



Luonnonvara- ja
biotalouden
tutkimus 45/2017

Kohti ravinteiden kierrätyksen läpimurtoa

Nykytila ja suositukset ohjauskeinojen kehittämiseksi Suomessa

Sanna Marttinen, Olli Venelampi, Antti Iho, Kauko Koikkalainen, Eeva Lehtonen, Sari Luostarinen, Kimmo Rasa, Minna Sarvi, Elina Tampio, Eila Turtola, Kari Ylivainio, Juha Grönroos, Jussi Kauppila, Jari Koskiaho, Helena Valve, Jutta Laine-Ylijoki, Raija Lantto, Anja Oasmaa, Malin zu Castell-Rüdenhausen

Kohti ravinteiden kierrätyksen läpimurtoa

Nykytila ja suositukset ohjauskeinojen kehittämiseksi Suomessa

Sanna Marttinen, Olli Venelampi, Antti Iho, Kauko Koikkalainen, Eeva Lehtonen, Sari Luostarinen, Kimmo Rasa, Minna Sarvi, Elina Tampio, Eila Turtola, Kari Ylivainio, Juha Grönroos, Jussi Kauppila, Jari Koskiahho, Helena Valve, Jutta Laine-Ylijoki, Raija Lantto, Anja Oasmaa, Malin zu Castell-Rüdenhausen



Marttinen, S., Venelampi, O., Iho, A., Koikkalainen, K., Lehtonen, E., Luostarinen, S., Rasa, K., Sarvi, M., Tampio, E., Turtola, E., Ylivainio, K., Grönroos, J., Kauppila, J., Koskiaho, J., Valve, H., Laine-Ylijoki, J., Lantto, R., Oasmaa, A., zu Castell-Rüdenhausen, M. 2017. Kohti ravinteiden kierrätyksen läpimurtoa. Nykytila ja suositukset ohjauskeinojen kehittämiseksi. Luonnonvara- ja biotaloudent tutkimus 45/2017. Luonnonvarakeskus, Helsinki. 45 s.

ISBN: 978-952-326-436-6 (Painettu)

ISBN: 978-952-326-437-3 (Verkkajulkaisu)

ISSN 2342-7647 (Painettu)

ISSN 2342-7639 (Verkkajulkaisu)

URN: <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-326-437-3>

Copyright: Luonnonvarakeskus (Luke)

Kirjoittajat: Sanna Marttinen, Olli Venelampi, Antti Iho, Kauko Koikkalainen, Eeva Lehtonen, Sari Luostarinen, Kimmo Rasa, Minna Sarvi, Elina Tampio, Eila Turtola, Kari Ylivainio, Juha Grönroos, Jussi Kauppila, Jari Koskiaho, Helena Valve, Jutta Laine-Ylijoki, Raija Lantto, Anja Oasmaa, Malin zu Castell-Rüdenhausen

Julkaisija ja kustantaja: Luonnonvarakeskus (Luke), Helsinki 2016

Julkaisuvuosi: 2017

Kannen kuva: Niina Pitkänen

Painopaikka ja julkaisumyynti: Juvenes Print, <http://luke.juvenesprint.fi>

Tiivistelmä

Sanna Marttinen¹, Olli Venelampi², Antti Iho³, Kauko Koikkalainen³, Eeva Lehtonen³, Sari Luostari-
nen³, Kimmo Rasa³, Minna Sarvi³, Elina Tampio³, Eila Turtola³, Kari Ylivainio³, Juha Grönroos⁴, Jussi
Kauppila⁴, Jari Koskiaho⁴, Helena Valve⁴, Jutta Laine-Ylijoki⁵, Raija Lantto⁵, Anja Oasmaa⁵, Malin zu
Castell-Rüdenhausen⁵

¹Luonnonvara- ja ympäristötutkimuksen yhteenliittymä LYNET, Latokartanonkaari 9, 00790 Helsinki,
etunimi.sukunimi@luke.fi

²Elintarviketurvallisuusvirasto Evira, Mustialankatu 3, 00790 Helsinki, etunimi.sukunimi@evira.fi

³Luonnonvarakeskus (Luke), Latokartanonkaari 9, 00790 Helsinki, etunimi.sukunimi@luke.fi

