetut kierrätyslannoitteet vaikuttavat kasvustoon; parantavatko ne viljelyn tehokkuutta vai eivät. Käyttöä helpottaakseen on hankkeessa myös laadittu ohjeistus kierrätysravinteiden käsittelylle ja käytölle. Tuotteiden on sovittava maatilojen nykyisiin tuotantoketjuihin sekä niiden on oltava kustannustehokkaita. Jos mainitut kriteerit täyttyvät, on kierrätyslannoitteiden käytön mahdollista olla osa maaseudun ympäristöllisesti ja taloudellisesti kestävää yritystoimintaa. BioRaEE-hankkeessa on tuotu viljelijät, biokaasun tuottajat ja tutkijat lähelle toisiaan pohtimaan, millaisia kierrätyslannoitteita kasvintuotannossa tarvitaan ja miten tähän tarpeeseen voidaan vastata. Hankkeessa on demonstroitu valittujen biokaasulaitosten mädätysjäännöksestä jalostettujen kierrätyslannoitteiden käyttöä. Näin on pyritty luomaan esimerkkejä resurssitehokkaista, teknisesti toimivista, kannattavista ja ympäristöllisesti perustelluista toimitusketjuista biokaasulaitoksen ja erilaisten maatilojen välillä. Esimerkkinä oli Kiteellä sijaitsevaa BioKymppi Oy:n biokaasulaitos. Verkostoituminen alan toimijoiden kesken oli oleellinen osa hanketta – tarjolla oli työpajoja, seminaareja ja tutustumiskäyntejä. Hanke toimi aktiivisesti EIP-AGRI -verkostossa.

Hanketta on edistetty neljän työpaketin avulla, joiden yhteenvedot kuvataan luvuissa 3.1 - 3.4.

### **3.1 Työpaketti 1: Kierrätyslannoitteiden käytön reunaehdot ja jalostuksen mahdollisuudet**

Työpaketin tavoitteena oli kerätä ja koostaa tietoa mädätysjäännöksen jatkojalostuksen tilasta sekä selvittää onko kierrätyslannoitteiden markkinoilla mahdollisesti pullonkauloja. Tietoa kerättiin kyselytutkimusten ja kirjallisuuden avulla. Tulokset julkaistiin Luken ja SYKEN julkaisusarjoissa.

Työpaketissa selvitettiin ruoantuottajien näkemyksiä ja kokemuksia kierrätyslannoitteiden käytöstä ja kehitystarpeista (Myllyviita ja Rintamäki, 2018). Selvitys tehtiin ruoantuottajille suunnatun kyselyn avulla, johon saatiin 649 vastausta ympäri Suomea. Kyselyn tulosten perusteella ruoantuottajat suhtautuivat kierrätyslannoitteiden käyttöön myönteisesti ja olisivat halukkaita lisäämään niiden käyttöä. Erityisesti luomutuottajat olivat kiinnostuneita kierrätyslannoitteiden käytön lisäämisestä. Niiden uskottiin parantavan maan laatua ja rakennetta väkilannoitteisiin verrattuna ja edistävän maan kasvukuntoa ja sadontuottokykyä. Kierrätyslannoitteiden arvioitiin myös toimivan hyvin mineraalilannoitteen kanssa rinnakkain. Vastaajat mainitsivat kierrätyslannoitteiden hinnan olevan olennainen kierrätyslannoitteiden käyttöä edistävä tekijä, eli tarpeeksi kilpailukykyinen hinta mahdollistaisi suuremman käytön. Vaikka vastaajat suhtautuivat kierrätyslannoitteiden käyttöön myönteisesti, arvioitiin, että niistä tarvitaan lisää tietoa, mm. käytön ja suunnittelun helppoudesta sekä lääkejäämäpitoisuuksista. Lisäksi suurin osa vastaajista oli sitä mieltä, että viljelijän kierrätyslannoitteiden käyttöä tulisi tukea, esim. käyttöopastuksella tai rahallisen tuen avulla.

Vastaavasti myös kierrätyslannoitteiden valmistajille toteutettiin kysely yhteistyössä MaRaHyöty II (Maatalouden ravinteet hyötykäyttöön)-hankkeen kanssa (Tampio ym. 2018). Kysely lähetettiin 65 jätteenkäsittelylaitokselle, jotka ottivat vastaan jätevesilietettä, erilliskerättyä biojätettä, elintarviketeollisuuden sivuvirtoja sekä metsäteollisuuden sivuvirtoja ja peltobiomassoja. Mukana oli biokaasu- ja kompostointilaitoksia sekä muita kierrätyslannoitevalmisteita tuottavia yrityksiä. Kyselyyn vastasi 26 kierrätyslannoitteiden valmistajaa, joista 16 käytti prosessiketjussaan biokaasutuotantoa.

Ruoantuottajien ja kierrätyslannoitteiden valmistajien kyselyvastauksia verrattiin keskenään ja tuloksia verrattiin EIP-Agri-ryhmän vastaaviin selvityksiin (Seppänen ym. 2018). Viljelijöiden ja laitostoimijoiden vastauksista kyselyihin erottui selkeitä ristiriitoja. Niistä puolestaan muodostuu pullonkauloja, jotka rajoittavat mädätysjäännösperäisten kierrätyslannoitteiden markkinoiden kehittymistä ja jäännöksen jalostamisen yleistymistä. Keskeisimpiä haasteita olivat lannoitteen olomuoto, ravinnesuhteet, varastoitavuus, raakaaineet, hinta, tunnettavuus

ja osaaminen. Molempien osapuolien vastauksissa oli havaittavissa halua pysyä nykyisissä toimissa sen sijaan, että omaa toimintaa oltaisiin valmiita kehittämään. Mädätysjäännöstä jalostetaan harvassa suomalaisessa laitoksessa, eivätkä valmistajat yleensä kiinnitä huomiota lopputuotteen ravinnekoostumukseen. Myös kiinnostus jatkojalostukseen oli rajallinen. Valmistajat näkivät lopputuotensa nykyhetkessä jalostusasteessaan kilpailukykyisenä väkilannoitteille ja vain kolmannes vastanneista näki tarvetta räätälöidä tuotettaan asiakkaidensa tarpeeseen. Haasteeksi tässä muodostuu se, että mikäli lopputuotteet eivät vastaa käyttäjiensä tarpeita, ei niille toimivia ja kannattavia markkinoita muodostu. EIP-Agri -ryhmän saamat vastaukset olivat vastaavanlaisia. Viljelijät näkevät kierrätyslannoitteiden hinnan keskeiseksi pullonkaulaksi ja laitostoimijat eivät näe tuotteiden kehittämislle markkinapotentiaalia. Näiden pullonkaulojen ratkaisumalleja etsittiin mm. kansainvälisestä kirjallisuudesta.

Viljelijäkyselyssä esiin nousseen selkeän kysynnän myötä työpaketissa päädyttiin myös koostamaan opas kierrätyslannoitteiden käyttäjälle (Seppänen ym. 2019). Oppaan toteutukseen työpaketti löysi yhteistyötahokseen MaRaHyöty II -hankkeen, joka tarjoutui maksamaan oppaan julkaisun graafikon työt ja painotyön. Julkaisun yhteydessä toteutettiin jakelutempaus, jossa painettu opas lähetettiin 320 maatalousneuvojalle, 42 oppilaitokseen ja 69 kierrätyslannoitevalmistajalle. Opasta jaettiin myös 400kpl Okra -maatalousmessuilla sekä 200kpl BSAG hiiliviljely -koulutustilaisuuksissa. Opas käännettiin myös ruotsiksi ja molemmat versiot julkaistiin verkossa.

### **3.2 Työpaketti 2: Kierrätyslannoitteiden käytön demonstraatiot**

Työpaketin tavoitteina oli 1) arvioida valittujen kierrätysravinteiden käyttöä lannoitteina käytännön pelto- ja kasvihuonekokeina, eli lannoitevesikonsentraatin lannoitusvaikutuksen selvittäminen vaihtoehtoisin luomulannoitteisiin vertaamalla; 2) testata lannoitekonsentraatin levitysteknologiaa ja selvittää mahdollisia ongelmia käytännön levitystyössä; 3) selvittää sadon laatu- ja määrättekijöitä lannoitekonsentraattia käytettäessä ja 4) laatia ohjeistus testattujen kierrätysravinteiden käsittelylle ja käytölle.

Testatut kierrätyslannoitteet valmistettiin BioKymppi Oy:n biokaasulaitoksella, jossa on kehitetty mädätysjäännöksestä separoidun nestejakeen kalvosuodatusta tuotantomittakaavassa. Yhteistyössä ovat olleet mukana Doranova Oy ja Landco S.A, joilta laitteisto vuokrattiin. Teknologian testauksesta vastasivat BioKymppi Oy ja Doranova Oy erillisessä BioRaKi -hankkeessa osana Ravinteiden kierrätyksen kokeiluohjelmaa.

Kalvosuodatuksessa biokaasulaitoksen rejektiveden nestejakeesta voidaan jalostaa kiinteää struviittia (typpi-magnesium-fosfaatti) ja nestemäistä (typpi)konsentraattia. Prosessissa muodostuu puhdistettua vettä, joka voidaan hyödyntää laitoksessa prosessivetenä tai laskea luontoon (ympäristöluvasta riippuen). Kenttäkokeet tehtiin em. testeistä saaduilla nestemäisillä kierrätyslannoitteilla (konsentraatilla) yhteistyössä Luukkaisen Puutarha Oy:n ja Koivikon Kartano Oy:n kanssa. Struviitin tuotantoa ei lähdetty kehittämään, koska se katsottiin rakeisena ja hitaana lannoitteena ominaisuuksiltaan kasvihuone- ja peltoviljelyyn sopimattomaksi. Koetoiminnasta vastasi Karelia-ammattikorkeakoulu.

Kenttäkokeissa seurattiin mädätysjäännöksen lannoitusvaikutusta tyypillisillä suomalaisilla viljelykasveilla (nurmet, kevätvehnä) ja kasvihuonekurkulla. Konsentroiduilla kierrätyslannoitteilla tehtiin kaksivuotiset nurmilviljelykokeet Kiteellä mv. Jari Toivosen hietapelloilla ja viljan osalta vain yhtenä vuonna (MTY Barck). Kurkkukokeista vastasi Luukkaisen Puutarha Oy Kiteellä.

Lannoituskokeet tehtiin v. 2018 kahdella peltolohkolla: toinen nurmella ja toinen rehuviljalla (kevätvehnä). Vuonna 2019 kokeet tehtiin vain nurmella. Kokeissa verrattiin naudan lietteen,

mädätysjäännöslannoitteen ja lannoitekonsentraatin lannoitusvaikutuksia. Kokeet tehtiin peltomittakaavassa urakointikokoluokan koneilla ruutukokeena. Ruuduilla tehtiin kasvustohavaintoja pitkin kasvukautta, mm. tiheys- ja väriarviointeja sekä pituuskasvumittauksia. Laboratorioanalyysit ostettiin alihankkijalta (Eurofins Viljavuuspalvelu). Tarkemmat päätökset kokeiden yksityiskohdista tehtiin levitettävän lannoitevalmisteen olomuodon ja pitoisuuksien perusteella.

Tavoitteena konsentraatin lannoituksessa oli testata se kahdella typpitasolla (40 kg/ha ja 80 kg/ha) niin kuin väkilannoitekin. Levitystasaisuuden hallinnassa ilmeni jonkin verran laitteistoon liittyviä haasteita nurmella etenkin konsentraatin osalta, minkä vuoksi tavoiteltuja typpitasoja ei kokeissa täysin saavutettu.

Viljalla (kevätevehnä) tehdyissä lannoituskokeissa ei kokonaiskuiva-ainesatoihin saatu tilastollisesti merkitsevää eroa eri käsittelyjen välille. Huomionarvoista viljakokeissa oli, että lannoitteet tuottivat pienemmällä liukoisen typen tasolla tilastollisesti merkitsevästi enemmän kuiva-ainesatoa kuin suuremmalla liukoisen typen tasolla. Vuoden 2018 kokeiden perusteella nurmella konsentraatin lannoitusvaikutus oli yhtä hyvä tai jopa parempi kuin väkilannoitteella. Yhtenä syynä lienee ollut poikkeuksellisen kuiva kesä ja kuiva maa, joka hidasti väkilannoiterakeiden liukenemistä. Vuoden 2019 lannoituskokeissa väkilannoite tuotti nurmella tilastollisesti merkitsevästi suuremmat kuiva-ainesadot muihin koelannoitteisiin verrattuna. Syynä tähän lienee ollut sään suhteen tavanomaisempi kesä. Osasyynä olivat myös lannoitekonsentraatin laimeneminen varastointivaiheessa ja tästä johtuneet poikkeamat typen määrän tasoissa sekä levitystekniset haasteet.

### **3.3 Työpaketti 3: Vaihtoehtoisten toimintatapojen ympäristö- ja taloudelliset vaikutukset**

Työpaketissa arvioitiin esimerkkilaitoksen mädätteen jatkojalostuksen ja muodostuvien kierrätysravinteiden hyödyntämisen vaihtoehtojen ympäristövaikutuksia soveltamalla elinkaariarviointiin (LCA) perustuvia menetelmiä. Lisäksi arvioitiin samoilla oletuksilla kierrätysravinteiden hyödyntämisen vaihtoehtojen kannattavuutta. Tapaustarkastelussa keskityttiin BioKymppi Oy:n tuotantolaitokseen Kiteellä, Pohjois-Karjalassa.

Tarkastelussa huomattiin hyvin pian, että nykyinen menettely, jolla kalvosuodatus on saatu Kiteellä toimimaan ongelmitta, ei ole yritystaloudellisesti kannattavaa. Nykyisessä tilanteessa laitoksen rejektivesi separoidaan ruuvipuristimella neste- ja kuivajakeeseen. Nestejäte johdetaan edelleen konsentroidiin kalvosuodatuslaitteistolle. Nestejäte on kuitenkin sisältänyt liikaa hienojakoista orgaanista ainesta, joka on tukkinut suodatuskalvot. Ongelman ratkaisemiseksi laitoksen rejektivesi on kuljetettu asiakastilojen lietealtoiin laskeutumaan, josta se on palautettu laitokselle 3kk jälkeen suodatettavaksi. Tällöin kuljetuskustannukset kasvavat ja konsentroitavat typpimäärät vähenevät haihtumisen vuoksi. Osana työpakettia päädyttiinkin etsimään ratkaisuja tehostaa prosessia Luken toimesta. Laboratoriokokeissa selvitettiin sekä separoinnin tehokkuuden parantamista eri menetelmin että kalvosuodatuksen tehostamista kalvovalinnoin. Lupaavimpia tuloksia saatiin lisäämällä linkoseparointi osaksi prosessia.

Sekä ympäristö- että taloudellisessa tarkastelussa rajattiin biokaasun tuotanto arvioitavasta tuotantojärjestelmästä ulos, sillä vaikka biokaasun tuotanto on tärkeä osa myös kierrätysravinteiden tuotantoa, olisi taloudellisten ja ympäristövaikutusten allokointi näiden kahden eri hyödykkeen välillä ollut vaikea perustella. Jotta tämä päätös voitaisiin välttää, päätettiin jättää biokaasun tuotanto tarkastelun ulkopuolelle ajatuksella, että biokaasu tuotettaisiin joka tapauksessa ja ravinteiden jatkokäyttö toisi prosessille vain mahdollisia

lisähyötyjä. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että kierrätysravinteiden tuotanto pystyttiin tekemään ilman raaka-ainekustannuksia, raaka-aineen tuotannon ei oletettu aiheuttavan lisäympäristövaikutuksia eikä lisäinvestointeja biokaasun tuotantoon tarvittu.

## **Osatehtävä 1: Ympäristötarkastelut**

Elinkaariarvioinnissa vertailtiin kolmea eri lannoitevaihtoehtoa toisiinsa ympäristön kannalta: 1) mineraalilannoitteen käyttö; 2) mädätteen nestejakeen käyttö; 3) mädätteen nestejakeesta jalostetun lannoitekonsentraatin käyttö. Elinkaarivertailussa otettiin huomioon ravinteiden tuotanto ja peltokäyttö sekä näiden vaatimat kuljetukset. Näin ollen sisällytettiin laskentaan vain ravinteiden tuotannon vaatimat lisäprosessit. Mineraalilannoitteen osalta käytettiin globaalia teollisen tuotannon keskiarvoa (ecoinvent-tietokannasta). Ympäristövaikutusten laskennan osalta työ eteni neljässä eri vaiheessa: 1) tarkasteltavien järjestelmien kuvaukset ja toiminnallisen yksikön määrittely; 2) tietojen keruu tuotanto- ja käyttötiedoista (syötteet sekä päästöt/jätteet); 3) elinkaaristen ympäristövaikutusten laskenta tuotanto- ja käyttötiedoista; 4) tulosten laskenta.

Ympäristön kannalta kierrätyslannoitteet osoittautuivat näillä oletuksilla mineraalilannoitteita paremmiksi ravinteiden lähteeksi. Sen sijaan mädätteen nestejakeen ja konsentraatin käytön välillä ei ollut suurtakaan eroa. Mädätteen nestejakeelle laskettiin hiilijalanjäljeksi 9,3 kg CO<sub>2</sub>eq/kg liuk N ja konsentraatille 8,9 kg CO<sub>2</sub>eq/kg liuk N. Kaikista tärkein elinkaaren vaihe hiilijalanjäljen kannalta on suorat kasvihuonekaasupäästöt pellolta. Konsentraatin peltopäästöjen osuus on 69% koko elinkaaren aikaisista päästöistä, mädätteen nestejakeessa osuus on 77% ja mineraalilannoitteen käytössä osuus on 38%. Pellon suorat kasvihuonekaasupäästöt liittyvät levitetyn liukoisien typen määrään. Lisäksi tarkastelussa tehtiin herkkyysanalyysi kolmelle eri muuttujalle: käytetyn sähkön päästöille, kuljetusetäisyyksille sekä varaston tyyppille. Herkkyysanalyysin avulla voitiin todeta, että jos kierrätyslannoitteen kuljetusetäisyys on alle 30 km tuotantolaitokselta pellolle, on mädätteen nestejake parempi vaihtoehto, kun taas 30km-370km etäisyyksille konsentraatti on parempi vaihtoehto. Jos kuljetusetäisyydet ovat yli 370 km lannoitteen tuotantolaitokselta käyttökohteeseen, on ympäristön kannalta järkevintä käyttää mineraalilannoitetta. Lisäksi, jos kierrätyslannoitetuottaja ei pysty käyttämään omaa sähköä, vaan joutuu ostamaan esimerkiksi keskimääräistä suomalaista verkkosähköä (CO<sub>2</sub>e-päästöt noin 184g/kWh), tulee konsentraatin valmistuksesta hiili-intensiivisempää ja päästöt nousevat keskimäärin 17%. Varastoinnin osalta voidaan sanoa, että jos kierrätyslannoitetta varastoidaan avovarastossa, nousevat varastoinnin suorat päästöt n. 0,7 kg CO<sub>2</sub>eq liukoista tyyppikiloa kohden, mikä kuitenkin kompensoituu lähes kokonaan suorissa peltopäästöissä. Suljetun varastoinnin tapauksessa jää enemmän liukoista tyyppiä kasvien käyttöön.

## **Osatehtävä 2: Kannattavuustarkastelut**

Työpakettin 2 tulosten perusteella ravinnekonsentraatin valmistuksen kannattavuuden arvioinnissa lähdettiin liikkeelle oletuksesta, että ravinnekonsentraatti vastaa lannoitusominaisuuksiltaan mineraalilannoitteita ja että sen tasainen levitys onnistuu tätä varten kehitetyllä levityslaitteistolla. Näin ollen myös viljelijän maksuhalukkuuden oletettiin olevan samaa luokkaa mineraalilannoitteiden kanssa. Nykykäytännön mukaisesti BioKymppin oletettiin saavan tuloa ravinnekonsentraatista sen ravinnepitoisuuksien mukaan: 1 €/kg liukoista ravinnettä (N, P, K) peltoon levitettynä.

Ravinnekonsentraatin valmistuksen kannattavuutta verrattiin nestejakeen valmistuksen kannattavuuteen. Valmistuksen oletettiin tuovan säästöjä tuotteen varastoinnissa, kuljetuksessa ja levityksessä. Kannattavuustarkastelussa nämä säästöt osoittautuivatkin merkittäviksi, mutta vastaavasti lisää kustannuksia aiheutui sähkön ja kemikaalien

kulutuksesta, työstä, laitteiden huolloista ja korjauksista sekä laiteinvestoinneista. Tällä hetkellä keskimääräinen kuljetusetäisyys laitokselta pelloille on n. 50 km. Kuljetusetäisyyden tulisi olla vähintään 80 km, jotta ravinnekonentraatin valmistus olisi kannattavaa. Myös prosessissa on kuitenkin vielä paljon parannettavaa. Merkittävimmät parannukset saavutettaisiin tehostamalla mädätteen separointia neste- ja kuivajakeeseen sekä nestejakeen kalvosuodatuksen ravinteiden erotustehokkuuden parantaminen. Näillä toimilla olisi mahdollista nostaa etenkin ravinnekonentraatin typpipitoisuutta ja siten tuotteesta saatavaa hintaa.

### **3.4 Työpaketti 3: Tiedon jakaminen**

Työpaketissa 4 tiedotettiin hankkeen etenemisestä ja saavutetuista tuloksista. Hankkeessa järjestettiin tilaisuuksia, verkostoiduttiin alan toimijoiden kanssa ja järjestettiin opintomatkoja. Hankkeessa järjestettiin kaksi suurempaa seminaaria; puoliväliseminaari marraskuussa 2018 sekä loppuseminaari tammikuussa 2020. Lisäksi järjestettiin biokaasuretki Turun seudulle, jossa päästiin tutustumaan paikallisiin teollisiin biokaasutoimijoihin, biokaasukouluttajiin sekä innovatiivisiin uusiin teknologioihin. Hankkeessa tuotettiin useita eri raportteja, esimerkiksi ruoantuottajien näkemyksistä, kierrätyslannoituksen suunnittelusta, käytännöistä ja mahdollisuuksista sekä myös raportti kierrätysravinteiden teknisestä kehityksestä, ympäristövaikutuksista ja kannattavuudesta. Sidosryhmistä tavoiteltiin erityisesti suomalaisia biokaasuyrittäjiä, viljelijöitä tai alueen kiertotaloutta suunnittelevia tahoja. Lisäksi EIP AGRI-verkoston kansainvälisiä sidosryhmiä pyrittiin tavoittelemaan mahdollisuuksien mukaan ja tähän tarkoitukseen tuotettiin myös englanninkielistä materiaalia.

## **4 Raportti**

### **4.1 Hankkeen tavoitteet**

#### **4.1.1 Ylemmän tason tavoitteet**

Euroopan unionin talous tarvitsee innovaatioita, jotta siitä saadaan kestävämpi, älykkäämpi ja osallistavampi. Kasvustrategiansa mukaisesti on EU lanseerannut innovaatiokumppanuuksia (EIP), joiden avulla voidaan tukea kaikkia EU-maita tarjoamaan kansalaisilleen kilpailukykyisemmän talousjärjestelmän, parempia ja enemmän työpaikkoja sekä paremman elämänlaadun. EIP-AGRI on uusi tapa edesauttaa innovaatioiden syntyä maa- ja metsätalouden aloilla Euroopassa, eli tukea yhteistyötä ja tiedon ja kokemusten jakamista koko tuotantoketjulle ja tiedeyhteisölle innovatiivisten ratkaisujen kehittämiseksi ja välittömästi käyttöön soveltuvien tutkimustulosten tuottamiseksi. BioRaEE-hanke on yksi osa tätä EU:n ja EIP-verkoston tavoitetta tuottaa enemmän tietoa kierrätyslannoitteista ja parantaa kilpailukykyämme. Hankkeella on pyritty edistämään maatalouden tuottavuutta, tehokkuutta ja kestävyyttä, sillä tarkoituksena on ollut tuotteistaa toimivia kierrätyslannoitteita ja löytää parhaat ratkaisut niiden käyttöön. Lyhyet toimitusketjut ja paikalliset markkinat mahdollistuvat, kun ravinteiden tuottaja ja käyttäjät löytyvät samasta maakunnasta. Parhaan ratkaisun löytämiseksi hankkeen innovaatioryhmä on koostunut viljelijöistä, biokaasun tuottajasta sekä alan asiantuntijoista ja tutkijoista.

Eurooppalaisten tavoitteiden lisäksi on hanke tukenut myös kansallisia tavoitteita. Ravinteiden kierrätystä, sekä biokaasun tuotantoa ja kulutusta pyritään määrätietoisesti lisäämään Suomessa hallituksen toimesta. Sekä kierrätysravinteet että biokaasu linkittyvät vahvasti



toisiinsa ja niiden nähdään olevan osa kestävästä energia- ja ruokajärjestelmästä. Ravinteiden kierrätyksestä ja biokaasusta on tehty kansalliset toimenpideohjelmat, jotka tukevat Suomen elinvoiman kehittämistä ja ilmastotavoitteisiin pääsemistä (Valtioneuvosto, 2019). BioRaEE-hankkeen avulla on lisätty osaamista biokaasulaitoksen mädätysjäätännöksen tuotteistamisen, lannan käytön ja ravinteiden kierrätyksen osalta. Näin on edistetty sivuvirtojen ja jätteiden uudenlaista käsittelyä, monialaisten maatilojen kehittymistä ja maaseutualueiden talouden monipuolistamista. Uuden tekniikan avulla vähennetään maatalouden ravinnehuuhtoumia, kasvihuonekaasu- ja ammoniakkipäästöjä ja lisätään peltomaan orgaanisen aineksen määrää, joka puolestaan parantaa maan rakennetta ja tehostaa ravinteiden kierrätystä, uudelleenkäyttöä sekä maan mikrobiaktiivisuutta. Näin on vastattu maaseudun kehittämisohjelman tavoitteisiin liittyen ilmastomuutoksen hillintään ja sopeutumiseen, sekä vesistöjen ja maatalouskäytössä olevan maaperän tilan edistämiseen. Samalla on edistetty resurssitehokkuutta, sillä mädätysjäätännöksestä tuotettu ravinne vähentää tarvetta epäorgaanisten ravinteiden käyttöön. Uusien toimintatapojen myötä maaseudun yritystoiminta monipuolistuu ja maataloustuotannon sekä pienten yritysten kilpailukyky vahvistuu osaamisen, innovaatioiden ja kansainvälistymisen avulla.

#### **4.1.2 Hankkeen tavoitteet**

BioRaEE-hankkeen päätavoite oli kehittää yhdessä viljelijöiden kanssa heidän tarpeidensa mukaisia, turvallisia ja tehokkaita kierrätyslannoitteita maatalouden ja muiden sektoreiden orgaanisista jätteistä ja sivutuotteista. Tarkoituksena oli testata erilaisia kierrätyslannoitteita ja varmistaa niiden täyttävän lannoitevalmisteille olennaiset kriteerit, kuten tasalaatuisuus, käyttökelpoisuus kasveille ja toimivat levitystavat. Hankkeen tavoitteisiin kuului tärkeänä osana myös varmistaa testatun toiminnan ympäristöystävällisyys ja taloudellinen kannattavuus verrattuna nykyisiin käytettäviin lannoitteisiin tai siihen, ettei mädätysjäätännöstä jatkojalosteta. Hankkeen avulla pystyttiin lisäämään tietoisuutta myös kierrätysravinteiden käytön tehokkuudesta sekä siitä, miten parhaiten ohjeistetaan viljelijöitä näiden käyttöön. Tämä osaltaan edistää myös jatkossa monialaisten maatilojen kehittymistä ja maaseutualueiden talouden monipuolistamista.

Hankkeen tavoitteena oli myös edistää suomalaista ravinnekierrätyksen osaamista ja jakaa sitä Suomessa sekä muualle Eurooppaan, luoda biokaasu- ja ravinnekierrätysalan osaajien verkostoja ja täten saada suomalaiselle ravinne- ja kiertotalousosaamiselle näkyvyyttä kansallisesti ja kansainvälisesti.

#### **Hankkeessa vastattiin mm. seuraaviin kysymyksiin:**

- Millaisia odotuksia viljelijöillä on uusien kierrätyslannoitteiden laadun ja käytettävyyden suhteen?
- Kuinka uudet kierrätyslannoitteet toimivat käytännössä?
- Mikä on biokaasuprosessin ja mädätysjäätännöksen jatkojalostamiseen pohjautuvan toimintakonseptin kannattavuus ja vaikutus ympäristöön verrattuna mineraalilannoitteiden ja/tai mädätysjäätännöksen käyttöön?

#### **4.2 Toteutus**

Hanke toteutettiin projektipartnereiden yhteistyönä neljän eri työpaketin toimenpiteiden kautta. Tässä osassa käydään läpi hankkeen eri toimenpiteet, aikataulu, toteutus, resursointi raportointi ja toteutukseen liittyneet riskit.

##### **4.2.1 Toimenpiteet**

Projektissa on tehty Taulukko 1 mukaiset toimenpiteet. Taulukossa toimenpiteet on jaettu työpaketeittain.

Taulukko 1 Projektin toimenpiteet

Toimenpide	Tavoite	Miten	Vastuutaho ja muut toteuttajat	Tulos
<b>TP1: Kierrätyslannoitteiden tarve ja jalostuksen mahdollisuudet</b>				
Selvitetään viljelijöiden toiveet ja tarpeet kierrätyslannoitteille:	Kootaan tietoa lannoitteiden käytettävyydestä: toiveet liittyen mm. kuljetuksiin, levitykseen, saatavuuteen	Kysely ruoantuottajille	SYKE	Raportti: Ruoantuottajien näkemyksiä ja kokemuksia kierrätyslannoitteiden käytöstä ja kehitystarpeista ( <a href="http://hdl.handle.net/10138/276964">http://hdl.handle.net/10138/276964</a> )
Selvitetään jalostusteknologioiden kehittämisen tilanne ja käytännön kokemukset	Mitä esteitä ja haasteita kierrätyslannoitteiden tuotannolle ja käytölle on? Miten niistä selvittää?	Kirjallisuuden, suorien yritys- ja laitoskontaktien sekä EIP-verkostojen avulla	Luke	Raportti: Sivuvirrasta väkilannoitteen korvaajaksi: Mädätysjäännöksen jalostusteknologioiden nykytila, tarpeet ja tulevaisuuden mahdollisuudet Suomessa ( <a href="https://jukuri.luke.fi/handle/10024/542095">https://jukuri.luke.fi/handle/10024/542095</a> )
Kierrätyslannoitteiden käyttösuositukset			Luke (Karelia)	Oppaat: Kierrätyslannoitus - Käytännöt, suunnittelu ja mahdollisuudet tulevaisuudessa ( <a href="https://jukuri.luke.fi/handle/10024/544071">https://jukuri.luke.fi/handle/10024/544071</a> ) & Gödsling med återvunnen gödsel : Planering, praxis och möjligheter i framtiden ( <a href="https://jukuri.luke.fi/handle/10024/545483">https://jukuri.luke.fi/handle/10024/545483</a> )
Tyypinimi lannoitevalmistelakiin		Yhteistyö Eviran kanssa	BioKymppi + Luke	Selvitettiin yhteistyössä Eviran kanssa. Nykyinen tyypinimi "rejektives" - on riittävä ja soveltuu konsentraatille
<b>TP2: Kierrätyslannoitteiden käytön demonstraatiot</b>				
Peltokokeet	Selvitetään konsentraatin lannoitusvaikutus suhteessa muihin kaupallisiin lannoitteisiin. Lisäksi selvitetään nykyisen lannoitteiden levitystekniikan soveltuvuus konsentraatille.	Lannoituskokeet viljalla ja nurmella 2018 sekä jatkokoe nurmella 2019.	Karelia ja yritykset	Lannoitus kokeiden tulosten yhteenveto loppuraporttiin
Kasvihuonekokeet	Selvitetään konsentraatin soveltuvuus kasvihuonekurkkujen lannoituksessa	Käytännön lannoitustestit	Luukkaisen Puutarha Oy, (Karelia, BioKymppi Oy)	Lannoituskokeiden tulosten yhteenveto loppuraportissa
Ohjeistus lopputuotteiden käsittelylle ja käytölle	Lisätietoa konsentraatin hyödyntämiseen	Kootaan tietoa ja kokemuksia konsentraatin käytöstä	Karelia, BioKymppi Oy	Opas Karelian Oppimateriaaleja ja kokoomateoksia-sarjassa <a href="http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-275-307-6">http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-275-307-6</a>
<b>TP3: Vaihtoehtoisten toimintatapojen ympäristö- ja taloudelliset vaikutukset</b>				
Kierrätyslannoitteiden ympäristötarkastelut	Arvioidaan jäännöksen jalostuksen ja lopputuotteiden hyödyntämisen ympäristövaikutuksia verrattuna nykytoimintaan ja mineraalilannoitteisiin	LCA-laskelmat BioKympiltä ja kirjallisuudesta saatujen tietojen perusteella	SYKE	Raportti: Biokaasulaitoksen mädätysjäännöksen hyödyntämisvaihtoehdot – vaihtoehtojen taloudellisuus ja ilmastovaikutukset (julk. 08/20)

Kierrätyslannoitteiden kannattavuustarkastelut	Arvioidaan jäännöksen jalostuksen ja lopputuotteiden hyödyntämisen kannattavuutta verrattuna nykytoimintaan	Laskelmat viljelykokeiden (TP2), BioKympiltä ja kirjallisuudesta saatujen tietojen perusteella	Luke kannattavuustarkastelut	Raportti: Biokaasulaitoksen mädätysjäännöksen hyödyntämisvaihtoehdot – vaihtoehtojen taloudellisuus ja ilmastovaikutukset (julk. 08/20)
<b>TP4: Tiedon jakaminen</b>				
<b>Aloitus-, väli-, loppuseminaari</b>	Tiedotetaan hankkeen alkamisesta, etenemisestä ja tuloksista. Verkostoidutaan muiden toimijoiden ja hankkeiden kanssa.	Kutsutaan koolle alan toimijat ja tutkijat	SYKE (kaikki muut)	Tilaisuudet pidettiin 04/2017, 11/2018, 01/2020
<b>Hankkeen nettisivut</b>	Esitellään hanke, tiedotetaan tapahtumista koko hankkeen ajan	Tiedot suomeksi ja englanniksi	SYKE	<a href="https://www.syke.fi/fi-FI/Biokaasulaitoksesta_ravinteita_energia_ja_elinkeinotoimintaa_maaseudulle_BioRaEE">https://www.syke.fi/fi-FI/Biokaasulaitoksesta_ravinteita_energia_ja_elinkeinotoimintaa_maaseudulle_BioRaEE</a>
<b>Blogikirjoituksia sopiviin foorumeihin/hankkeen nettisivuille</b>	Esitellään hankkeen tuloksia ja keskustellaan ajankohtaisista aiheista		Kaikki	<a href="https://www.syke.fi/fi-FI/Biokaasulaitoksesta_ravinteita_energia_ja_elinkeinotoimintaa_maaseudulle_BioRaEE/Ajankohtaista">https://www.syke.fi/fi-FI/Biokaasulaitoksesta_ravinteita_energia_ja_elinkeinotoimintaa_maaseudulle_BioRaEE/Ajankohtaista</a> <a href="https://www.syke.fi/fi-FI/Biokaasulaitoksesta_ravinteita_energia_ja_elinkeinotoimintaa_maaseudulle_BioRaEE/Ajankohtaista/Blogit">https://www.syke.fi/fi-FI/Biokaasulaitoksesta_ravinteita_energia_ja_elinkeinotoimintaa_maaseudulle_BioRaEE/Ajankohtaista/Blogit</a> <a href="https://www.luke.fi/blogi/madatysjaannoksen-lannoitemarkkinoilla-on-pullonkauloja/">https://www.luke.fi/blogi/madatysjaannoksen-lannoitemarkkinoilla-on-pullonkauloja/</a> <a href="https://www.luke.fi/uutinen/kierratyslannoituksen-kaytannot-yksissa-kansissa/">https://www.luke.fi/uutinen/kierratyslannoituksen-kaytannot-yksissa-kansissa/</a> <a href="https://www.luke.fi/sv/nyheter/guide-om-godsling-med-atervunnen-godsel-finns-nu-ocksa-pa-svenska/">https://www.luke.fi/sv/nyheter/guide-om-godsling-med-atervunnen-godsel-finns-nu-ocksa-pa-svenska/</a> <a href="https://www.karelia.fi/blogit/uusiutuvaenergia/2019/10/11/vakilannoite-vedi-pisimman-korren-bioraee-hankkeen-lannoitekokeissa-kiteen-nurmikoealueella/">https://www.karelia.fi/blogit/uusiutuvaenergia/2019/10/11/vakilannoite-vedi-pisimman-korren-bioraee-hankkeen-lannoitekokeissa-kiteen-nurmikoealueella/</a> <a href="https://www.karelia.fi/blogit/uusiutuvaenergia/2019/01/08/kierratyslannoite-konsentraatin-sadontuottokyky-vastavakilannoitteen-sadontuottokyky/">https://www.karelia.fi/blogit/uusiutuvaenergia/2019/01/08/kierratyslannoite-konsentraatin-sadontuottokyky-vastavakilannoitteen-sadontuottokyky/</a>
<b>Vierailut kotimaassa ja/tai ulkomailla</b>	Tutustutaan biokaasulaitosten ja maatilojen ratkaisuihin	International Water Conference (Luke) Product Environmental Footprint Conference U SYKE)	Kaikki	Vierailut järjestettiin 2018-2019
<b>Kooste tuloksista EIP-Agri verkostoon</b>	Tuloksia viljelijöiden, biokaasuyrittäjien ja alueen kiertotaloutta suunnittelevien tahojen näkökulmasta.		Kaikki osaltaan, SYKE koordinoi	Tämä raportti
<b>Biokaasuretki</b>	Verkostoitua alan toimijoiden kesken, nähdä uusia kehityssuuntia ja käytännön implementointia		SYKE koordinoi	Retki Turun seudulle (Gasum, Livia, QPower) <a href="https://www.syke.fi/fi-FI/Biokaasulaitoksesta_ravinteita_energiaa_ja_elinkeinotoimintaa_maaseudulle_BioRaEE/Ajankohtaista/BioRaEEhankkeen_biokaasuretki_Turun_seud(51660)">https://www.syke.fi/fi-FI/Biokaasulaitoksesta_ravinteita_energiaa_ja_elinkeinotoimintaa_maaseudulle_BioRaEE/Ajankohtaista/BioRaEEhankkeen_biokaasuretki_Turun_seud(51660)</a>

## 4.2.2 Aikataulu

Hankkeen kesto oli 3,5 vuotta ja hanke toteutettiin ajalla 1.2.2017–31.5.2020. Hankkeelle myönnettiin vuonna 2019 puolen vuoden jatkoaika (alun perin hankkeen oli suunniteltu loppuvan 30.11.2019).

### **Vuosi 2017**

- Hankkeen alussa pidettiin aloitusseminaari ja tiedotettiin hankkeesta Suomessa ja EIPAGRI-verkostossa (TP4)
- Verkoston kokoaminen aloitettiin hankkeen alkaessa ja yhteyttä oli suunniteltu pidettävän verkostoon ja sidosryhmiin koko hankkeen ajan (TP4)
- Hankkeen nettisivut perustettiin (TP4) - Viljelijöiden toiveet ja tarpeet kierrätyslannoitteille selvitettiin kyselytutkimuksella (TP1)
- Tiedonkeruu vaihtoehtoisista biokaasulaitoksen jäännöksen jatkojalostusmenetelmistä (TP3)

### **Vuosi 2018**

- Ensimmäisen vuoden lannoituskokeet (TP2)
- Työpaketin 3 tiedonkeruu ympäristö- ja talousvaikutusten arviointiin jatkuu ja analysointi alkaa (TP3)

### **Vuosi 2019**

- Toisen vuoden lannoituskokeet jatkuvat (TP2)
- Kierrätyslannoitus-opas valmis (TP1)
- Suodatuskokeet kierrätyslannoitteen optimaalisesti tuotantoprosessista (TP3) - Biokaasuretki (TP4)

### **Vuosi 2020**

- Hankkeen loppuseminaari (TP4)
- Ohjeistus kierrätysravinteiden käsittelylle ja käytölle (TP2)
- Ympäristö- ja kannattavuusarvioinnit valmiina (TP3)
- Suodatuskokeet valmiina (TP3)
- Tietopaketti julkaistaan EIP-Agri –verkostossa (TP4)

## 4.2.3 Toteutuksen organisaatio

Hanketta ovat toteuttaneet Suomen ympäristökeskuksen lisäksi Luonnonvarakeskus (Luke), Karelia-ammattikorkeakoulu, BioKymppi Oy, maatila Koivikon Kartano Oy ja Luukkaisen Puutarha Oy.