⁴Suomen ympäristökeskus SYKE, Mechelininkatu 34a, PL 140, 00251 Helsinki, etuni-
mi.sukunimi@ymparisto.fi

⁵Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy, PL 1000, 02044 VTT, etunimi.sukunimi@vtt.fi

Raportti kuvaa fosforin ja typen kierrätyksen nykytilanteen Suomessa ml. perustiedot biomassojen ja niiden sisältämien ravinteiden määristä sekä alueellisesta jakaumasta. Esitettyjen tietojen pohjalta annetaan toimenpide-ehdotuksia ravinteiden kierrätyksen edistämiseksi. Luonnonvara- ja ympäristötutkimuksen yhteenliittymä LYNET:iin kuuluvien laitosten asiantuntijoiden yhteistyönä toteutettu selvitys tehtiin taustaksi kansalliselle ravinteiden kierrätyksen toimintaohjelmalle.

Suomessa maatalous on yksittäisistä toimialoista suurin fosforin ja typen käyttäjä ja myös kierrättäjä. Erilaiset biomassat sisältävät vuositasolla kierrätettävissä olevaa fosforia yhteensä noin 26 000 tonnia, mikä on enemmän kuin koko Suomen nurmien ja viljojen lannoitustarve. Typpeä biomassat sisältävät noin 95 000 tonnia. Kuitenkin Suomessa käytetään vuosittain perinteisinä epäorgaanisina lannoitteina noin 11 000 t fosforia ja 152 000 t typpeä.

Noin 20 % Suomen lantafosforista muodostuu alueilla, joilla sen määrä on suurempi kuin kasvien tarve. Lantafosforia tulisi siten kuljettaa muille alueille korvaamaan perinteisiä epäorgaanisia fosforilannoitteita. Kuljettaminen edellyttää yleensä prosessointia, mm. veden poistoa. Myös muiden biomassojen käsittelyssä on tarpeen ottaa käyttöön ravinteita tehokkaammin kierrätettäviä teknologioita.

Maataloussektorilla lannoitusta ohjataan useiden ohjauskeinojen palapelillä, josta on muodostunut epäyhtenäinen ja jäsentymätön kokonaisuus. Nykyisellään ohjaus aiheuttaa huomattavaa sääntelytaakkaa, mutta sen merkitys kestävän ravinnekierrätyksen edistäjänä vaikuttaa heikolta.

Raportissa ehdotetaan mm. ravinteiden käytön ohjauskeinojen kokonaisuudistusta, jossa luotaisiin yleinen kaikkea viljelyä ja lannoittamista koskeva säädös esim. nitraattiasetusta kehittämällä. Samalla luovuttaisiin ympäristökorvausjärjestelmän nykyisenkaltaisesta ravinteiden käytön ohjauksesta ja selkeytettäisiin eläinsuojan ympäristöluvan roolia ja suhdetta yleiseen normiohjaukseen. Ohjauksen tueksi luotaisiin peltolohkokohtainen ravinnetietokanta.

Ravinteiden kierrätyksen tietopohjaa tulisi kehittää luomalla kattava ja päivitettävä tietojärjestelmä ravinnerikkaiden biomassojen ja tuhkan syntypaikoista, määristä, ominaisuuksista ja nykykäsitteistä. Tuotantoeläinten lannoille ehdotetaan asetettavaksi alueelliset prosessointitavoitteet. Keskeisenä tavoitteena tulisi olla ylilannoituksen vähentäminen kasvintuotannossa ja siirtyminen kasvien tarpeen mukaiseen lannoitukseen.