Suomen ympäristökeskus ja Luonnonvarakeskus ovat tehneet vuosia yhteistyötä useissa eri hankkeissa, joissa on selvitetty maatalouden, teollisuuden ja yhdyskuntien eloperäisten jätteiden ja sivutuotteiden käsittelyn ja hyödyntämisen kehittämistä sekä erilaisten toimintatapojen vaikutuksia ympäristöön ja yhteiskuntaan. Tarkastelut ovat usein olleet alueellisia, minkä vuoksi SYKEllä ja Lukella on vahva käsitys ja kokemus alan toimintaympäristöstä Suomessa. Karelia-ammattikorkeakoulu on puolestaan keskeinen toimija Pohjois-Karjalan maaseudun ja yritystoiminnan kehittämistyössä, ja sillä on pitkä kokemus mm. erilaisista kasvatuskokeista niin metsä- kuin agrobiotalouden saralla. Organisaatioilla on myös laaja kontaktiverkosto kansallisiin ja kansainvälisiin sidosryhmiin, kuten viranomaisiin, muihin tutkimuslaitoksiin, alan yrityksiin, viljelijöihin ja muihin

toiminnanharjoittajiin. Verkostoja hyödynnetään tässä hankkeessa ennen kaikkea tarkasteltavien teknisten vaihtoehtojen ominaisuuksien, toimivuuden ja käyttöönoton vaikutusten arvioinnissa ja tuoreimman, vielä julkaisemattoman tiedon saamisessa hankkeen käyttöön. Tuore käytännön tieto tarkasteltavien tekniikoiden käytännön toimivuudesta on oleellisen tärkeää, kun arvioidaan niiden vaikutuksia ja sovellettavuutta aluetarkasteluja laajemminkin. Hankkeeseen osallistuvat yritykset ovat tuoneet mukaan paikallistuntemuksensa ja verkostonsa. Valittuja menetelmiä testattiin BioKymppi Oy:n täyden mittakaavan biokaasulaitoksen yhteydessä. Laitetoimittajina olivat Doranova Oy yhdessä päämiehensä Landco S.A:n kanssa. Landco S.A. on luxemburgilainen cleantech-yritys, joka on erikoistunut biokaasun tuotantolaitoksiin ja mädätysjäännöksen jatkojalostukseen. Doranova Oy on kotimainen laitetoimittaja, joka tarjoaa ympäristöystävällisiä, kestävän kehityksen mukaisia ratkaisuja uusiutuvan energian tuottamiseen ja hyödyntämiseen. Viljelykokeita tehtiin mm. maatila Koivikon Kartano Oy:llä, joka toi hankkeeseen mukaan lannoitetuotteiden loppukäyttäjän näkemyksen ja tarpeet, käytännön kokemuksensa maanviljelyksestä sekä testipellot. Luukkaisen Puutarha Oy on Pohjois-Karjalan suurin kurkun tuottaja, jolla on puutarhaviljelystä yli kolmenkymmenen vuoden kokemus.

Hankkeelle perustettiin vuonna 2017 ohjausryhmä, joka on ohjannut sen toteuttamista ja suunnitelman mukaista etenemistä alusta lähtien. Ohjausryhmään kuuluivat Ville Kuittinen (Karelia), Mika Juvonen (BioKymppi), Kimmo Silvo, pj. (SYKE), Marja Pulkkinen (ProAgria), Saija Rasi (LUKE), Pekka Partanen (viljelijäedustaja, Koivikon Kartano), Sampo Rauma (viljelijäedustaja, Tokki) ja Lassi Hurskainen (ELY).

#### **4.2.4 Kustannukset ja rahoitus**

⇒ tähän päivitetään hankkeen loputtua lopullinen kustannuskertymä

#### **4.2.5 Raportointi ja seuranta**

Hankkeen toteutumista on raportoitu vuosittain rahoittajalle tehtävän kustannus- ja toimintaraportin avulla. Lisäksi, hankkeen sisällöllistä toteutumista on voitu arvioida seuraamalla hankkeen julkaisuja, hankkeen omaa Internet-sivustoa sekä hankkeen seminaarien kautta.

#### **4.2.6 Toteutusoletukset ja riskit**

BioRaEE-hankkeen toteutukseen liittyi muutamia riskejä, jotka on lueteltu alla.

- 1) Hankkeen toteutukseen liittyi sen sisarhankkeen (Biokaasulaitoksen lietteistä konsentroituja lannoitteita/BioRaKi-hankkeen) toteutumiseen tai mädätysjäännöksen tuotteistamiseen liittyviä riskejä. BioRaKi-hankkeella on ollut tarkoitus rahoittaa mädätysjäännöksen jalostaminen konsentraatiksi. Hallitakseen tätä riskiä, sitoutui BioKymppi vuokraamaan laitteiston muulla rahoituksella ja valmistamaan konsentraattia hankkeessa tarvittavan määrän, mikäli BioRaKi-hanke ei olisi saanut rahoitusta ELY-keskuksesta. BioRaKi/BioRaKi2-hanke sai rahoituksen, joten BioKymppi pystyi välttämään lisäkustannukset.
- 2) Hankkeen viljelykokeisiin liittyi riskejä. Viljelykokeita on samalla konseptilla tehty jo useita kertoja, joten riskien viljelykokeiden epäonnistumisista ei uskottu olevan isoja. Peltolohkot oli tarkoitus valita siten, ettei niissä ole tulva- eikä poutimisriskiä. Viljelykoeriskit toteutuivat hieman eri tavalla, sillä hankkeen

aikana todettiin, että peltokokeita ei pystytty viemään läpi alun pitäen sovitulla Koivikon Kartanon mailla. Tämä johtui siitä, että osa pellostasta olisi pitänyt vertailun mahdollistamiseksi lannoittaa mineraalilannoitteilla, mikä ei luomuviljelijälle olisi ollut mahdollista. Asia ratkaistiin vuokraamalla peltoja lähimailta.

- 3) Hankkeeseen liittyi selvitysten lähtötietojen puutteellisuudesta johtuvia riskejä. Jalostusteknologioiden kehittämisen tilanteesta ja käytännön kokemuksista teknologian käytön osalta oli tietoja varsin vähän käytettävissä. Tämän takia tietojen puutetta kompensoitiin varsin mittavasti Luken koelaboratoriossa. Näin ollen pystyttiin tarkemmin määrittelemään, mikä suodatusteknologia tai apuaine parantaisi prosessin toimivuutta ja mitkä prosessiparametrit takaisivat sujuvan konsentraatin tuotannon. Lisäksi ympäristövaikutusten ja kannattavuuden arviointiin tarvittiin paljon prosessiin ja arvoketjuihin liittyvää tietoa, joten näiden tietojen puuttuessa olisi arviointikin mahdotonta. Tässä tilanteessa päädyttiin siihen, että arvioinnissa keskityttiin pelkästään niihin prosessin osiin, joihin projektilla on vaikutusta ja toisaalta myös niihin tietoihin, joita Biokymppin prosessista pystyttiin suoraan saamaan. Toisaalta, prosessi ei toiminut hankkeen aikana täydellisesti, joten osa tiedoista tehtiin oletusten varassa. Oletuksia rakennettaessa haettiin kuitenkin BioKymppin prosessiasiantuntijoilta kokemusperäistä tietoa pienemmän mittakaavan toiminnasta, joka skaalattiin suuremman mittakaavan toimintaa vastaavaksi. Lisäksi pyrittiin hyödyntämään myös Luken koelaboratoriosta saatua mittausdataa. Näin ollen pystyttiin arvioimaan prosessin kannattavuus sekä sen ympäristövaikutukset. Tämän kaltainen skaalaus on varsin tyyppillistä teknologiakehityksen alkuvaiheissa ja pystyy antamaan suuntaa-antavat tulokset.
- 4) Hankkeeseen liittyi tiedonjakamisen epäonnistumisen riski, niin kuin kaikkiin tämän tyyppisiin projekteihin. Hankkeen mukaiset verkostoitumis- ja tiedotustilaisuudet järjestettiin kuitenkin alkuperäisen suunnitelman mukaan ja hankkeesta päästiin tiedottamaan hyvin monen eri verkoston kautta. Tämän asian osalta ei hankkeen aikana syntynyt ongelmia.

### 4.3 Yhteistyökumppanit

Hankkeen hakijana ja vastuullisena toteuttajatahona toimi Suomen ympäristökeskus (SYKE). Hanketta toteuttivat lisäksi Luonnonvarakeskus (Luke), Karelia-ammattikorkeakoulu (Karelia amk), BioKymppi Oy, Luukkaisen Puutarha Oy sekä maatila Koivikon Kartano Oy.

SYKE on valtion tutkimus- ja asiantuntijalaitos, joka tarjoaa yhteiskunnan kestävän kehityksen kannalta tarpeellista tietoa, osaamista ja palvelua. SYKE on osa valtion ympäristöhallintoa, ja se toimii pääosin ympäristöministeriön, mutta vesivaroihin liittyen maa- ja metsätalousministeriön alaisuudessa. SYKellä on pitkä kokemus erilaisista biotalouteen, kiertotalouteen ja maatalouden ympäristövaikutuksiin liittyvistä tutkimushankkeista ja asiantuntijatehtävistä.

LUONNONVARAKESKUS (Luke) on tutkimus- ja asiantuntijaorganisaatio, joka tuottaa tietoon perustuvia ratkaisumalleja ja palveluita asiakkailleen, avaa mahdollisuuksia uusiutuviin luonnonvaroihin perustuvalla elinkeinotoiminnalla sekä tukee yhteiskunnan päätöksentekoa. Se toimii maa- ja metsätalousministeriön alaisuudessa. Strategiset vaikuttavuusalueet ovat uusiutuviin luonnonvaroihin perustuvat biomassapohjaiset tuotteet ja energia, ruokajärjestelmä ja -turva, hyvinvointi ja terveys sekä kestävä luonnonvaratalous ja -politiikka.

Luke tekee tieteellistä yhteistyötä koti- ja ulkomaisten yliopistojen ja tutkimuslaitosten kanssa. Lukelaisia oli vuoden 2015 alussa n. 1600.

KARELIA-AMMATTIKORKEAKOULU (Karelia-amk) tarjoaa korkeakoulututkintoon johtavaa koulutusta nuorille ja aikuisille ja osallistuu aktiivisesti aluekehitystyöhön sekä tutkimus- ja kehittämistoimintaan. Karelian opiskelijamäärä on noin 4000 ja henkilökuntaa Kareliassa on noin 370. Vuonna 2013 Karelian tutkimus- ja kehittämistoiminnassa työskenteli yhteensä 127 henkilöä vastaten lähes 60 henkilötyövuotta ja tki-toiminnan kokonaisvolyymi oli noin 8 M€. Karelia on ollut vahva projektitoimija jo kolmen ohjelmakauden ajan. Karelia kehittää aluetta vastuullisena yhteistyökumppanina ja toimii aktiivisesti sekä kansallisissa että kansainvälisissä verkostoissa. Tulokset ovat ammattikorkeakoulujen parhaimmistoa. Karelian TKI-toiminta on laajaa ja se muodostaa merkittävän osan ammattikorkeakoulun vuosittaisesta toiminnasta. Strategiset painoalueet on määritelty tukemaan aluekehitystä yhteistyössä sidosryhmien kanssa. Painoaloja ovat kestävät energiaratkaisut ja materiaalit, sekä uusiutuvat hyvinvointipalvelut.

BIOKYMPPI OY kierrättää Itä-Suomen alueelta kerättyjä biojätteitä ja lietteitä energiaksi ja kierrätyslannoitteiksi myös luomutuotantoon ainoana laitoksena Suomessa. Prosessissa syntyvällä biokaasulla sekä Kiteen suljetun kaatopaikan kaasulla tuotetaan lämpöä Kiteen Lämmön kaukolämpöverkkoon. Kaasukäyttöisillä moottoreilla tuotetaan sähköä omaan käyttöön, Kiteen Lämpö Oy:lle sekä myydään Oulun Sähkömyynnille. BioKymppin liikevaihdosta on tullut 75–80 % jätteiden käsittely- ja kuljetusmaksuista. BioKymppi valmisti pelto- ja kasvihuoneviljelykokeisiin tarvittavat kierrätyslannoitteet. BioKymppi on tehnyt useita lannoitekokeita nykyisillä tuotteillaan Karelia-amk:n ja Itä-Suomen yliopiston kanssa. Kokeista on tullut useita opinnäytetöitä.

KOIVIKON KARTANO OY on Kiteellä toimiva maidontuotantoon erikoistunut maatila. Luomuviljelyssä olevaa peltoa tilalla on lähes 400 ha ja tällä hetkellä lypsykarjaa reilut 100 lehmää. Vuonna 2014 valmistuneeseen kolmen robotin luomunavettaan mahtuu lähes 200 lehmää. Tässä hankkeessa tehtävät peltoviljelykokeet toteutetaan Koivikon Kartano Oy:n pelloilla. Hankkeessa oli tavoitteena toteuttaa kenttäkokeet Koivikon Kartanon pelloilla, jotka olivat luomutuotannossa. Hankkeen koeasetelmassa oli tarpeen verrata kierrätyslannoitteita väkilannoitteisiin, joten viljelykokeet siirrettiin toisen omistajan pellolle. Koivikon Kartanolle varattu budjetti siirrettiin Karelia ammattikorkeakoulun ja BioKymppi Oy:n käyttöön. Koivikon Kartanolle jäi työnjohtoon varattu budjetti. Hankkeen ohjausryhmä puolsi tätä muutosta. Organisaatioilla on myös laaja kontaktiverkosto kansallisiin ja kansainvälisiin sidosryhmiin, kuten viranomaisiin, muihin tutkimuslaitoksiin, alan yrityksiin, viljelijöihin ja muihin toiminnanharjoittajiin. Verkostoja on hyödynnetty tässä hankkeessa ennen kaikkea tarkasteltavien teknisten vaihtoehtojen ominaisuuksien, toimivuuden ja käyttöönoton vaikutusten arvioinnissa ja tuoreimman, vielä julkaisemattoman tiedon saamisessa hankkeen käyttöön. Tuore käytännön tieto tarkasteltavien tekniikoiden käytännön toimivuudesta on oleellisen tärkeää, kun arvioidaan niiden vaikutuksia ja sovellettavuutta aluetarkasteluja laajemmin.

Valittuja menetelmiä testattiin BioKymppi Oy:n täydenmittakaavan biokaasulaitoksen yhteydessä. Laitetoimittajina olivat Doranova Oy yhdessä päämiehensä Landco S.A:n kanssa. Landco S.A. on luxemburgilainen cleantech-yritys, joka on erikoistunut biokaasun tuotantolaitoksiin ja mädätysjäännöksen jatkojalostukseen. Doranova Oy on kotimainen laitetoimittaja, joka tarjoaa ympäristöystävällisiä, kestävästä kehityksen mukaisia ratkaisuja uusiutuvan energian tuottamiseen ja hyödyntämiseen. Maatila Koivikon Kartano Oy toi hankkeeseen mukaan lannoitetuotteiden loppukäyttäjän näkemyksen ja tarpeet, käytännön kokemuksensa maanviljelyksestä sekä testipellot. Luukkaisen Puutarha Oy on Pohjois-Karjalan suurin kurkun tuottaja, jolla on puutarhaviljelystä yli 30 vuoden kokemus. He ovat minimoineet torjunta-aineiden ja kemikaalien käytön mm. pitämällä kasvihuoneet kylmillään marraskuusta maaliskuuhun taudinaiheuttajien tuhoamiseksi. Heidän

pyrkimyksenään on muutenkin ollut päästä mahdollisimman lähelle luonnonmukaista tuotantoa.

#### 4.4 Tulokset ja vaikutukset

Tässä osassa listataan BioRaEE-hankkeen tulokset työpaketeittain.

##### 4.4.1 Työpaketti 1: Kierrätyslannoitteiden käytön reunaehdot ja jalostuksen mahdollisuudet

###### a) Viljelijäkysely

Osana työpaketti 1:stä tehtiin selvitys viljelijöiden, eli ruoantuottajien, näkemyksistä kierrätyslannoitteista. Tarkoituksena oli selvittää kierrätyslannoitteiden käytön mahdollisuuksia ja esteitä sekä kartoittaa kokemuksia niiden käytöstä. Muutamia poikkeuksia lukuun ottamatta eurooppalaisten ruoantuottajien näkemyksistä kierrätyslannoitteiden käytöstä on selvitetty varsin vähän.

Selvityksessä laadittiin ruoantuottajille kysely, johon saatiin yhteensä 649 vastausta ympäri Suomea (Taulukko 2). Kyselylomake suunniteltiin hanketoimijoiden yhteistyönä ja se toteutettiin sähköisen Webropol-kyselyohjelmiston avulla. Kyselyä markkinoitiin toimittamalla vastauslinkki tuottajayhdistysten puheenjohtajille ja sihteereille, sekä kuntien maataloussihteereille, jotka välittivät vastauslinkkiä oman alueensa ruoantuottajille.

*Taulukko 2 Kyselyyn vastanneiden lukumäärät maakunnittain*

Maakunta	Vastaajia	Vastaajien osuus
Pohjois-Savo	75 kpl	11,56 %
Varsinais-Suomi	65 kpl	10,02 %
Pohjois-Karjala	58 kpl	8,94 %
Etelä-Pohjanmaa	55 kpl	8,47 %
Pohjois-Pohjanmaa	54 kpl	8,32 %
Satakunta	44 kpl	6,78 %
Keski-Suomi	44 kpl	6,78 %
Etelä-Karjala	43 kpl	6,63 %
Pirkanmaa	38 kpl	5,86 %
Pohjanmaa	31 kpl	4,78 %
Kymenlaakso	30 kpl	4,62 %
Etelä-Savo	28 kpl	4,31 %
Keski-Pohjanmaa	24 kpl	3,70 %
Lappi	18 kpl	2,77 %
Uusimaa	16 kpl	2,47 %
Kainuu	13 kpl	2,00 %
Päijät-Häme	7 kpl	1,08 %
Kanta-Häme	6 kpl	0,92 %
YHTEENSÄ	649 kpl	100 %

Kyselyn tulosten perusteella ruoantuottajat suhtautuivat kierrätyslannoitteiden käyttöön myönteisesti ja olisivat halukkaita lisäämään kierrätyslannoitteiden käyttöä.

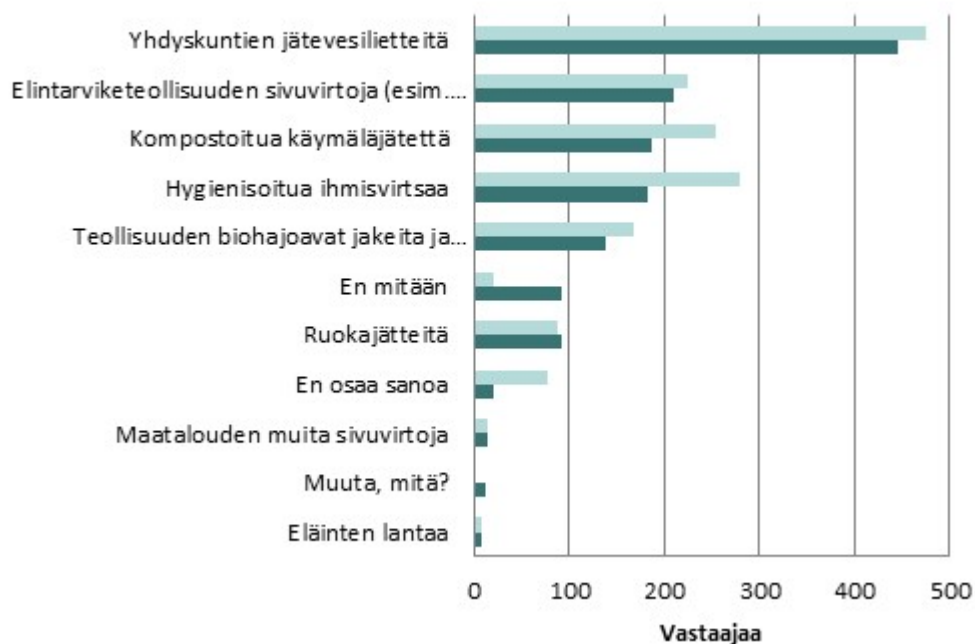
Lähes kolmannes vastaajista oli valmis levittämään kierrätyslannoitteita koko peltoalalleen. Kierrätyslannoitteiden käytön uskottiin parantavan maan laatua ja rakennetta väkilannoitteisiin verrattuna ja edistävän maan kasvukuntoa ja sadontuottokykyä. Kierrätyslannoitteiden arvioitiin myös tukevan mineraalilannoitteiden käyttöä. Vastaajat olivat kiinnostuneita saamaan lisää tutkimustietoa ja käytännön kokemuksia kierrätyslannoitteiden käytöstä.



Ruoantuottajien kiinnostuksesta kertoo myös suuri vastaajamäärä. Vastaajista noin 20 % oli luomutuottajia, ja suuri osa harkitsi luomutuotantoon siirtymistä. Vastaajajoukossa luomutuotantoa harjoittavien osuus oli suurempi kuin luomutuotantoa harjoittavien osuus Suomessa keskimäärin. Luomutuotantoa harjoittavien ruoantuottajien suhtautuminen kierrätyslannoitteisiin on myönteisempää. Aikaisemmassa tutkimuksessa nuorten ihmisten on todettu suhtautuvan myönteisemmin esimerkiksi lannan separointiteknologioita kohtaan (Gebrezgabher ym. 2015). Tämän kyselyn vastaajien iät eivät ole tiedossa, mutta on todennäköistä, että sähköisen kyselylomakkeen käytön vuoksi iäkkäimpien vastaajien osuus jäi vähäisemmäksi. Lisäksi vastaajista suuri osa oli sivutoimisia ruoantuottajia, joiden näkemykset saattavat erota päätoimisten ruoantuottajien näkemyksistä, vaikka tässä selvityksessä ei todettu tilastollisesti merkitseviä eroja näiden kahden ryhmän välillä.

Vaikka suhtautumien kierrätyslannoitteisiin oli pääasiassa myönteistä, oli vastaajilla runsaasti ennakkoluuloja tiettyjä kierrätyslannoitteiden raaka-aineita kohtaan ja he arvelivat myös asiakkaidensa vierastavan näitä raaka-aineita (Kuva 1). Eniten ennakkoluuloja oli puhdistamolietettä ja muita ihmisperäisiä biomassoja kohtaan ja vastaajat kaipaisivatkin selkeää näkemystä siitä, mikä on viranomaisten ja asiakkaiden suhtautuminen näihin. Erityisesti avoimissa vastauksissa ilmeni paljon huolta näiden kierrätyslannoitteiden turvallisuutta kohtaan. Ruoantuottajat vaikuttavat tämän kyselytutkimuksen perusteella olevan hyvin valveutuneita kierrätyslannoitteiden turvallisuuteen liittyvistä riskeistä ja kaipaavan lisää selvitystä erityisesti puhdistamolietteen käytön turvallisuudesta. Vastaajat arvelivat, että puhdistamoperäisistä kierrätyslannoitteista ei ole mahdollista poistaa kaikkia lääke- ja hormonijäämiä, jolloin niiden turvallinen lannoitekäyttö ei ole mahdollista. Puhdistamolietteen käytön riskeistä on ollut kyselyn toteutusaikana paljon keskustelua, joten viljelijöiden huoli on ymmärrettävä. Puhdistamolietteen muovijäämistä ei ole toistaiseksi keskusteltu yhtä runsaasti, mutta muutamissa vastauksissa mainittiin myös muovijäämiin liittyvät riskit. Suurimmat riskit vastaajien mielestä liittyivät 1) yhdyskuntien jätevesilietteen, 2) teollisuuden biohajoaviin jakeisiin ja sivuvirtoihin, 3) hygienisoituun ihmisvirtsaan, sekä 4) kompostoituun käymäläjätteeseen, sekä 5) elintarviketeollisuuden jätevirtoihin.

### Mitä kierrätyslannoitteiden raaka-aineita itse vierastat ja mitä olet asiakkaittesi vierastavan?



Kuva 1 Ruoantuottajien oma näkemys ja arvio asiakkaiden suhtautumisesta kierrätyslannoitteiden raaka-aineisiin.

Kyselyyn vastanneista kolmanneksella oli kokemusta kierrätyslannoitteiden, erityisesti lannan hyödyntämisestä. Kokemukset kierrätyslannoitteiden käytöstä olivat pääosin positiivisia ja suurin osa kierrätyslannoitteita käyttäneistä vastaajista oli ollut tyytyväisiä kierrätyslannoitteiden käyttöön. Tämä tulos on jossain määrin yllättävä, sillä ennakkokäsitysten mukaan kierrätyslannoitteiden on arvioitu olevan haastavaa erityisesti levityksen osalta. Tähän kyselyyn vastanneista ruoantuottajista vain harva kierrätyslannoitteita käyttänyt vastaaja oli pettynyt kierrätyslannoitteiden käyttöön, ja kierrätyslannoitteiden hankinta, varastointi ja levitys olivat sujuneet kohtuullisen hyvin. On kuitenkin huomioitava, että nämä kokemukset pohjautuvat pääasiassa eläinten lannan hyödyntämiseen, joten tuloksia ei voida suoraan yleistää muihin kierrätyslannoitteisiin. Muiden kierrätyslannoitteiden käytöstä olisi tarpeen saada lisää ruoantuottajien kokemuksia. Koska muita kierrätyslannoitteita on ollut toistaiseksi varsin vähän saatavilla, ei niiden käytöstä ole juurikaan kokemuksia.

Vastaajat mainitsivat kierrätyslannoitteiden hinnan olevan olennainen kierrätyslannoitteiden käyttöä edistävä tekijä. Suurin osa vastaajista oli sitä mieltä, että viljelijöiden kierrätyslannoitteiden käyttöä tulisi tukea. Yli puolet vastaajista oli sitä mieltä, että käyttöopastus olisi sopiva tukimuoto, mutta rahallista tukea kaipasi lähes puolet vastaajista. Avoimissa vastauksissa osa vastaajista totesi, että tukimuotoja ei tarvita lainkaan, jos kierrätyslannoitteiden hinta saadaan kilpailukykyiseksi väkilannoitteiden kanssa. Tämän kyselyn tulokset saattavat kuitenkin antaa todellisuutta myönteisemmän kuvan, sillä vastaajissa oli paljon luomutuotannon harjoittajia, joiden näkemykset kierrätyslannoitteiden käytöstä ovat myönteisempiä kuin tavanomaista tuotantoa harjoittavien näkemykset. Kierrätyslannoitteiden käytön esteenä ovat lähinnä niiden saatavuus (erityisesti prosessoitujen kierrätyslannoitteiden osalta) ja hinta. Vastaajat olivat huolissaan tiettyjen kierrätyslannoitteiden raaka-aineiden (erityisesti puhdistamolietteiden) käytöstä niihin liittyvien terveysriskien vuoksi. Myös lainsäädäntö voi tulevaisuudessa vaikuttaa kierrätyslannoitteiden käyttömahdollisuuksiin.

*Taulukko 3 Ruoantuottajille suunnatun kyselyn vastausten perusteella laadittu kierrätyslannoitteiden SWOT-analyysi*

Vahvuudet	Heikkoudet
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Soveltuvuus luomutuotantoon</li> <li>• Maaperän rakenteen parantuminen</li> <li>• Hyvä lannoitusvaikutus</li> <li>• Edullinen hinta</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Saatavuuteen, varastointiin ja levitykseen liittyvät haasteet</li> <li>• lannoitevaikutuksen ennustaminen haastavampaa kuin mineraalilannoitteilla</li> <li>• Levitysvaiheessa saattaa tiivistää maaperää</li> </ul>
Mahdollisuudet	Uhat
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kierrätyslannoitteiden raaka-aineita runsaasti saatavilla</li> <li>• Lisäävät ravinteiden kiertoa ja voivat vähentää Itämeren päästökuormitusta</li> <li>• Kierrätyslannoitteiden käytöstä ollaan kiinnostuneita ja niitä halutaan käyttää jos tarjolla lisää tietoa ja koulutusta</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kilpailukyky mineraalilannoitteisiin nähden</li> <li>• Asiakkaiden suhtautuminen kierrätyslannoitteisiin, erityisesti puhdistamoperäisiin kierrätyslannoitteisiin</li> <li>• Lainsäädäntö ja sen muutokset tulevaisuudessa koskien erityisesti puhdistamoperäisten kierrätyslannoitteiden käyttöä</li> </ul>

## b) Laitostoimija -kysely

Kierrätyslannoitteiden valmistajien näkemysten selvittämiseksi kysely lähetettiin Lannoitevalmistelain (539/2006) mukaiseen Eviran rekisteriin merkityille toimijoille, joilla on laitoshyväksyntä kierrätyslannoitteiden valmistajina. Hankkeen fokuksesta biokaasuliiketoimintaan ja mädätysjännösperäisiin kierrätyslannoitteisiin johtuen, vastauksista analysoitiin vain biokaasulaitosten vastaukset.

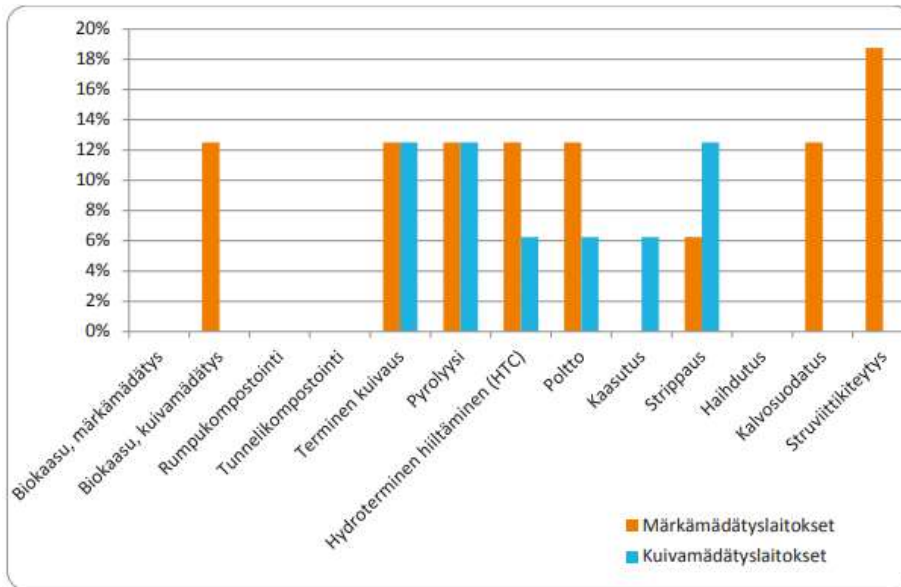
Biokaasulaitosten vastauksia saatiin 16 laitokselta, mikä vastaa noin kolmasosaa kaikista Suomessa toiminnassa olevista biokaasulaitoksista laskentatavasta riippuen. Näistä seitsemän oli kapasiteetiltaan pieniä (alle 20 000 t/v), neljä keskisuuria (20 000–60 000 t/v) ja viisi suuria (yli 60 000 t/v). Maatilakohtaisia biokaasulaitoksia ei kyselyyn vastannut, sillä vain harva näistä myy mädätysjäänöstä ulkopuolisille ja on näin ollen Eviran valvoma kierrätyslannoitevalmisteiden valmistaja. Vastaajista 13 oli märkä- ja kolme kuivamädätyslaitoksia. 75 % vastaajista käytti syötteenään puhdistamolietettä ja noin puolelle se oli pääsyöte. Muita keskeisiä syötteitä olivat erilliskerätyt biojätteet, ruokapalveluiden rasvakaivolietteet sekä kauppojen biojätteet. Vain yksi vastaajista käytti pääsyötteenään kotieläinten lantaa.

Vastaajista noin puolet edellyttää asiakkailtaan lannoitevalmisteen varastointia asiakkaan omissa tiloissaan. Erityisesti pienet laitostoimijat (kapasiteetti <20 000t/v) edellyttävät varastointia vastaanottajien tiloissa. Suurille toimijoille (>60 000t/v) varastointi ei näyttäytynyt suurena ongelmana.

Vastaajien valmistamia lannoitetuotteita käytettiin pääosin peltoviljelyssä tai viherrakentamisessa. Osa lopputuotteista hyödynnettiin myös kotipuutarhoilla ja kaatopaikkojen maisemoinnissa. Metsälannoitukseen vastaajien lopputuotteita ei käytetty. Vastaajista 56 % (joista yksi on kuivamädätyslaitos) tarjosi sekä lopputuotteitaan että kuljetuspalvelua ilmaiseksi asiakkailleen. Sopivaksi kuljetusmatkaksi vastaajat näkivät alle 100 km. Vain yksi vastaaja toimitti tuotteitaan tätä kauemmas.

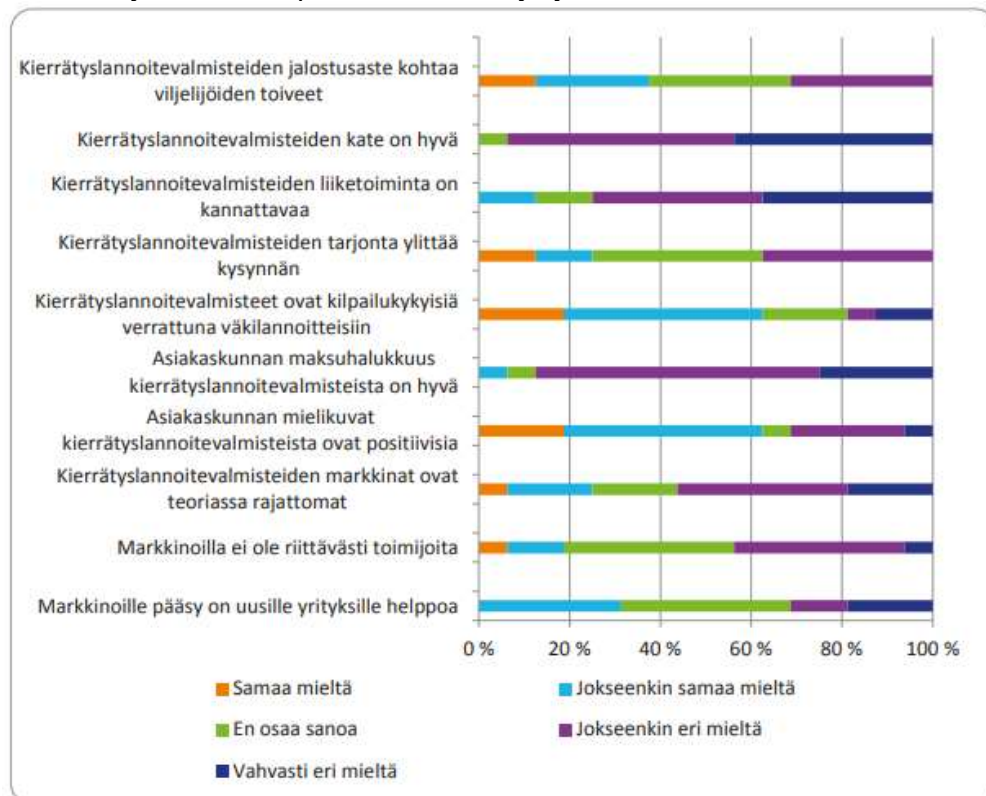
Vastaajien laitoksilla käytössä olleita jatkojalostusteknologioita olivat hygienisointi, separointi, seosten valmistus sekä kuivaus. Käytetyin tekniikka oli hygienisointi. Vain yksi vastannut laitos ei käyttänyt hygienisointia. Vastaajista 56 % hygienisoi mädätysjäänöksen biokaasuprosessin jälkeen ja 38 % toteutti sen esikäsitteilynä. Kaikki vastauksissa olleet puhdistamolietettä sisältävät mädätysjäänökset hygienisoitiin, 33 % termisesti kuivaamalla ja 67 % kompostoimalla. Kiinteän jakeen kompostoinnin mahdollistamiseksi käytössä oli erilaisia separointiteknologioita. Myös mädätysjäänöksestä separoidun nestejakeen kalvosuodatus ja ammoniumtyypen strippaus olivat käytössä yksittäisillä suurilla ja keskisuurilla laitoksilla.

Vastauksista erottui erityistä kiinnostusta tiettyjä teknologioita kohtaan (Kuva 2). Pienet toimijat olivat kiinnostuneempia poltto- ja kuivausteknologioista, kun taas suuremmat toimijat myös edistyneemmistä ravinteiden erotteluteknologioista, kuten strippauksesta, kalvosuodatuksesta ja struviittikiteytyksestä. Eniten kiinnostusta märkämädätyslaitoksissa herätti struviittikiteytys. Kuivamädätyslaitoksissa kiinnostus kohdistui erityisesti ammoniakkin strippaukseen.



Kuva 2 Vastanneiden laitostoimijoiden kiinnostus jatkojalostusteknologioihin (%-osuus vastanneista biokaasulaitoksista)

Vastaajat näkivät kierrätyslannoitealan markkinoissa kehittämisen varaa (Kuva 3), vaikka yli 60 % heistä kokee, että kierrätyslannoitevalmisteet ovat jo nyt kilpailukykyisiä verrattuna väkilannoitteisiin ja että asiakkailta on valmisteista positiivinen mielikuva. Kuitenkin tuotteista saadussa katteessa, asiakkaiden maksuhalukkuudessa ja liiketoiminnan kannattavuudessa oli heidän mielestään parantamisen varaa. Haasteista huolimatta näkemykset siitä, kuinka hyvin nykyiset lopputuotteet vastaavat viljelijöiden toiveita, olivat eriäviä ja vain kolmannes laitostoimijoista näkee parannettavaa viljelijöiden toiveiden kohtaamisessa.



Kuva 3 Vastanneiden biokaasulaitostoimijoiden näkemykset mädätysjäännöksen ja siitä jalostettujen tuotteiden markkinoista

Kyselyyn vastanneet biokaasulaitostoimijat näkivät toiminnan kannattavuuden, lopputuotteiden markkinoiden epävakauden, toimintaa säätelevän lainsäädännön ja kierrätyslannoitustuotteiden hyväksyttävyyden suurimpina toimialan kasvua hidastavina tekijöinä. Etenkin puhdistamolietepohjaisen mädätysjäännöksen maatalouskäytön yllä oleva epävarmuus ja viljanostajien asettamat kiellot rajoittavat investointeja mädätysjäännöksen jalostamiseen. Muina haasteina nähtiin korkeat prosessikustannukset, epäonnistuminen haluttujen ravinnesuhteiden aikaansaamisessa ja logistiikan toimivuus.