Asiasanat: fosfori, typpi, ravinteet, kierrätys, biomassa, tuhka, lannoitus, prosessointi, ohjauskeinot

Sisällys

1. Johdanto	5
2. Käsitteet	6
3. Rajaukset	8
4. Fosforin ja typen käyttö eri toimialoilla	9
5. Biomassat ravinteiden kierrätyksen raaka-aineina	10
5.1. Biomassojen ja niiden sisältämien ravinteiden määrät	10
5.2. Biomassojen ja ravinteiden alueellinen jakautuminen	11
5.3. Biomassojen prosessointitekniologiat	14
5.4. Biomassojen prosessoinnin ja hyötykäytön nykytila	16
5.5. Kierrätysravinteita sisältävät lannoitevalmisteet	19
6. Biomassojen prosessointitarpeen arviointi	21
7. Ohjaukset	23
7.1. Tavoite ja menetelmät.....	23
7.2. Ohjaukset luokittelu	23
7.3. Ravinteiden kierrätyksen ohjaukset	23
7.3.1. Ravinteiden käytön ohjaus maataloudessa.....	23
7.3.2. Innovaatiopolitiikka ja kierrätysravinnemarkkinoiden edellytysten luominen	25
8. Suositukset	26

1. Johdanto

Ihminen on muuttanut aineiden luontaisia biogeokemiallisia kiertoja erilaisilla teollisuuden ja maatalouden toiminnoilla. Esimerkiksi maataloudessa käytettäviä epäorgaanisia lannoitteita varten fosforia louhitaan apatiittiesiintymistä ja tyypeä sidotaan ilmakehästä. Koska fosforia ja tyypeä tuodaan kiertoon enemmän kuin niitä tuotannossa sitoutuu, ravinteita jää maaperään ja kulkeutuu eri muodoissa edelleen vesistöihin ja ilmaan. Tämän seurauksena vesistöjen tila on Suomessakin monin paikoin heikentynyt.

Apatiittivarantojen rajallisuus (300 – 1500 vuotta) ja sijainti muutamissa esiintymissä voi vaikeuttaa jo lähiaikoina fosforin saatavuutta ja johtaa hinnan arvaamattomaan vaihteluun (Euroopan komissio 2014). Useat apatiittiesiintymät sisältävät lisäksi epäpuhtauksia, erityisesti kadmiumia, mikä voi heikentää niiden käyttömahdollisuuksia.

Maatalous on yksittäisistä toimialoista suurin fosforin ja typen käyttäjä ja myös kierrättäjä. Ravinteita käytetään eniten kasvintuotannossa lannoitteina. Sieltä ne siirtyvät kotieläinten ruokinnan ja elintarvikkeiden kautta kotieläinten lantaan sekä yhdyskuntien jätevesilietteisiin ja biojätteisiin. Suomessa maataloudesta aiheutuu myös suurimmat fosforin ja typen päästöt vesistöihin.

Ravinteiden tehokas kierrätys vähentää tarvetta käyttää perinteisiä epäorgaanisia lannoitteita ja parantaa sekä ravinteiden käytön ympäristöllistä kestävyyttä että Suomen elintarviketuotannon huoltovarmuutta. Kierrätykseen sopivat ravinnepitoiset materiaalit sisältävät usein myös orgaanista ainesta, joka parantaa maan kasvukuntoa (Heikkinen ym. 2013). Ravinteet kiertävät maatalouden lisäksi muillakin toimialoilla ja niiden välillä, joten on tärkeää tehostaa ravinteiden kierrätystä myös muilla sektoreilla.

Ravinteiden kierrätys on nostettu pääministeri Sipilän hallitusohjelmassa keskeiseksi kehittämis-kohteeksi osana kiertotalouden ja vesistöjen tilan parantamisen tavoitteita. Yksilöitynä tavoitteena on lisätä ravinteiden talteenottoa erityisesti vesistöjen kannalta herkillä alueilla siten, että vähintään 50 % lannasta ja yhdyskuntien puhdistamolietteestä saadaan kehittyneen prosessoinnin piiriin vuoteen 2025 mennessä (Hallitusohjelma 2015). Vaikka prosessointi sellaisenaan ei vielä kierrätä ravinteita, se on usein edellytys ravinteiden kierron toteutumiselle.