### c) Pullonkaulat

Viljelijöiden ja laitostoimijoiden vastauksista kyselyihin erottui selkeitä ristiriitoja. Niistä puolestaan muodostuu pullonkauloja, jotka rajoittavat mädätysjäännösperäisten kierrätyslannoitteiden markkinoiden kehittymistä ja jäännöksen jalostamisen yleistymistä. Keskeisimpiä haasteita olivat lannoitteen olomuoto, ravinnesuhteet, varastoitavuus, raaka-aineet, hinta, tunnettavuus ja osaaminen (Taulukko 4). Molempien osapuolien vastauksissa oli havaittavissa halua pysyä nykyisissä toiminnoissa sen sijaan, että omaa toimintaa oltaisiin valmiita kehittämään. Pullonkaulojen ratkaisemisessa olennaista kuitenkin olisi, että molemmat olisivat valmiita omia käytäntöjään muokkaamaan.

Taulukko 4 Viljelijöiden ja mädätysjäännösperäisten lannoitustuotteiden valmistajien väliset vastausten ristiriidat ja niistä aiheutuvat pullonkaulat

Viljelijät	Pullonkaula	Valmistajat
Toiveena tiloilla olemassa oleviin kylvölannoittimiin ja keskisäkelevittäimiin soveltuvat tuotteet; Ei kiinnostusta tilalle uudelleen levitystekniikoihin	Olomuoto, levittämiskalusto	Tyytyväisyys lopputuotteisiin nykyisellään, ts. vähäisellä jalostuksella ja ilman ravinnepitoisuuksien täydentämistä; Periaattellinen kiinnostus tuotteiden jatkojalostukseen, mutta vähäinen investointihalukkuus; Kiinnostus levitystekniikoiden kehittämiseen vähäistä
Väkilannoitteisiin verrattavat NPK-suhteet	Ravinnesuhteet	Toivotaan (osin), että asiakas varastoi; Ei jalosteta suursäkeissä varastoitavaan muotoon (ei kaikilla tekniikoilla mahdollista eikä tavoiteltavaakaan)
Ei investointihalua varastoida muuten kuin suursäkeissä	Varastoitavuus	Puhdistamolietteen vieroksuminen
Halpa maanparannusaine ja/tai väkilannoitteille kilpailukykyinen hinta verrattuna ravinnemääriin	Raaka-aineet	Hinta
Kierrätyslannoitteilla maine pääasiassa hyvänä lisänä väkilannoitteille	Hinta	Tunnettavuus
Tarve tukeen kierrätyslannoituksen suunnittelussa esim. käyttöoppaiden sekä koulutusten lisäämiseä	Kierrätyslannoitusosaaminen	Osaamisen keskittyminen biokaasuteknologiaan eikä tuotteiden loppukäyttöön; Ei koettua tarvetta oppaille tai koulutustilaisuuksille

Suomalaiset viljelijät suhtautuvat kierrätyslannoitteisiin positiivisesti. Kierrätyslannoitteet nähdään hyvänä lisänä väkilannoitukselle, potentiaalisena tienä luomuun siirtymiselle ja väkilannoitteita parempana vaihtoehtona maan kasvukunnon parantamiseksi. Suurimmat kynnyskysymykset kierrätyslannoitteiden käytölle ovat hinta, ravinnesuhteet, olomuoto, varastoitavuus ja levitettävyyys, sillä ne eivät vastaa tuttuja väkilannoitteita. Tällä hetkellä suomalaiset viljelijät eivät ole valmiita investoimaan kierrätyslannoitteiden levityskalustoon tai varastointiin. Toisaalta erityisesti tuotteiden levityksen ratkaisut voivatkin olla pääasiassa urakointiin perustuvia, jolloin yksittäisen viljelijän ei tarvitsisi investoida omaan kalustoon. Erityisesti väkevien nestemäisten kierrätysravinteiden varastoinnin ja levityksen parhaat ratkaisut ovat vielä kehittymässä.

#### **d) Kierrätyslannoitus -opas**

Viljelijäkyselyssä esiin nousseen selkeän tarpeen perusteella TP1:ssä päädyttiin kasaamaan tiivis opas kierrätyslannoituksen käytännöistä viljelijöille ja muille alan toimijoille (Seppänen, ym. 2019). Oppaassa painotettiin käytännönläheisyyttä ja siinä lähestyttiin kierrätyslannoitusta neljästä eri lähtökohdasta: käyttötavat, olomuodot, logistiikka ja viljelynsuunnittelu. Kirjoitusprosessissa uusinta tietoa hankittiin monipuoliselta asiantuntijakattaukselta Lukesta, SYKEstä, MTK:sta, Ruokavirastosta, Karelia-AMK:sta sekä ministeriöistä. Oppaan toteutukseen työpaketti löysi yhteistyötahokseen MaRaHyöty II hankkeen, joka tarjoutui maksamaan oppaan julkaisun graafikon työt ja painotyön. Julkaisun yhteydessä toteutettiin jakelutempaus, jossa painettu opas lähetettiin 320 maatalousneuvojalle, 42 oppilaitokseen ja 69 kierrätyslannoitevalmistajalle. Opasta jaettiin myös 400kpl Okra -maatalousmessuilla sekä 200kpl BSAG hiiliviljely koulutustilaisuuksissa. Opas julkaistiin verkossa myös ruotsiksi syksyllä 2019. Oppaan vastaanotto oli todella positiivinen sekä viljelijöiden että maatalousalan hanketoimijoiden keskuudessa.

#### **4.4.2 Työpaketti: 2 Kierrätyslannoitteiden käytön demonstraatiot**

##### **a) Konsentraatin levitysteknologia**

Kasvukauden 2018 peltoviljelykokeita varten päätettiin aloittaa levityskyvyltään tarkemman peltoviljelyyn soveltuvan levityslaitteen kehitys. Syy tähän oli ravinnekonentraatin levityksen haastavuus tavanomaisella lietteenlevitysvaunulla, joka todettiin kesän 2017 lannoituskokeissa. Lietteenlevitysvaunun levitystarkkuus ei vastaa viskositeetiltaan vedenkaltaisen nesteen, eikä määrältään vähäisen lannoitteen levittämisen vaatimuksia. Konsentraatin tuotantokustannusten suuruuden vuoksi alkuvaiheessa siitä hyötyvät eniten puutarhaviljelijät, minkä vuoksi päätettiin aloittaa myös riviviljelytuotantoon soveltuvan laitteen kehitys. Kaksi levityslaitteprototyyppiä rakennettiin, joista toinen soveltuu peruslannoitukseen peltoviljelyssä ja toinen lisälannoitukseen avomaan puutarhatuotannossa eli riviviljelyksessä. Kummankin laitteen lähtökohtana on kaupallinen levityslaitteisto (esim. multainvaunu peltoviljelyssä), johon tehdään tarvittavat muutokset.

##### **b) Vuoden 2018 lannoituskokeet nurmi- ja viljakoealalla**

Maatilakokeiden avulla selvitettiin konsentraatin lannoitusvaikutusta tavanomaisella timoteinurmella sekä kevätehnällä kesällä 2018. Molemmissa kokeissa verrokkina oli väkilannoiteseos, jonka ravinnesuhteet vastasivat konsentraatin ravinnesuhteita. Koelannoitteiden levitysmäärät säädettiin liukoisen typen mukaan. Lisäksi testattiin maatalon levityskaluston soveltuvuutta konsentraatin levitykseen.

Tavoitteena konsentraatin lannoituksessa oli testata se kahdella typpitasolla (40 kg/ha ja 80 kg/ha) niin kuin väkilannoitekin. Levitystasaisuuden hallinnassa ilmeni jonkin verran

laitteistoon liittyviä haasteita nurmella etenkin konsentraatin osalta, minkä vuoksi tavoiteltuja typpitasoja ei kokeissa saavutettu.

Vuoden 2018 kokeiden tulosten perusteella konsentraatin lannoitusvaikutus on yhtä hyvä tai jopa parempi kuin väkilannoitteen. Timoteinurmikasvusto reagoi sekä väkilannoite- että konsentraattilannoitukseen ennakkodusti, eli lannoitus liukoisen typen mukaan lisäsi satoa. Konsentraatinfosfori- ja kaliummäärät olivat kokeissa hieman pienemmät kuin väkilannoitteen. Syynä konsentraattilannoituksen väkilannoitetta vastaavaan tuottokykyyn lienee ollut kuiva maa, joka hidasti ravinteiden liukenemista rakeisesta väkilannoitteesta. Nurmella konsentraatin lannoitusvaste oli viljaa parempi.

Mikäli typpipitoista konsentraattia käytettäisiin laajemmin peltokasvituotannossa, multainvaunujen teknisiä ominaisuuksia tulisi kehittää siten, että laitteistolla pystyttäisiin levittämään tarkasti nestemäistä lannoitetta. Typpipitoisen konsentraatin levityksessä myös virtausviiveen aiheuttamat poikkeamat korostuivat. Virtausviiveen poistamiseksi vantaiden avautumista ja sulkeutumista tulisi voida säädellä tai jakolaitteesta vantaisiin ulottuvat johtimet tulisi olla mahdollisimman lyhyitä. Kasvinsuojeluruisku konsentraatin levittäjänä on liian hidas ja säiliöltään liian pieni, vaikka se muuten, esimerkiksi konsentraatin alhaisen viskositeetin vuoksi olisikin levitykseen sopiva.



*Kuva 4 Lannoitteiden levitykseen käytettiin LiiTrack Oy:n Livakka-lietevaunua kiekkomultaimella*

Typpihävikkien pienentämiseksi lietteen paras levitysajankohta olisi viileä ja sateinen sää. Vuoden 2018 kokeissa levityksen jälkeen vallitsi tavanomaista kuivempi ja kuumempi sää. Korkea lämpötila voi aiheuttaa nopean ammoniakkin haihtumisen, minkä seurauksena pääosa lietteen tpestä katoaa ilmaan. Typpihävikki on sitä suurempi mitä enemmän lannoitukseen käytettävä liete on tekemisissä ilman kanssa. Lietteen riittävän tehokas multaaminen on ainoa keino saada typpi kasvavan nurmen käyttöön. Normaalisti sade pysäyttää ammoniakkin haihdunnan typen painuessa sateen mukana maahan. Kuivana kautena taas typpi ei juurikaan liiku maassa ja nurmi kasvaa huonosti. Vuoden 2018 kuumen kesän lannoitekokeissa kävi juuri niin.

Kiteen Puhoksen alueelle perustetun peltolohkon nurmikokeessa lannoitteita levitettiin kahdella eri lannoitustasolla (Taulukko 5). Lannoitustasoja tarkennettiin punnitsemalla ajoneuvojen painot ennen ja jälkeen lannoitteen levityksen, jolloin todellisia koelohkoille menneitä lannoitemääriä kuvaa taulukon sarake kg/ha, toteutunut. Esim. konsentraatin osalta lannoitustasot olivat 9 tn/ha ja 12,6 tn/ha, mikä sisälsi keskimäärin 39 kg/ha (54 kg/ha) liukoista ja 44 kg/ha (62 kg/ha) kokonaistyppeä. Samaa menettelyä käytettiin Kiteen viljakoealueelle (Taulukko 6).

Taulukko 5 Kiteen Puhoksen nurmikoealueen lannoitustasot 2018

	kg/tn				tn/ha	kg/ha, tavoite				tn/ha	kg/ha, toteutunut				toteutu- neet, %
	N-kok	N-liuk	P	K		N-kok	N-liuk	P	K		N-kok	N-liuk	P	K	
1. 0-ruutu							0	0	0			0	0	0	
2. Luomu10A1	5,3	3,9	0,74	1,7	10,2	54	40	8	17	8,4	44	33	6	14	82
3. Naudan liete 1	3,2	1,5	0,55	2,9	26,5	85	40	15	77	21,5	69	32	12	62	81
4. Konsentraatti 1	4,9	4,3	0,14	2,4	9,2	45	40	1	22	9,0	44	39	1	22	98
5. Väkilannoite 1	200	200	20	120	0,2	40	40	4	24	0,2	38	38	4	23	95
6. Luomu10A2	5,3	3,9	0,74	1,7	20,4	108	80	15	35	17,2	91	67	13	29	84
7. Naudan liete 2	3,2	1,5	0,55	2,9	53,0	170	80	29	154	49,8	159	75	27	144	94
8. Konsentraatti 2	4,9	4,3	0,14	2,4	18,5	91	80	3	44	12,6	62	54	2	30	68
9. Väkilannoite 2	200	200	20	120	0,4	80	80	8	48	0,4	79	79	8	48	99

Taulukko 6 Kiteen Papinniemen viljakoealueen lannoitustasot 2018

	kg/tn				tn/ha	kg/ha, tavoite				tn/ha	kg/ha, toteutunut				toteutu- neet, %
	N-kok	N-liuk	P	K		N-kok	N-liuk	P	K		N-kok	N-liuk	P	K	
1. 0-ruutu							0	0	0			0	0	0	
2. Luomu10A1	5,3	3,9	0,74	1,7	10,2	54	40	8	17	8,0	42	31	6	14	79
3. Naudan liete 1	3,2	1,5	0,55	2,9	26,5	85	40	15	77	23,2	74	35	13	67	88
4. Konsentraatti 1	4,9	4,3	0,14	2,4	9,2	45	40	1	22	8,5	42	37	1	20	93
5. Väkilannoite 1	200	200	20	120	0,2	40	40	4	24	0,2	38	38	4	23	95
6. Luomu10A2	5,3	3,9	0,74	1,7	20,4	108	80	15	35	17,7	94	69	13	30	87
7. Naudan liete 2	3,2	1,5	0,55	2,9	53,0	170	80	29	154	49,0	157	73	27	142	92
8. Konsentraatti 2	4,9	4,3	0,14	2,4	18,5	91	80	3	44	17,1	84	74	2	41	93
9. Väkilannoite 2	200	200	20	120	0,4	80	80	8	48	0,4	74	74	7	45	93

Esimerkkinä havaituista kasvuston värieroista liukoisen typen vaikutus näkyi timoteinurmikasvuston rehevyytenä ja voimakkaana värinä 6 viikkoa lannoituksesta (Kuva 5).



Kuva 5 Koejäsenten kasvut eroavat tiheydeltään ja väriltään: isompi käsittely (79 kg liuk-N/ha, 9Cb) näkyy tummempuna kasvustona kuin siitä vasemmalla oleva pienempi käsittely (38 kg liuk-N/ha).

Kevätvehnän osalta lannoitekäsittelyjen väliset erot näkyivät silmämääräisesti kasvustoissa sekä suursäkkien punnituksissa, vaikka kokonaiskuiva-ainesatoihin ei saatukaan tilastollista merkitsevyyttä käsittelyjen välille (Taulukko 7). Typen käytön hyötysuhteen tarkastelussa huomionarvoista oli, että viljalla liukoista typikiloa kohden tarkasteltuna lannoitteet tuottivat



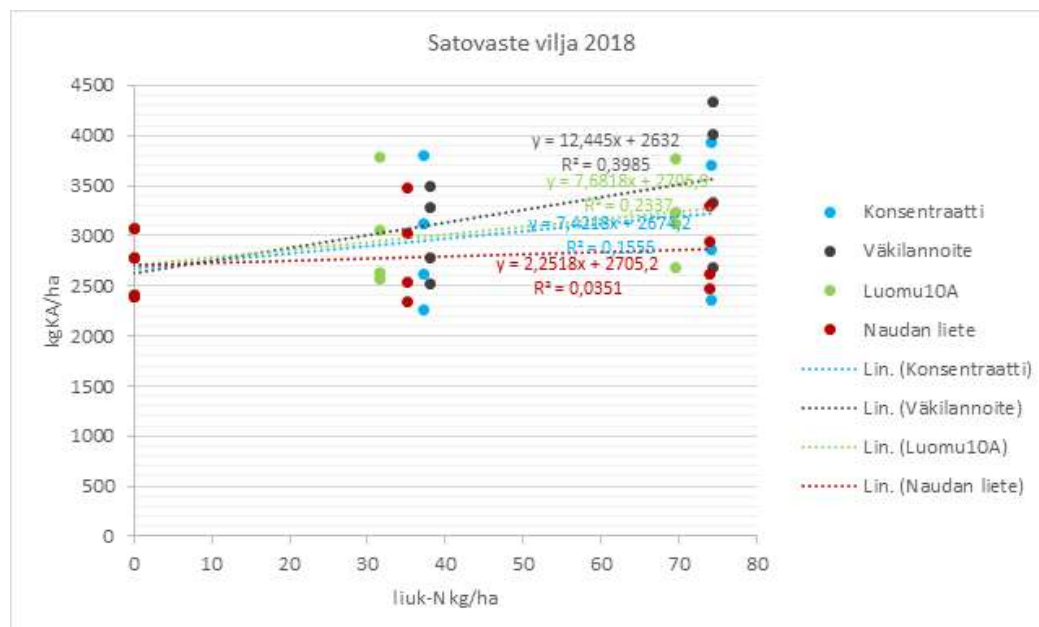
pienemmällä liukoisen typen tasolla tilastollisesti merkitsevästi enemmän kuiva-ainesatoa kuin suuremmalla liukoisen typen tasolla. Käsitteilyistä naudan liete antoi huonoiten sadonlisäystä (Taulukko 8). Viljalla konsentraatin lannoitusvaste näyttäisi olevan hieman nurmea heikompi.

Taulukko 7 Viljasato 2018, kuiva-ainekiloa peltohehtaaria ja liukoista typenkiloa kohti

Viljasato 2018		kgKA/ha	Viljasato 2018		kgKA/liuk-N kg
0 kg/ha liuk-N	Nollaruutu	2669	0 kg/ha liuk-N	Nollaruutu	0
31 kg/ha liuk-N	Luomu10A 1	3017	31 kg/ha liuk-N	Luomu10A	96
35 kg/ha liuk-N	Naudan liete 1	2852	35 kg/ha liuk-N	Naudan liete	81
37 kg/ha liuk-N	Konsentraatti 1	2960	37 kg/ha liuk-N	Konsentraatti	80
38 kg/ha liuk-N	Väkilannoite 1	3029	38 kg/ha liuk-N	Väkilannoite	80
70 kg/ha liuk-N	Luomu10A 2	3210	70 kg/ha liuk-N	Luomu10A	46
74 kg/ha liuk-N	Naudan liete 2	2839	74 kg/ha liuk-N	Naudan liete	38
74 kg/ha liuk-N	Konsentraatti 2	3219	74 kg/ha liuk-N	Konsentraatti	43
74 kg/ha liuk-N	Väkilannoite 2	3597	74 kg/ha liuk-N	Väkilannoite	48

Taulukko 8 Viljasato 2018, kuiva-ainesadon lisäys lannoitteen liukoista typenkiloa kohden, kun tyypellä lannoittamattomien viljalohkojen keskiarvosato on vähennetty lannoitettujen viljalohkojen sadoista

Sadonlisäys vilja 2018		kgKA/liuk-N kg
0 kg/ha liuk-N	Nollaruutu	0
31 kg/ha liuk-N	Luomu10A	11
35 kg/ha liuk-N	Naudan liete	5
37 kg/ha liuk-N	Konsentraatti	8
38 kg/ha liuk-N	Väkilannoite	9
70 kg/ha liuk-N	Luomu10A	8
74 kg/ha liuk-N	Naudan liete	2
74 kg/ha liuk-N	Konsentraatti	7
74 kg/ha liuk-N	Väkilannoite	12



Kuva 6 Kevätvehnän satovaste lannoitekäsittelyjen liukoiselle typelle vuoden 2018 koelueella.