Ravinteiden kierrätyksen edistymistä Suomessa seuraava ns. Raki-seurantaryhmä on laatinut ravinteiden kierrättämisestä vision, jonka mukaan vuonna 2030 *”Ravinteiden kierrätyksessä on tapahtunut läpimurto, päästöt ympäristöön ovat pienet ja ravinteet kiertävät tehokkaasti. Vesistöihin karranneita ravinteita palautetaan kiertoon ja tuontiravinteiden määrä on pieni. Ravinteiden kierrätys on synnyttänyt uutta liiketoimintaa.”*

Tavoitteiden konkretisoimiseksi tullaan laatimaan pitkän tähtäimen toimintaohjelma, jonka pohjaksi tämä selvitys laadittiin. Selvitys toteutettiin Luonnonvara- ja ympäristötutkimuksen yhteenliittymä LYNET:iin kuuluvien laitosten asiantuntijoiden yhteistyönä. Sen rahoittivat Maa- ja metsätalousministeriö ja Ympäristöministeriö. Raportissa kuvataan ravinteiden kierrätyksen nykytilanne Suomessa, avataan aiheeseen liittyvää käsitteistöä, esitetään perustiedot biomassojen ja niiden sisältämien kierrätysravinteiden, erityisesti typen ja fosforin määristä ja alueellisesta jakaumasta, tehdään näiden tietojen pohjalta toimenpide-ehdotuksia ravinteiden kierrätyksen edistämiseksi sekä arvioidaan ehdotettujen toimenpiteiden vaikutuksia. Raportti on synteesi aiemmista tutkimuksista, asiantuntijahaastatteluista ja työn osana järjestetyn työpajan tuloksista.

2. Käsitteet

Ravinteiden kierrätys

Ravinteiden kierrätyksellä tarkoitetaan toimenpiteitä, joilla tuotannon ja kulutuksen yhteydessä syntyvien ravinnerikkaiden materiaalien sisältämät ravinteet hyödynnetään uudelleen kestävästi ja turvallisesti kierrätysravinteina. Näin toimien vähennetään ravinnepäästöjä ympäristöön ja korvataan uusiutumattomia luonnonvaroja.

Kehittynyt prosessointi

Kehittyneellä prosessoinnilla tarkoitetaan tässä selvityksessä orgaanisten, ravinnerikkaiden materiaalien käsittelyä niin, että materiaalin kuljetettavuus paranee ja materiaalia voidaan myös erotella erilaisiin fraktioihin, jolloin ravinteiden hyödyntämismahdollisuudet paranevat. Kaikessa prosessoinnissa, siihen liittyvässä logistiikassa ja materiaalin käytössä on huomioitava, että koko toimintaketjun haitalliset terveys- ja ympäristövaikutukset minimoidaan, ravinteiden hyödyntäminen maksimoidaan ja prosessoinnin aikana muodostuvat sivutuotteet hyödynnetään tai käsitellään asianmukaisesti. Kokonaiskestävyyden saavuttamiseksi prosessoinnin tulisi olla paitsi ympäristöystävällinen, myös taloudellisesti kannattava ja sosiaalisesti hyväksyttävä.

Vesistöjen kannalta herkät alueet

Tässä selvityksessä vesistöjen kannalta herkillä alueilla tarkoitetaan alueita, joissa vesipuitedirektiivin mukainen pintavesien ekologinen tila on huonompi kuin hyvä (Putkuri ym. 2013) ja joilla on myös runsaasti kotieläintuotantoa (Ylivainio ym. 2014). Jälkimmäisillä alueilla myös peltomaan helppoliukoisen fosforin pitoisuus (ns. P-luku) on korkea (Ylivainio ym. 2014). Tällaisia alueita ovat Uudenmaan, Varsinais-Suomen, Satakunnan, Etelä-Pohjanmaan, Pohjanmaan ja Pohjois-Pohjanmaan ELY-keskusten alueet sekä Pohjois-Savon ELY-keskuksen alue, jossa on paljon kotieläintuotantoa (kuva 1). Vesistöjen tilan, peltojen korkeiden P-lukujen ja kotieläintuotannon keskittymien vuoksi nämä alueet ovat ensisijaisia kohteita tehostetulle ravinteiden kierrätykselle ja kehittyneelle prosessoinnille, vaikkakin ravinteiden kierrätys tulee huomioida kaikkialla Suomessa.



Kuva 1. Vesistöjen kannalta herkät alueet ELY-keskuksittain Suomessa.