### c) Vuoden 2019 lannoituskokeet nurmikoealalla

Konsentraatin lannoitusvaikutusta selvitetiin tavanomaisella timoteinurmella kesällä 2019. Kokeessa verrokina oli väkilannoiteseos, jonka ravinnesuhteet vastasivat konsentraatin ravinnesuhteita. Koelannoitteiden levitysmäärät säädettiin liukoisen typen mukaan. Myöhemmin huomattiin, että konsentraatti oli liian laihaa ja sitä tuli levitettyä liian pieni määrä koelohkoille. Aiempien laskelmien pohjalta tehtiin vika-arviointi, koska konsentraatti oli laimentunut huomattavasti säilytyksen aikana. Siten olisi ollut syytä ottaa vielä yhdet näytteet lähempänä koeajankohtaa. Kaikesta huolimatta vuosien välinen vertailu nurmella pystyttiin tekemään ja pääosin muodostamaan kuva kierrätyslannoitteiden käytöstä peltomittakaavan kokeissa. Tavoitteena konsentraatin lannoituksessa oli edellisvuoden tapaan testata se kahdella typpitasolla (40 kg/ha ja 80 kg/ha) niin kuin väkilannoitekin. Levitystasaisuuden hallinnassa ilmeni laskennallisia, mutta jonkin verran myös laitteistoon liittyviä haasteita etenkin konsentraatin osalta, minkä vuoksi tavoiteltuja typpitasoja ei kokeissa saavutettu (

Taulukko 9). Tämän takia vuoden 2019 kokeissa konsentraatin lannoitusvaikutus ei yltänyt väkilannoitteen tasolle. Timoteinurmikasvusto kuitenkin reagoi sekä väkilannoite- että konsentraattilannoitukseen ennakoidusti, eli lannoitus liukoisen typen mukaan lisäsi satoa (Kuva 7 ja Kuva 8). Konsentraatissa menneet fosfori- ja kaliummäärät olivat kokeissa edelleen hieman pienemmät kuin väkilannoitteessa menneet (Taulukko 6). Syynä konsentraattilannoituksen väkilannoitetta vähäisempään tuottokykyyn lienee laskentavirheen ohella ollut edellisvuotta normaalimmat sääolosuhteet, mikä sopii väkilannoitteille (Taulukko 10, oikea puoli).

Taulukko 9 Kiteen Puhoksen nurmikoealueen lannoitustasot 2019.

	kg/tn				tn/ha	kg/ha, tavoite				tn/ha	kg/ha, toteutunut				toteutu- neet, %
	N-kok	N-liuk	P	K		N-kok	N-liuk	P	K		N-kok	N-liuk	P	K	
1. 0-ruutu							0	0	0			0	0	0	
2. Luomu10A1	5,9	3,79	0,69	1,6	10,5	62	40	7	17	8,7	51	33	6	14	83
3. Naudan liete 1	4	2,7	0,72	4,3	14,8	59	40	11	64	12,3	49	33	9	53	83
4. Konsentraatti 1	6,5	5,4	0,16	3,4	7,4	48	40	1	25	3,6	23	19	1	12	48
5. Väkilannoite 1	230	230	30	80	0,175	40	40	5	14	0,2	41	41	5	14	101
6. Luomu10A2	5,9	3,79	0,69	1,6	21,0	124	80	14	34	13,4	79	51	9	22	64
7. Naudan liete 2	4	2,7	0,72	4,3	29,6	118	80	21	127	23,1	92	62	17	99	78
8. Konsentraatti 2	6,5	5,4	0,16	3,4	14,8	96	80	2	50	7,0	45	38	1	24	47
9. Väkilannoite 2	230	230	30	80	0,347	80	80	10	28	0,4	81	81	11	28	102

### d) Nurmikokeiden tulosten vertailua

BioRaEE -hankkeen kaksivuotisissa nurmikokeissa käytettiin kahta eri peltolohkoa, jotka sijaitsivat hyvin lähellä toisiaan. Kesän 2019 pelto oli runsasmultaisempi. Vuoden 2018 helteisissä ja kuivissa sääolosuhteissa konsentraatti antoi parhaan satovasteen levitetyle liukoiselle typelle, sitä seurasivat väkilannoite, naudan liete ja mädätysjäännös (kt. taulukot yllä). Nopeavaikutteinen konsentraatti toimi ilmeisesti kuivissa olosuhteissa ilman suurempia haihtumisia, kun taas väkilannoiterakeilla oli ongelmia liukenemisen kanssa. Tilastollinen merkitsevyys saatiin koejäsenten välille sekä tuore- että kuivapainossa.

Laskettaessa sadonlisäystä kuiva-ainesadoista vähennettiin typpilannoittamattoman nurmen sato, minkä jälkeen tarkasteltiin tyvellä lannoitettujen nurmien kuiva-ainesadon lisäystä

lannoitteen liukoista typpikiloa kohti. Vuoden 2018 kokeissa eniten sadonlisäystä antoi konsentraatti vuonna 2019 väkilannoite (Taulukko 12).

Kesä 2019 lienee ollut lähempänä keskiarvoa, sillä sadon määrä oli yli kaksinkertainen edellisvuotiseen verrattuna (Taulukko 10). Nurmilla on perinteisesti ollut vaikea saada lannan liukoiselle typelle väkilannoitteen tyyppiä vastaavaa satovastetta. Parhaan satovasteen levitetyle liukoiselle typelle antoikin odotetusti väkilannoite, jota seurasivat LuomuKymppi A, konsentraatti ja naudän liete (Kuva 8). Tilastollinen merkitsevyys saatiin koejäsenten välille sekä tuore- että kuivapainossa, kuivapainossa myös liukoista typpikiloa.

Vuoden 2018 kokeissa konsentraatin lannoitusvaikutus vastasi väkilannoitteen lannoitusvaikutusta tai oli jopa sitä parempi. Vuoden 2019 kokeiden jälkeen ei enää voitu todeta näin. Kasvukauden olosuhteissa väkilannoite vei selkeän voiton, eikä vähiten paremmasta levitystarkkuudesta johtuen.

Taulukko 10 Nurmisadot 2018 ja 2019, kuiva-ainekiloa peltohehtaaria kohden

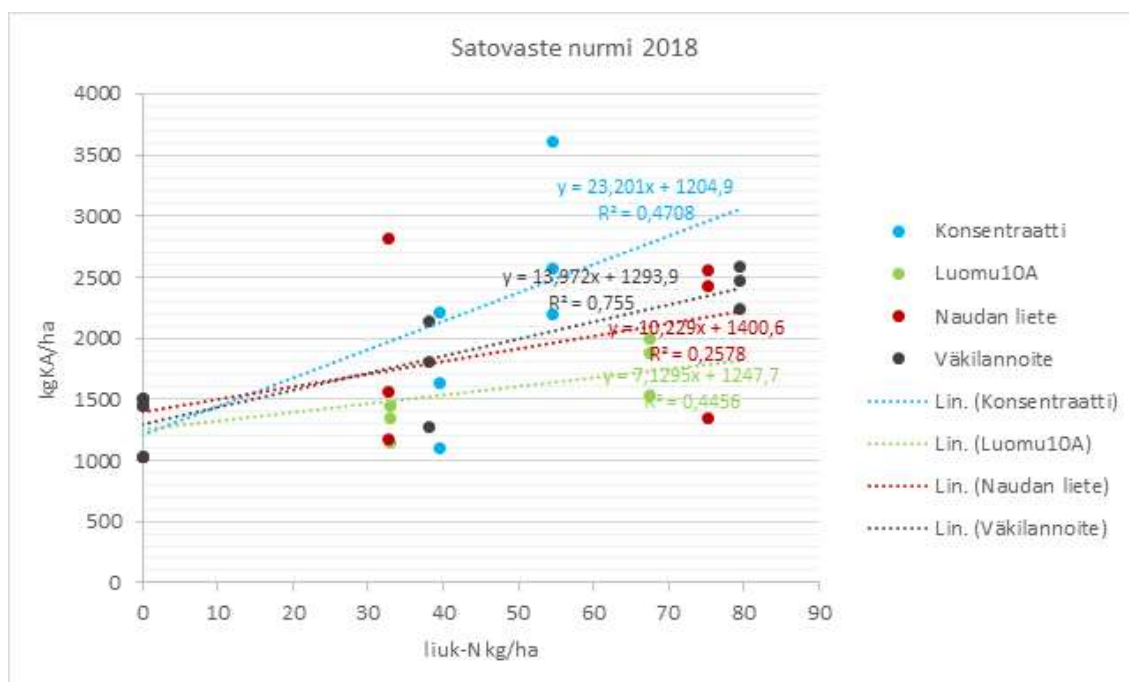
Nurmisato 2018		kgKA/ha	Nurmisato 2019		kgKA/ha
0 kg/ha liuk-N	Nollaruutu	1333	0 kg/ha liuk-N	Nollaruutu	2322
33 kg/ha liuk-N	Luomu10A 1	1315	33 kg/ha liuk-N	Luomu10A 1	3223
33 kg/ha liuk-N	Naudan liete 1	1852	33 kg/ha liuk-N	Naudan liete 1	2491
39 kg/ha liuk-N	Konsentraatti 1	1654	19 kg/ha liuk-N	Konsentraatti 1	2657
38 kg/ha liuk-N	Väkilannoite 1	1750	40 kg/ha liuk-N	Väkilannoite 1	4441
67 kg/ha liuk-N	Luomu10A 2	1809	51 kg/ha liuk-N	Luomu10A 2	3876
75 kg/ha liuk-N	Naudan liete 2	2117	62 kg/ha liuk-N	Naudan liete 2	3132
54 kg/ha liuk-N	Konsentraatti 2	2801	38 kg/ha liuk-N	Konsentraatti 2	3383
79 kg/ha liuk-N	Väkilannoite 2	2439	82 kg/ha liuk-N	Väkilannoite 2	5595

Taulukko 11 Nurmisadot 2018 ja 2019, kuiva-ainekiloa liukoista typpikiloa kohden

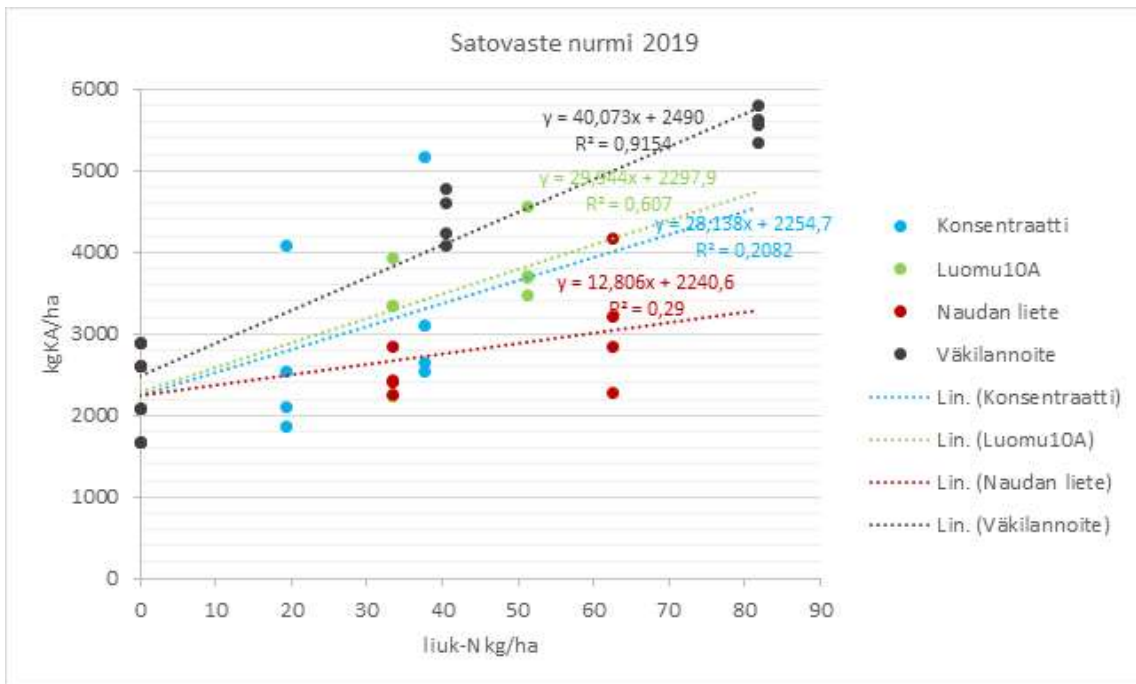
Nurmisato 2018		kgKA/ liuk-N kg	Nurmisato 2019		kgKA/ liuk-N kg
0 kg/ha liuk-N	Nollaruutu	0	0 kg/ha liuk-N	Nollaruutu	0
33 kg/ha liuk-N	Luomu10A	40	33 kg/ha liuk-N	Luomu10A	97
33 kg/ha liuk-N	Naudan liete	57	33 kg/ha liuk-N	Naudan liete	75
39 kg/ha liuk-N	Konsentraatti	42	19 kg/ha liuk-N	Konsentraatti	138
38 kg/ha liuk-N	Väkilannoite	46	40 kg/ha liuk-N	Väkilannoite	110
67 kg/ha liuk-N	Luomu10A	27	51 kg/ha liuk-N	Luomu10A	76
75 kg/ha liuk-N	Naudan liete	28	62 kg/ha liuk-N	Naudan liete	50
54 kg/ha liuk-N	Konsentraatti	51	38 kg/ha liuk-N	Konsentraatti	90
79 kg/ha liuk-N	Väkilannoite	31	82 kg/ha liuk-N	Väkilannoite	69

Taulukko 12 Nurmisadot 2018 ja 2019, kuiva-ainesadon lisäys lannoitteen liukoista typpikiloa kohden, kun tyypellä lannoittamattomien nurmilohkojen keskiarvosato on vähennetty lannoitettujen nurmilohkojen sadoista

Sadonlisäys nurmi 2018			Sadonlisäys nurmi 2019		
		kgKA/ liuk-N kg			kgKA/ liuk-N kg
0 kg/ha liuk-N	Nollaruutu	0	0 kg/ha liuk-N	Nollaruutu	0
33 kg/ha liuk-N	Luomu10A	-1	33 kg/ha liuk-N	Luomu10A	27
33 kg/ha liuk-N	Naudan liete	16	33 kg/ha liuk-N	Naudan liete	5
39 kg/ha liuk-N	Konsentraatti	8	19 kg/ha liuk-N	Konsentraatti	17
38 kg/ha liuk-N	Väkilannoite	11	40 kg/ha liuk-N	Väkilannoite	52
67 kg/ha liuk-N	Luomu10A	7	51 kg/ha liuk-N	Luomu10A	30
75 kg/ha liuk-N	Naudan liete	10	62 kg/ha liuk-N	Naudan liete	13
54 kg/ha liuk-N	Konsentraatti	27	38 kg/ha liuk-N	Konsentraatti	28
79 kg/ha liuk-N	Väkilannoite	14	82 kg/ha liuk-N	Väkilannoite	40



Kuva 7 Nurmen satovaste lannoitekäsittelyjen liukoiselle tyypelle vuoden 2018 koealueella



Kuva 8 Nurmen satovaste lannoitekäsittelyjen liukoiselle typelle vuoden 2019 koealueella

#### 4.4.3 Työpaketti 3: Jalostusprosessin kehittämistoimet ja prosessin ympäristö-/taloudelliset vaikutukset

##### a) Biokympin jalostusprosessin kehittämistoimet

Kalvosuodatuslaitteiston pilotoinnissa nousi esiin haasteita yhteensovittaa ruuviseparointi ja kalvosuodatus. Biokympin mädätysjäännöksestä ruuviseparoitu rejektivesi ei ollut ominaisuuksiltaan soveltuvaa kalvosuodatukseseen ja tämä aiheutti kalvojen tukkeutumista. Laitoksella tähän haasteeseen vastattiin varastoimalla rejektivettä lietealtaassa laskeuttaen sitä kolme kuukautta ennen kalvosuodatusta. Tällöin lannoitekonsentraatin tuotanto onnistui ongelmitta, mutta lannoitteen tuotantokulut ylittivät konsentroidussa saadun hyödyn.

Tähän tukkeutumishaasteeseen etsittiin hankkeessa ratkaisuja laboratoriokokein. Keskeiseksi kehityskohteeksi nähtiin separointitehokkuuden parantaminen. Separointimetodin tehokkuus riippuu mm. biokaasulaitoksessa käytettävistä syötteistä sekä prosessin viipymäajasta. Biojäte- ja lietepohjaiselle mädätysjäännökselle yleisten separointikeinojen, kuten ruuviseparoinnin erotustehokkuus on alhainen ja linkoseparoinnin korkea. Lisäämällä polymeerejä separoinnin yhteydessä pystytään lisäämään separointitehokkuutta jopa 15-20% ja polymeerikäsittely parantaa mädätysjäännöksen kalvosuodatuksen läpäisyvirtausta.

Polymeerien lisäämistä ruuviseparattorin erotustehon parantamiseksi selvitettiin hankkeessa laboratoriokokeissa kahdeksalla eri polymeerillä. Polymeerit valikoituivat Kemiran Oyj:n kyseiselle mädätysjäännökselle suosittelemista Superfloc: C-491, C-492, C494, C-496, C-498, A-100, A-130 ja A-150 polymeereistä. Koeasetelmassa mädätysjäännösnäytteisiin sekoitettiin erivahvuisia polymeerikäyttöliuoksia (0,1%, 0,2%, 0,5%) eri suhteessa näytteen määrään (korkeintaan 1:3) selvittäen optimaalista PPM polymeeriä /näyte. Sekoitus tapahtui 10s aikana 1600 rpm nopeudella, jonka jälkeen näyte separoitiin välittömästi

ruuviseparaattoria demonstroivalla 0,6 mm testiseulalla. Polymeerin vaikutusta seurattiin kirjaamalla seulan läpäisevä vesivuo ja analysoimalla kuiva-aineen erottumista seulalla. Kokeiden tuloksena ei löytynyt kyseiselle mädätysjäännökselle sopivaa polymeerituotetta tai annostelusuhdetta. Polymeerien käyttö heikensi testiseulan läpäisevyyttä, jolloin tavoiteltu erotustehokkuuden parantuminen jäi saavuttamatta.

BioKympin kalvosuodatusta tutkittiin laboratorioympäristössä demonstroimalla kalvosuodatuslaitteiston esisuodatusta testiseuloilla ja kalvosuodatusta laboratoriomittakaavan membraanisuodatuslaitteistolla (Alfa Laval Labstac M20). BioKympin prosessista poiketen tällä laitteistolla käytettiin flat sheet-kalvoja spiraalikalvojen sijaan. Toistettaessa suodatus muuten BioKympin prosessia vastaavalla prosessiketjulla, tuloksista oli huomattavissa, että esisuodatuksen tukkiutuminen nousi keskeiseksi haasteeksi kalvosuodatuksen toiminnalle. Tuore rejektivesi aiheutti esisuodatuksen tukkiutumisen välittömästi, kun taas laskeutettu rejektivesi meni esisuodatuksen läpi ongelmitta. Molemmille näistä esisuodatetuissa syötteistä itse kalvosuodatus onnistui ongelmitta, vaikkakin tuoreen rejektiveden esisuodatus oli tukkoinen ja vaati jatkuvaa puhdistusta. Jos esisuodatuksen karhein seula jätettiin pois, kalvosuodatus tukkeutui.

Vaihtoehtoisena separointikeinona ruuviseparoinnille, linkoseparointia demonstroitiin laboratoriosentrifugilla. Linkousta käytettiin sekä korvaamaan ruuviseparointi että sen jälkeisenä prosessina. Linkous paransi huomattavasti hienoimman orgaanisen aineksen erottumista BioKympin mädätysjäännöksestä ja täten helpotti esisuodatuksen ongelmia. Raajan ruuviseparoimattoman jäännöksen lingottu rejekti ei kuitenkaan ollut yhtä puhdasta kuin ruuviseparoitu ja lingottu rejekti, sillä siihen jäi kellumaan kevyitä partikkeleja kuten biojättepussin palasia. Nämä kertyivät ensimmäiselle esisuodatuksen siivilälle, joka voisi ajan saatossa aiheuttaa tukkeutumisongelmia (Kuva 9).



Kuva 9 Lingotun ei-ruuviseparoidun rejektiveden esisuodatus

Laboratoriokokeissa vertailtiin myös eri kalvojen toimivuutta ja vaikutusta konsentroititehokkuuteen kyseisellä syötteellä. Kalvosuodatuskokeiden edetessä

huomattiin, että huomattava osa liukoisesta tyydestä ei läpäise ultrasuodatusta (jopa 50 %) ja jää siis päätyttyä konsentroiintiin. Tämän vuoksi kokeissa päätettiin myös selvittää mikro- ja nanosuodatuksen mahdollisuuksia ultrasuodatuksen korvaajana. Nanosuodatuskalvolla ilmeni tukkiutumista lingottujen syötteiden kanssa, kun taas vain ruuviseparoidut syötteet eivät tukkiineet nanosuodatusta. Ultrasuodatusta testattiin kolmella eri tiheydellä ja näiden erottamat neste- ja ravinnemäärät eivät poikenneet toisistaan merkitsevästi. Mikro-suodatus oli ultrasuodatusta tehottomampi pienemmän käyttöpaineen ja kalvojen rikkoutumisherkkyuden vuoksi.