Kasvien tarpeen mukainen lannoitus

Kasvien tarpeen mukaisessa lannoituksessa ravinteita annostellaan kasvin kasvuvasteiden mukaisesti maassa ennestään olevat ravinteet huomioiden. Tarpeettoman fosforilannoituksen lopettaminen on edellytys maan helppoliukoisen fosforin pitoisuuden ja fosforin vesistökuormituksen asteittaiselle vähenemiselle. Samoin typpilannoituksen tarkentaminen on edellytys typen huuhtoutumisriskien pienentämiseksi.

Arvio kasvien tarpeen mukaisesta fosforilannoituksesta perustuu suomalaisten lannoituskokeiden yhteenvedoihin, joissa on analysoitu viljojen ja nurmien fosforilannoituksella saadut satovasteet (Valkama ym. 2009, 2011, 2016a). Viljoilla ja nurmilla ei saada satovasteita, kun peltomaan P-luku on savimailla yli 6 mg/l (viljavuusluokka välttävä/tyydyttävä), karkeilla kivennäismailla yli 10 mg/l (viljavuusluokka välttävä/tyydyttävä) ja eloperäisillä mailla yli 15 mg/l (viljavuusluokka hyvä/korkea) (Valkama ym. 2011). On huomattava, että satovasteiden perusteella laskettu viljojen ja nurmien taloudellisesti optimaalinen fosforilannoitus on nykyisillä hintasuhteilla pienempi kuin ympäristökorvauksen enimmäislannoitusmäärät. Luke on julkaissut viljelijöiden käyttöön fosforilaskurin¹, jonka avulla on mahdollista arvioida taloudellisesti optimaalista fosforilannoitusta. Viljojen ja nurmien typpilannoituksesta on tehty vastaavat yhteenvedot (Valkama ym. 2013, 2016b), mutta lannoituksen optimoitilaskuria ei vielä ole olemassa.



Kuva: Tapio Tuomela / Luken arkisto

¹ <https://portal.mtt.fi/portal/page/portal/kasper/pelto/peltopalvelut/fosforilaskuri>

3. Rajaukset

Tässä selvityksessä keskityttiin tarkastelemaan fosforin (P) ja typen (N) kierrätyksen nykytilaa erityisesti ruoantuotannossa ja -kulutuksessa, jossa ravinnevirrat ovat suurimmat. Näihin sisältyvät mm. maatalous, elintarvike- ja rehuteollisuus, kalankasvatus sekä yhdyskuntien biojätehuolto ja jätevesien käsittely. Metsäteollisuus on mukana tarkastelussa siltä osin kuin se voi tuottaa ravinteita ruoantuotantoon ja metsien lannoitukseen. Selvityksessä tarkastellaan biomassoja, joita muodostuu merkittäviä määriä ja jotka sisältävät runsaasti ravinteita. Näitä ovat kotieläinten lanta, maatalouden ylijäämänurmet (sis. nykyisellään alihyödynnetyt suojavyöhykkeiden, kesantojen ja luonnonhoitopeltojen nurmimassat), yhdyskuntien jätevedenpuhdistamoiden liete, yhdyskuntien biojäte, elintarviketeollisuuden sivuvirrat sekä metsäteollisuuden lietteet (sis. massa- ja paperiteollisuuden kuitu-, pasta-, puhdistamo- ja siistauslietteet). Tuhkia tarkastellaan lannoitevalmisteiden käytön yhteydessä. Fosforilla tarkoitetaan kokonaisfosforia ja typellä kokonaistyyppiä, ellei toisin mainita. Ohjauskeinojen osalta pääpaino oli oikeudellisten ja taloudellisten ohjauskeinojen tarkastelussa.