Taulukko 13 Laboratoriokokeiden konsentroititulosien vertailu Biokymppin tuloksiin

Liukoisen tyyden erotustehokkuudet	UF	NF	RO	Konsentraatti N liuk g/kg
Biokymppin prosessi	76 %		74 %	8,1
Ruuvi+ Laskeutus + NF+ RO		33 %	35 %	4,2
Linko + UF	43 %			
Linko + UF + RO	*		*	*
Ruuvi+ Linko + UF	60 %			
Ruuvi+ Linko + UF +RO	50 %		32 %	4,6

\*Koetulokset toukokuussa 2020

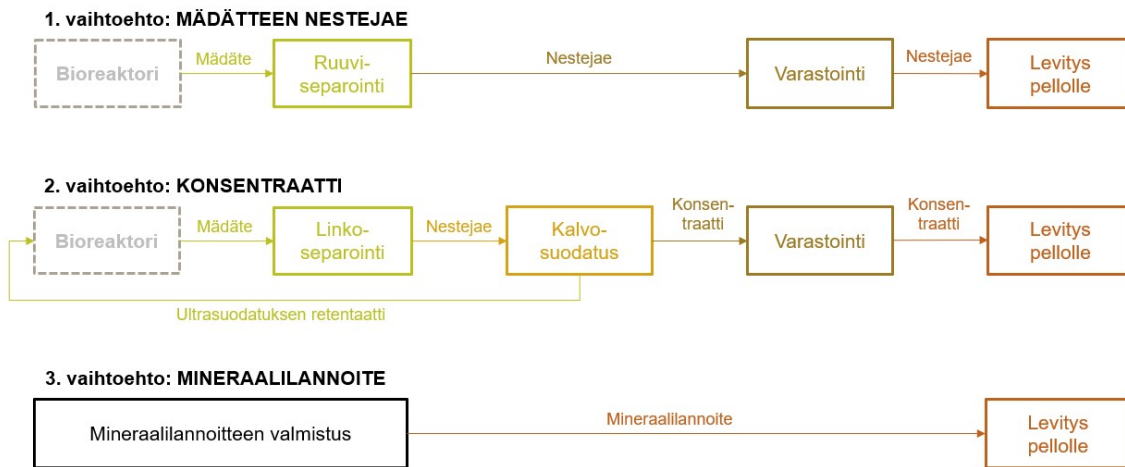
NF= nanosuodatus, UF = ultrasuodatus, RO = käänteisosmoosi

Laboratoriokokeiden perusteella linkoseparointi pystyy korjaamaan kalvosuodatuksen tukkeutumisongelman, joko ruuviseparoinnin korvaajana tai sen jälkeisenä prosessina. Sopivaa polymeeriä BioKymppin mädätteen separoinnin tehostamiseksi ei onnistuttu löytämään. Konsentroitititehokkuuden osalta soveltuvimmalta tekniikalta vaikuttaa ruuviseparoinnin ja linkoseparoinnin yhdistäminen ultrasuodatuksen ja käänteisosmoosiin. Laboratoriokokeissa saavutetut liukoisen tyyden erotustehokkuudet jäivät kuitenkin BioKymppillä saavutettua tehokkuutta pienemmäksi, joka voi johtua flat sheet-kalvojen sopimattomuudesta ravinteiden konsentroiintiin. Näitä tuloksia olisi syytä selvittää lisää ja pilotoida isommassa mittakaavassa.

## b) Ravinne-konsentraatin elinkaarelliset ilmastovaikutukset

Eri sivuvirroista (esim. biojätteestä, elintarviketeollisuuden sivuvirroista, rasvanerotuskaivojen lietteistä ja jäteveden puhdistamoiden lietteistä) tuotetun biokaasun sivuvirrasta, eli mädätteestä tuotetun lannoitteen ympäristövaikutukset laskettiin hyödyntäen elinkaarimenetelmää (life cycle assessment, ISO 14040). Elinkaarimenetelmän avulla laskettiin kahdelle erilaiselle mädätteen hyödyntämismuotoehdolle hiilijalanjälki: mädätteen nestejakeelle ja mädätteen nestejakeesta jalostetulle lannoite-konsentraatille. Lannoitteiden tuotannon lisäksi analyysiin sisällytettiin myös tuotteiden varastointi, kuljetus pellolle, peltolevitys sekä suorat päästöt pellolta. Näitä kahta vaihtoehtoa verrattiin väkilannoitteeseen, jonka ympäristövaikutukset laskettiin käyttämällä ecoinvent1-tietokantaa lannoitteen tuotannolle ja lisäämällä tähän kuljetukset sekä pellon suorat kasvihuonekaasupäästöt. Työn

tavoitteena oli täten selvittää kahden eri kierrätyslannoitteen ympäristövaikutuksia ja vertailla käsittelyvaihtoehtojen aiheuttamia kuormituksia mineraalilannoitteeseen (Kuva 10).



Kuva 10 Vertailtavat vaihtoehdot elinkaariarvioinnissa

Elinkaariarvionnin toiminnalliseksi yksiköksi määriteltiin tuotteen sisältämä ravinteiden määrä, eli kilo liukoista typpeä. Toiminnallisen yksikön mukaan tulokset esitetään muodossa xx kg CO<sub>2</sub>-ekvivalenttia per kilo liukoista typpeä peltolannoituksessa.

Koska arvioinnissa keskityttiin mädätteeseen ja siitä tuotettavaan lannoitteeseen, eikä tuotettavaan energiaan, rajattiin biokaasuprosessi ja sen ympäristövaikutukset työn ulkopuolelle. Elinkaari pitää sisällään kuitenkin kuljetukset ja levitykset pellolle. Samat oletukset systeemin rajoista tehtiin myös kannattavuuslaskelmille, jotta näiden kahden arvioinnin yhteistulkinta olisi mahdollisimman helppoa (kt. kohta c. Kannattavuus). Kierrätyslannoitteiden tuotannon arvioitiin olevan 50 km etäisyyden päässä pellolta.

Väkilannoitteen oletettiin tulevan n. 250 km etäisyyden päästä. Ravinnekonsentraatin tuotantoprosessissa oletettiin käytettävän biokaasulla tuotettavaa sähköä, varastointi oli suljetussa varastossa ja lannoitus tapahtui sijoittamalla.

Lisäksi tutkimuksessa tunnistettiin muuttujia, joiden arvolla on suuri merkitys tuloksiin tai joiden arvo itsessään on epävarmin. Nämä olivat a) valittu sähköntuotanto; b) kuljetusetäisyydet tuotantolaitokselta pellolle; c) varastoinnin päästöt. Näiden muuttujien vaikutukset lopputuloksiin käsiteltiin erikseen, joko vaihtamalla muuttujan lähtötietoja (sähkön tuotanto, varastointi) tai herkkyyсарvioimalla (kuljetusetäisyydet).

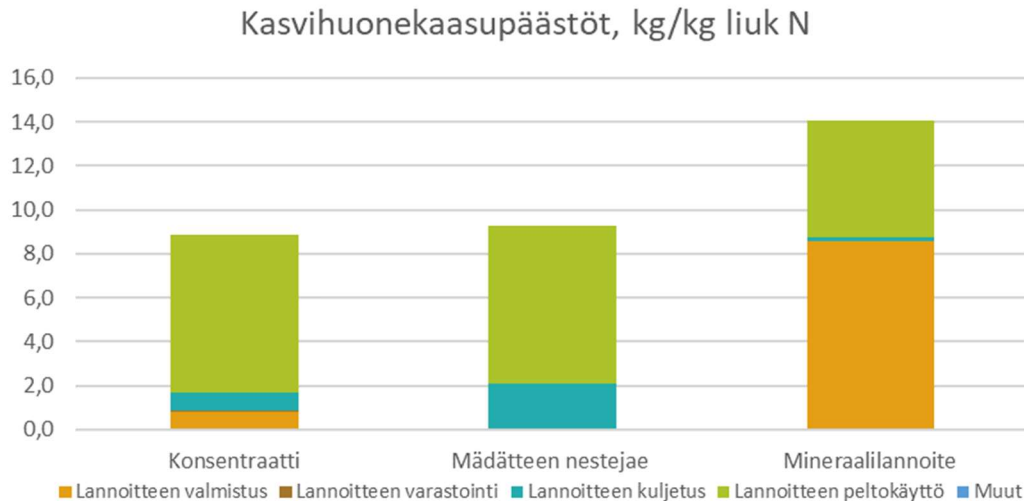
Tietoja elinkaariarviointia varten kerättiin eri käsittelyvaihtoehtojen yksikköprosesseista. Tarvittavia tietoja olivat kuhunkin yksikköprosessiin liittyvät syötteet ja tuotokset, kuten energiankulutus, käytetyt raaka-aineet ja käyttöhyödykkeet (esim. kemikaalit) sekä prosessien suorat päästöt (esim. kuljetus). Inventaariodatan keräämiseen haastateltiin BioKymppin prosessiasiantuntijoita, käytettiin tietoja aikaisemmista tutkimuksista ja hyödynnettiinecoinvent -elinkaaritietokantaa.

Näiden perustietojen lisäksi haettiin tietoja kolmeen lisäskenaarioon, johtuen mainituista herkkyyssanalysoitavista muuttujista: 1) valittu sähkön tuotanto, 2) kierrätyslannoitteiden varastointi, ja 3) lannoitteiden kuljetusetäisyydet

Kuva 11 esitellään kolmen vaihtoehtoisen lannoitteen hiilijalanjälki suhteutettuna lannoitteen liukoisen typen määrään. Käytetyillä oletuksilla kierrätyslannoitteet osoittautuivat ympäristön kannalta mineraalilannoitetta vähäpäästöisemmiksi vaihtoehdoiksi. Erot kahden eri



kierrätyslannoitteen (mädätteen nestejakeen ja konsentraatin) välillä eivät olleet merkittäviä. Tässä laskelmassa konsentraatin hiilijalanjälki oli 4 % mädätteen nestejakeen hiilijalanjälkeä pienempi; sen elinkaarelliset CO<sub>2</sub>e-päästöt ovat 8,9 kg CO<sub>2</sub>e/kg liukoista tyyppiä. Mädätteen nestejakeen päästöt ovat 9,3 kg CO<sub>2</sub>e/kg liukoista tyyppiä. Mineraalilannoitteen elinkaarelliset päästöt ovat 14,1 kg CO<sub>2</sub>e/kg liukoista tyyppiä.



Kuva 11 Eri lannoitteiden ilmastovaikutukset

Kierrätysravinteissa suurin suhteellinen hiilijalanjälkivaikutus tulee lannoitteen käytöstä, eli suorista päästöistä pellolta. Kierrätysravinteiden kokonaistyyppipitoisuus on mineraalilannoitteita suurempi, sillä ne sisältävät liukoisen typen lisäksi myös orgaanista tyyppiä. Kierrätyslannoitteen peltokäytön päästö on siis suurempi johtuen sen sisältämästä orgaanisesta tyypestä. Lannoitteen käytöstä aiheutuu kasvihuonekaasujen (dityppioksidi) lisäksi myös muita tyyppipäästöjä (ammoniakki-, typpidioksidi- typpikaasupäästöjä), jotka ovat suoraan verrannollisia lannoitteena käytettävän typen määrään ja käytettävään levitystekniikkaan. Mineraalilannoitteen kylvölannoituksessa (sijoittamalla) ammoniakkipäästöjä ei nykytiedon mukaan muodostu, toisin kuin nestejakeen sijoituslevityksessä hieman alle 5 % ammoniumtyyppistä haihtuu ammoniakkinä. Mineraalilannoitteen hajalevityksessä sen sijaan ammoniakkipäästöjä muodostuu lähes saman verran kuin nestejakeen sijoituslevityksessä. Näin ollen kierrätyslannoitteeseen verrattuna mineraalilannoitteen ammoniakkipäästöt riippuvat levitystekniikasta, ollen joko alhaisemmat tai lähes yhtä suuret kuin nestejakeen sijoituslevityksellä.

Taulukko 14 nähdään tarkempi jaottelu hiilidioksidipäästöistä elinkaaren eri vaiheesta. Kierrätysravinteiden päästöistä suurin osa muodostuu pellolla tapahtuvista päästöistä, kun taas mineraalilannoitteen tapauksessa suurin vaikutus aiheutuu resurssi-intensiivisestä valmistusprosessista. Mineraalilannoitteen pienemmän massan takia esimerkiksi kuljetukset aiheuttavat vähemmän päästöjä verrattuna kierrätyslannoitteisiin. Suuremman massan takia myös mädätteen nestejake aiheuttaa taas enemmän päästöjä kuin väkevämpi konsentraatti. Konsentraattia on jalostettu nestejakeesta pidemmälle, mikä käytännössä tarkoittaa sitä, että sen tuottamiseen pitää syöttää enemmän energiaa ja kemikaaleja, mikä lisää konsentraatin ympäristövaikutuksia. Kuitenkin 50 km kuljetusvälimatolla, mädätteen nestejakeen kuljetuksen aiheuttama päästöosuus on silti suurempi.

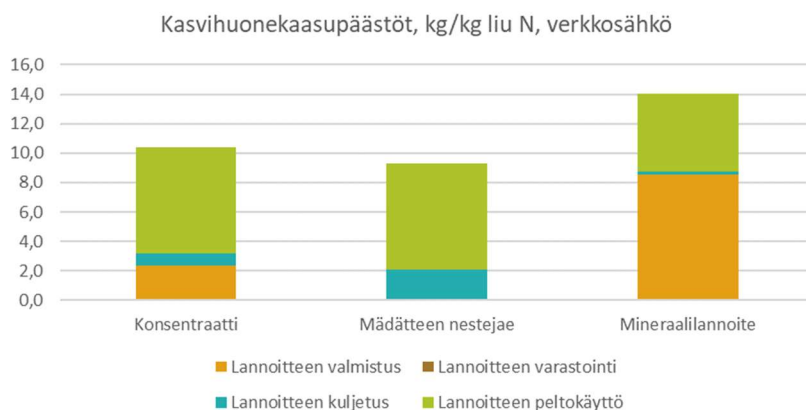
Taulukko 14 Lannoitevaihtoehtojen ilmastovaikutukset pääprosesseittain

kg CO <sub>2</sub> e/kg liuk N	Konsentraatti	Mädätteen nestejäte	Mineraalilannoite
<b>Valmistus</b>	0,8	0,005	8,5
<b>Varastointi</b>	0,04	0,04	0
<b>Kuljetus</b>	0,8	2	0,2
<b>Peltokäyttö</b>	7,2	7,2	5,3
<b>SUMMA</b>	8,9	9,3	14,1

Kuten oletuksissa todettiin, on osa luvuista joko epävarmoja, tai niillä on suhteellisen iso vaikutus tuloksiin. Tämän takia tarkastellaan erikseen vielä i) sähkön osuuden, ii) avovarastoinnin vaikutuksen, sekä iii) kuljetusetäisyyden muuttamisen vaikutusta.

#### Tulokset verkkosähköä käyttäen

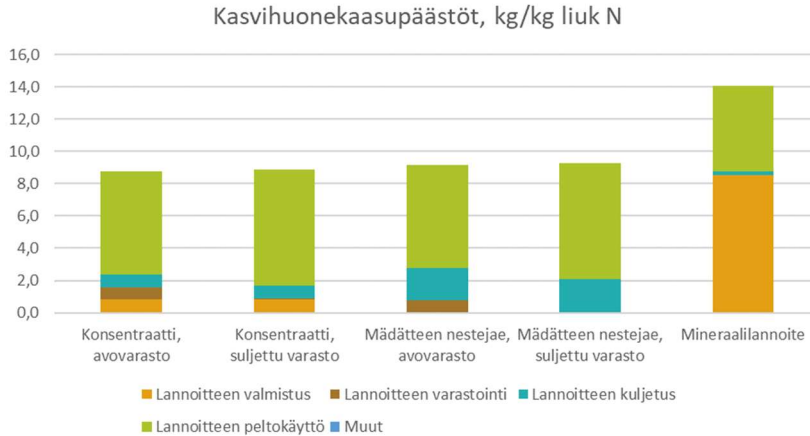
Jos konsentraatin tuotannossa ja separoinnissa käytettäisiin keskimääräistä suomalaista verkkosähköä ja sen CO<sub>2</sub>-päästökerrointa (Tilastokeskus, tilastovuosi 2017), muuttuisivat tulokset kierrätyslannoitteiden osalta hieman. Konsentraatin, jonka tuottamiseen vaaditaan sähköä vuosittain noin 400 MWh, hiilidioksidipäästöt kasvavat 17 %, kun taas mädätteen nestejakeen vain 0,1 %, sillä sen prosessointiin käytetään selkeästi vähemmän sähköä (Kuva 12).



Kuva 12 Eri lannoitevaihtoehtojen ilmastovaikutukset verkkosähköä käyttäen

#### Tulokset avovarastoinnin tapauksessa

Perusmallissa ilmastovaikutukset laskettiin sille vaihtoehdolle, että valmis tuote (mädätteen nestejäte tai konsentraatti) varastoitaisiin suljetussa varastossa. Perusmallin tuloksia verrattiin tilanteeseen, että tuote varastoitaisiin avovarastossa (Kuva 13).

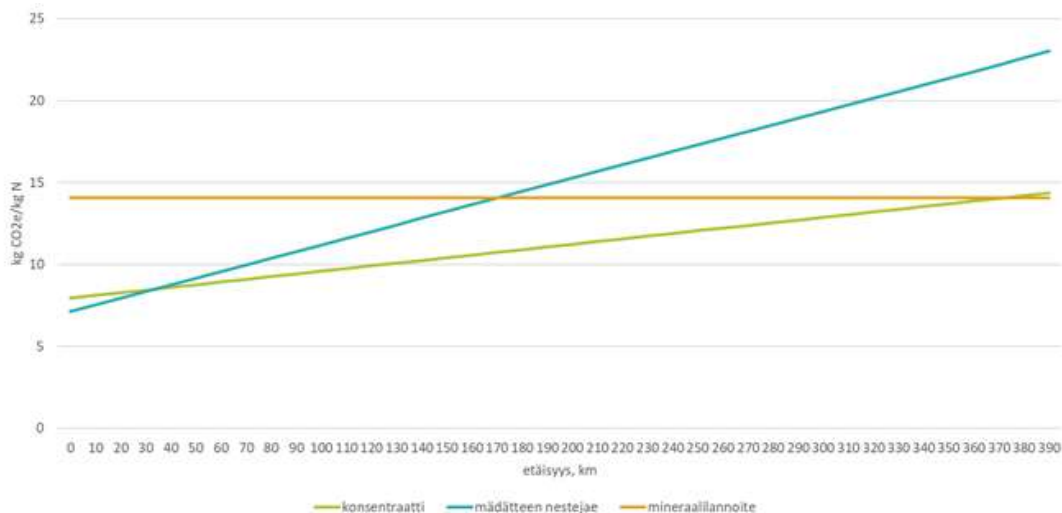


Kuva 13 Suljetun ja avovarastoinnin vaikutukset kokonaispäästöihin

### Tulokset etäisyyden mukaan

Perusmallissa keskimääräinen kierrätyslannoitteen kuljetusetäisyys oli 50 km. Kuljetettavan matkan pituutta tarkasteltiin 0-380 kilometrin vaihteluvälillä. Tämän herkkyyksianalyysin avulla saatiin määriteltyä ns. breakeven-piste mädätteen nestejakeen ja konsentraatin välille, eli missä vaiheessa kuljetushyödyt konsentraatin pienemmästä massasta peittoavat valmistukseen käytetyn lisäenergian.

Mädätteen nestejakeen ja konsentraatin välinen breakeven-piste kuljetusten osalta on noin 34 km kohdalla. Eli jos kuljetus on alle 34 km, kannattaa ilmaston kannalta mädätteen nestejäte hyödyntää sellaisenaan pellolla. Mikäli etäisyys on yli 34 km, on konsentraatti ilmaston kannalta parempi vaihtoehto. Jos taas etäisyys on hyvin pitkä, eli yli 375km, on mineraalilannoite konsentraattia parempi vaihtoehto lannoitukseen. Mineraalilannoite olisi ilmaston kannalta mädätteen nestejätettä parempi vaihtoehto, jos mädätteen nestejätettä pitäisi kuljettaa yli 170km.



Kuva 14 Hiilijalanjälki etäisyyden funktiona

### c) Mädätteen jatkojalostuksen kannattavuus

Vastaavasti kuin ympäristövaikutusten arvioinnissa myös kannattavuustarkastelussa vertailtiin kahden vaihtoehdoisen kierrätysravinnetuotteen, separoinnin nestejakeen sekä ravinnekonstraatin, kannattavuutta. Lähtötietoina käytettiin BioKympiltä saatuja prosessitietoja, TP2:n viljelykoetuloksia ja kirjallisuusarvoja. Kannattavuuslaskennassa oletettiin, että biokaasulaitos maksaa mädätteen separoinnissa syntyvän nestejakeen varastoinnin, kuljetuksen ja levityksen. Nestejakeesta saadaan kuitenkin myös tuloa 1 €/kg liukoisia ravinteita (N, P, K) peltoon levitettynä, mikä vastaa suunnilleen mineraalilannoitteiden hintaa. Kun nestejakeesta valmistetaan ravinnekonstraattia, varastointi-, kuljetus- ja levityskustannukset pienenevät. Valmistus kuitenkin aiheuttaa myös lisää kustannuksia, joita ovat sähkö, kemikaalit, työ, huollot ja korjaukset sekä laitteiden investointikustannukset.

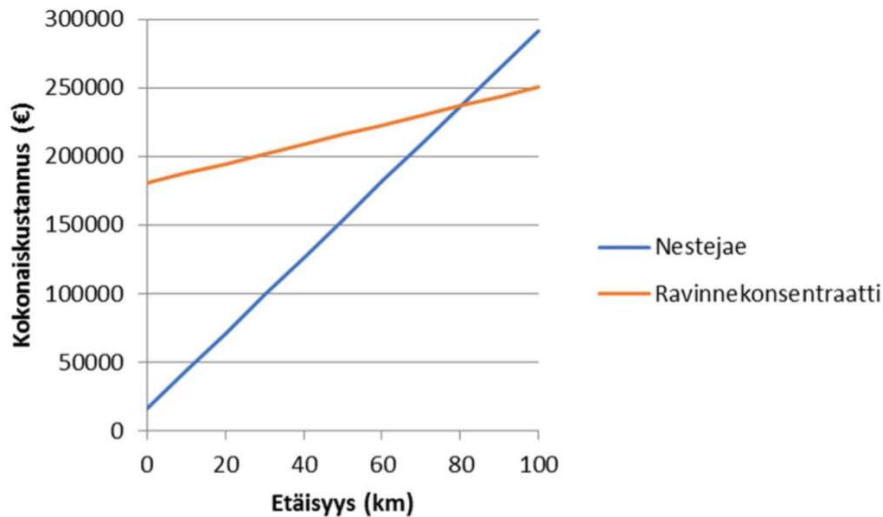
Myös ravinnekonstraatista oletettiin saatavan tuloa 1 €/kg liukoisia ravinteita (N, P, K) peltoon levitettynä. Alkuperäisessä projektisuunnitelmassa ravinnekonstraatin hinnan arvioimiseen oli tarkoitus käyttää viljelykokeista saatuja tuloksia. Viljelijöiden maksuhalukkuuteen arvioitiin vaikuttavan positiivisesti lannoitteen luomukelpoisuus sekä sadonmuodostuspotentiaali. Viljelykokeiden tulosten perusteella oli kuitenkin vaikea määrittellä ravinnekonstraatin vaikutusta satoon tarkemmin. Ravinnekonstraatin todettiin olevan lannoitteena yhtä hyvä kuin vastaava mineraalilannoite, mikä puoltaa nykykäytännön mukaista hinnoittelua.

Kannattavuuslaskennan tulokset vahvistivat lähtöoletuksia nestejakeen ja ravinnekonstraatin valmistuksen ja käytön kustannusrakenteesta (Kuva 15). Nestejakeen kustannuksista suurin osa aiheutuu kuljetuksesta ja tämän jälkeen merkittävimmät ovat varastointi (Investoinnit: rakenteet) sekä levitys. Ravinnekonstraatilla puolestaan kustannuksia syntyy eniten tuotannon sähkön ja kemikaalien kulutuksesta, tuotannon vaatimasta työstä ja laitteiden huolloista ja korjauksista sekä laiteinvestoinneista (Investoinnit: tekniikka).



Kuva 15 Nestejakeen ja ravinnekonstraatin valmistuskustannusten vertailu

Ravinnekonstraatin valmistuksessa merkittävimäksi säästöksi osoittautui alhaisempi kuljetuskustannus. Tässä oletettu 50 km keskimääräinen etäisyys laitokselta pelloille ei kuitenkaan riittänyt kattamaan ravinnekonstraatin valmistuksesta aiheutuvia suurempia kustannuksia. Jos etäisyys olisi ollut yli 80 km, olisi ravinteiden konsentroidi ollut edullisempää (Kuva 16).



Kuva 16 Nestejakeen ja ravinnekonsentraatin kokonaiskustannus laitoksen ja pellon välisen etäisyyden mukaan

Sekä nestejakeen että ravinnekonsentraatin lannoitekäytöstä saadaan myös tuloja. Nestejakeeseen päätyy suurempi osa mädätteen sisältämistä ravinteista kuin ravinnekonsentraattiin ja siksi siitä saatavat tulot olivat myös suuremmat. Ravinnekonsentraatin valmistusprosessia on kuitenkin mahdollista edelleen optimoida paremman kannattavuuden saavuttamiseksi. Liukoisen typen pitoisuuden nosto ravinnekonsentraatissa parantaisi tuotteesta saatavaa hintaa. Tämä olisi ehkä mahdollista saavuttaa optimoimalla separointia neste- ja kiintojakeeseen sekä ultrasuodatuskalvon liukoisen typen erotustehokkuutta.

Ravinnekonsentraatille on kuitenkin myös tunnistettu useita etuja nestejakeeseen verrattuna, joita tässä kannattavuustarkastelussa on vaikea muuttaa euroiksi:

- Kevyempi kalusto: vähemmän vaikutusta pellon tiivistymiseen
- Leveämpi työleveys: konsentraatti nopeampi levittää
- Ei sisällä fosforia: sopii myös korkean P-luvun pelloille
- Sisältää myös rikkiä: usein toivottava lisäravinne
- Matalampi pH: pienempi riski typen haihtumiseen ammoniakkinä
- Ohuempi ja juoksevampi koostumus: imeytyy maaperään paremmin

Tällä hetkellä kierrätysravinnevalmisteiden markkinat ovat Suomessa vielä kehittymättömiä. Kierrätysravinnevalmisteista voisi kuitenkin olettaa saavan mineraalilannoitteita korkeamman hinnan luomuviljelyssä. Näin ei kuitenkaan välttämättä ole. Anttila (2020) kartoitti gradutyössään tavanomaisten ja luomutilojen maksuhalukkuutta kierrätyslannoitteista. Yllättäen kaikkien nestemäisten kierrätyslannoitteiden (mädäte sellaisenaan, separoitu nestejake, konsentroidu nestejake) maksuhalukkuus sekä tavanomaisilla että luomutiloilla oli negatiivinen. Kuivista kierrätyslannoitteista (separoitu kuivajae, kuivattu ja rakeistettu tuote) viljelijät sen sijaan olivat valmiita maksamaan tuotteen ravinne sisältöön verrattuna markkinahintaa korkeampaa hintaa. Nestemäisten kierrätysravinnetuotteiden osalta on siksi tärkeää etsiä sopivat kohderyhmät ja käyttötavat, jotka voivat löytyä myös puutarha- ja kasvihuoneviljelystä.

#### 4.4.4 Työpaketti 4: Tiedottaminen

Työpakettin 4 tulokset liittyvät projektin etenemisen sekä sen tulosten tiedottamiseen. Etenkin hankkeen tulokset on kuvattu edellä luvuissa 4.4.1-4.4.3.

Tiedotukselliset tulokset hankkeesta listataan vielä tässä:

Tuotos	TP	Linkki
Raportti: Ruuantuottajien näkemyksiä ja kokemuksia kierrätyslannoitteiden käytöstä ja kehitystarpeista	1	<a href="http://hdl.handle.net/10138/276964">http://hdl.handle.net/10138/276964</a>
Raportti: Sivuvirrasta väkilannoitteen korvaajaksi: Mädätysjäännöksen jalostusteknologioiden nykytila, tarpeet ja tulevaisuuden mahdollisuudet Suomessa	1	<a href="https://jukuri.luke.fi/handle/10024/542095">https://jukuri.luke.fi/handle/10024/542095</a>
Oppaat: Kierrätyslannoitus - Käytännöt, suunnittelu ja mahdollisuudet tulevaisuudessa & Gödsling med återvunnen gödsel : Planering, praxis och möjligheter i framtiden	1	<a href="https://jukuri.luke.fi/handle/10024/544071">https://jukuri.luke.fi/handle/10024/544071</a> <a href="https://jukuri.luke.fi/handle/10024/545483">https://jukuri.luke.fi/handle/10024/545483</a>
Opas: Ohjeistus testattujen kierrätysravinteiden käsittelylle ja käytölle	2	<a href="http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-275-307-6">http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-275-307-6</a>
Raportti: Biokaasulaitoksen mädätysjäännöksen hyödyntämistä vaihtoehtojen taloudellisuus ja ilmastovaikutukset	3	Julkaistaan SYKEN raportteja sarjassa 2020
Blogikirjoituksia peltokokeista	2	<a href="https://www.karelia.fi/blogit/uusiutuvaenergia/2019/10/11/vakilannoite-vedi-pisimman-korren-bioraee-hankkeenlannoitekokeissa-kiteen-nurmikoealueella/">https://www.karelia.fi/blogit/uusiutuvaenergia/2019/10/11/vakilannoite-vedi-pisimman-korren-bioraee-hankkeenlannoitekokeissa-kiteen-nurmikoealueella/</a> <a href="https://www.karelia.fi/blogit/uusiutuvaenergia/2019/01/08/kierratyslannoite-konsentraatin-sadontuottokyky-vastaavakilannoitteen-sadontuottokyky/">https://www.karelia.fi/blogit/uusiutuvaenergia/2019/01/08/kierratyslannoite-konsentraatin-sadontuottokyky-vastaavakilannoitteen-sadontuottokyky/</a>
Hankkeen muita blogeja 1,	1, 3	<a href="https://www.syke.fi/fi-FI/Biokaasulaitoksesta_ravinteita_energiaa_ja_elinkeinotoimintaa_maaseudulle_BioRaEE/Ajankohtaista/Blogit">https://www.syke.fi/fi-FI/Biokaasulaitoksesta_ravinteita_energiaa_ja_elinkeinotoimintaa_maaseudulle_BioRaEE/Ajankohtaista/Blogit</a> <a href="https://www.luke.fi/blogi/madatysjaannoksen_lannoitemarkkinoilla-on-pullonkauloja/">https://www.luke.fi/blogi/madatysjaannoksen_lannoitemarkkinoilla-on-pullonkauloja/</a> <a href="https://www.luke.fi/uutinen/kierratyslannoituksen_kaytannot_yksissa_kansissa/">https://www.luke.fi/uutinen/kierratyslannoituksen_kaytannot_yksissa_kansissa/</a> <a href="https://www.luke.fi/sv/nyheter/guide-om-godsling-medatervunnen-godsels-finns-nu-ocksa-pa-svenska/">https://www.luke.fi/sv/nyheter/guide-om-godsling-medatervunnen-godsels-finns-nu-ocksa-pa-svenska/</a>
Hankkeen nettisivut	1-4	<a href="https://www.syke.fi/fi-FI/Biokaasulaitoksesta_ravinteita_energiaa_ja_elinkeinotoimintaa_maaseudulle_BioRaEE">https://www.syke.fi/fi-FI/Biokaasulaitoksesta_ravinteita_energiaa_ja_elinkeinotoimintaa_maaseudulle_BioRaEE</a>
Hankkeen seminaarit (alku-, väli- ja loppuseminaari)	1-4	Tilaisuudet pidettiin 04/2017, 11/2018, 01/2020 <a href="https://www.syke.fi/fi-FI/Biokaasulaitoksesta_ravinteita_energiaa_ja_elinkeinotoimintaa_maaseudulle_BioRaEE/Ajankohtaista">https://www.syke.fi/fi-FI/Biokaasulaitoksesta_ravinteita_energiaa_ja_elinkeinotoimintaa_maaseudulle_BioRaEE/Ajankohtaista</a>
Hankkeen vierailut: Retki Turun seudulle (Gasum, Livia, QPower)	4	<a href="https://www.syke.fi/fi-FI/Biokaasulaitoksesta_ravinteita_energiaa_ja_elinkeinotoimintaa_maaseudulle_BioRaEE/Ajankohtaista/BioRaEEhankkeen_biokaasuretki_Turun_seud(51660)">https://www.syke.fi/fi-FI/Biokaasulaitoksesta_ravinteita_energiaa_ja_elinkeinotoimintaa_maaseudulle_BioRaEE/Ajankohtaista/BioRaEEhankkeen_biokaasuretki_Turun_seud(51660)</a>
Hankkeen loppuraportti	1-4	Tämä raportti

#### 4.4.5 Esitykset jatkotoimenpiteiksi

Hankkeen tulosten perusteella voidaan esittää muutamia jatkotoimenpide-ehdotuksia. Nämä liittyvät peltokokeiden tuloksiin, suodatinkokeisiin, ympäristövaikutusten arviointiin ja kannattavuustarkasteluun.

##### 1) Peltokokeet

Kaksivuotisten peltokokeiden perusteella konsentraatti on nopeavaikutteinen typpilannoite, jonka lannoitusvaikutus parhaimmillaan vastaa väkilannoitteen lannoitusvaikutusta. Koetulosten perusteella konsentraatti voikin olla erittäin kilpailukykyinen lannoite väkilannoitteeseen verrattuna. Konsentraatin tuotannon automatisointi vaatii kehitystä ja tuotetta jouduttaneenkin odottamaan markkinoilla vielä joitakin vuosia. Tuotantokustannus lienee silloinkin vielä niin suuri, että konsentraatti pystyy hyödyttämään vain pientä osaa kasvintuotantoyrityksiä, esimerkiksi puutarhayrityksiä. Ajan mittaan tuotantokustannuksen uskotaan kuitenkin alenevan ja tuotteen hyödynnettävyyden parantuvan myös peltoviljelyssä. Toisena haasteena on markkinoilla olevan levityskaluston sopimattomuus pienten nestemäärien (< 10 tn/ha) levitykseen peltoviljelyssä. Multainvaunujen teknisiä ominaisuuksia tulisi kehittää siten, että laitteistolla pystyttäisiin levittämään tarkasti nestemäistä lannoitetta. Konsentraatin virtaavuuden ja väkevyyden vuoksi kokeissa tulee kiinnittää huomiota levitystarkkuuteen ja levitysteknologiaan. Levitysteknologiset ongelmat ovat kuitenkin pienempi haaste kuin konsentraatin tuotantokustannusten alentaminen. Levityskaluston testausta on saatu vietyä eteenpäin hankkeessa, ja BioKymppi jatkaa kehitystyötä edelleen BioRaKi-jatkohankkeen turvin.

Vaikka luomulannoitteeksi erinomaisesti soveltuva typpikonsentraatti vaikuttaakin tällä hetkellä lupaavalta kierrätyslannoitteelta, ei sen valmistaminen ole teknistaloudellisesti vielä mahdollista. Prosessi ei vielä toimi riittävän hyvin, esimerkiksi suodatimet tukkeutuvat liuenneesta orgaanisesta kiintoaineesta. Tämän ongelman poistamiseksi etsitään parhaillaan (BioKymppi Oy) taloudellisesti toimivaa tekniikkaa. Konsentraatin levitys on kuitenkin saatu toimimaan ja se on ollut yksi suurimmista BioRaEE -hankkeen ja sen sisarhankkeen (BioRaKi, 2016–2018) saavutuksista.

##### 2) Suodatinkokeet

Prosessin ongelmien ratkaisemiseksi kehitystoimia tulisi jatkaa. Linkoseparointi- ja kalvosuodatuskokeita on tarpeen tehdä suuremmassa mittakaavassa ennen

linkoinvestointia. Tavoitteena on paitsi prosessin teknisen toimivuuden varmistaminen, myös lopputuotteena saatavan ravinnekonsentraatin liuennon tyypin pitoisuuden nosto. Samalla olisi tarpeen selvittää entistä tarkemmin tekniikan potentiaalit lannoitetuotannossa ja kustannustehokkuus.

##### 3) Ympäristövaikutukset

Jotta ympäristövaikutuksista saataisiin kokonaisvaltaisemmat tulokset, olisi hyvä kehittää menetelmiä allokaatio-ongelmiin. Asian parissa on esimerkiksi Helsingin yliopistossa käynnissä tutkimusta. Lisäksi, koska esimerkiksi multavuutta ja maaperän hiilensidontaa ei nykyisellään sisällytetä elinkaarimenetelmiin, voitaisiin näidenkin vaikutuksia jatkossa ottaa osaksi arviointia.

##### 4) Kannattavuus

Ravinnekonsentraatin valmistuksen kannattavuudessa osoitettiin olevan haasteita. Kannattavuutta voisi parantaa sekä tehostamalla prosessia ja nostamalla lopputuotteen liuenneen typen pitoisuutta mutta myös löytämällä sopivia käyttökohteita, joissa ravinnekonsentraatin ominaisuuksista on etua, ja joissa viljelijöiden maksuhalukkuus on mineraalilannoitteiden markkinahintoja korkeampi.



## Lähteet

Anttila, T. 2020. Lantapohjaisten kierrätyslannoitteiden markkinatutkimus. Maisterintutkielma, Maatalous-metsätieteellinen tiedekunta, Helsingin yliopisto (julkaisu kesäkuussa 2020).

Gebrezgabher, S., Meuwissen, M., Kruseman, G., Lakner, D., Lansink, A. 2015. Factors influencing adoption of manure separation technology in the Netherlands, *Journal of Environmental Management* 150, <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2014.10.029>

ISO 14040: 2006. Environmental management. Life cycle assessment. Principles and framework.

Myllyviita, T. & Rintamäki, H. 2018. Ruuantuottajien näkemyksiä ja kokemuksia kierrätyslannoitteiden käytöstä ja kehitystarpeista. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 31/2018.

Seppänen, A-M., Laakso, J., Luostarinen, S. 2018. Sivuvirrasta väkilannoitteen korvaajaksi: Mädätysjäännöksen jalostusteknologioiden nykytila, tarpeet ja tulevaisuuden mahdollisuudet Suomessa, *Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus* 31/2018.

Seppänen, A-M., Luostarinen, S.; Pesonen, L. 2019. Kierrätyslannoitus: Suunnittelu, käytännöt ja mahdollisuudet tulevaisuudessa

Tampio, E., Vainio, M., Virkkunen, E., Rahtola, M., Heinonen, S. 2018. Opas kierrätyslannoitevalmisteiden tuottajille. *Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus* 37/2018.

Valtioneuvosto. 2019. Osallistava ja osaava Suomi – sosiaalisesti, taloudellisesti ja ekologisesti kestävä yhteiskunta. Pääministeri Antti Rinteen hallituksen ohjelma 6.6.2019. Valtioneuvosto, Helsinki. Valtioneuvoston julkaisuja 2019:23. 2014. 978-952-287-756-7. [http://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/161662/Osallistava\\_ja\\_osaava\\_Suomi\\_2019\\_WEB.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/161662/Osallistava_ja_osaava_Suomi_2019_WEB.pdf?sequence=1&isAllowed=y)