Kuva: Yrjö Tuunanen / Luken arkisto

4. Fosforin ja typen käyttö eri toimialoilla

Eniten fosforia ja typpeä käytetään maataloudessa kasvien lannoituksessa (taulukko 1). Maatalouden fosfori- ja typpilannoituksesta 65 ja 35 % on peräisin lannasta tai kierrätysravinteita sisältävistä lannoitevalmisteista lopun ollessa perinteisiä epäorgaanisia lannoitteita. Lannoituksen kierrätysfosforista ja -typestä suurin osa on peräisin lannasta. Maataloudessa käytettävien rehujen fosfori kiertää pääosin lantaan ja lannoitevalmisteisiin ja sisältyy siten niiden käyttömääriin. Vähäisempiä määriä fosforia ja typpeä käytetään myös viherrakentamisessa, metsätaloudessa ja kalankasvatuksessa (taulukko 1). Metsätaloudessa fosforin ja typen kokonaismäärästä kierrätysfosforin osuus on 56 % ja kierrätystypen 0 % ja kalankasvatuksessa vastaavasti 24 ja 15 %. Viherrakentamisessa käytetään samoja epäorgaanisia lannoitteita kuin maatalouskäytössä, eikä niitä pystytty luotettavasti erottelemaan aineistosta. Tästä syystä viherrakentamisessa käytettävien epäorgaanisten lannoitteiden määrää ei ole ilmoitettu taulukossa 1, eikä kierrätysravinteiden osuutta voitu laskea. Käytetyt tietolähteet ja niihin liittyvät epävarmuudet on esitetty tarkemmin liitteessä 1.

Taulukko 1. Fosforin ja typen arvioidut kokonaiskäyttömäärät (t/v) ja kierrätystypen ja -fosforin osuudet (%) eri toimialoilla Suomessa (tilanne 2014-2016, ks. alaviitteet; tietolähteet ks. liite 1).

	Fosforin käyttö	Typen käyttö
Maatalous		
- epäorgaaniset lannoitteet ¹	11 300	148 000
- lanta ²	19 300	76 000
-kierrätysravinteita sisältävät lannoitevalmisteet ³	1 700	4 000
<i>Yhteensä (t/v)</i>	<i>32 300</i>	<i>228 000</i>
<i>Kierrätysravinteiden osuus (%)</i>	<i>65</i>	<i>35</i>
Metsätalous		
- epäorgaaniset lannoitteet ¹	113	3 560
- tuhkalannoitteet ⁴	146	0
<i>Yhteensä (t/v)</i>	<i>259</i>	<i>3 560</i>
<i>Kierrätysravinteiden osuus (%)</i>	<i>56</i>	<i>0</i>
Viherrakentaminen		
-kierrätysravinteita sisältävät lannoitevalmisteet ⁵	1 050	1 470
Kalankasvatus⁶		
- perinteiset rehut	160	1 360
- kierrätysravinteita sisältävät rehut (ns. Itämerirehu)	50	240
<i>Yhteensä (t/v)</i>	<i>210</i>	<i>1 600</i>
<i>Kierrätysravinteiden osuus (%)</i>	<i>24</i>	<i>15</i>
¹ Evira 2017a ja tuotteiden tuoteselosteet. Sisältää sekä kotimaan käyttöön valmistetut tuotteet että tuonnin. Tiedot vuodelta 2016. ² Taulukko 2 tässä raportissa. Tiedot vuosilta 2014-2016. ³ Evira 2017a ja tuotteiden tuoteselosteet. Sisältää tyypinimiryhmät: maanparannusaineet, orgaaniset lannoitteet ja tuhkalannoitteet. Tiedot vuodelta 2016. ⁴ Evira 2017a ja tuotteiden tuoteselosteet. Jatkojalostukseen menneitä tuhkia ei ole otettu huomioon. Tiedot vuodelta 2016. ⁵ Evira 2017a ja tuotteiden tuoteselosteet. Sisältää tyypinimiryhmät: maanparannusaineet ja orgaaniset lannoitteet. Käytössä on huomioitu viherrakentamiskäyttöön ja jatkojalostukseen ilmoitetut määrät. Tiedot vuodelta 2016. ⁶ Vielma 2017. Tiedot vuodelta 2015.		

5. Biomassat ravinteiden kierrätyksen raaka-aineina

5.1. Biomassojen ja niiden sisältämien ravinteiden määrät

Suomessa muodostuu vuosittain lähes 20 miljoonaa tonnia tuotantoeläinten lantaa, noin 1,5 miljoonaa tonnia maatalouden ylijäämänurmia ja yhteensä yli 2 miljoonaa tonnia erilaisia yhdyskuntien ja teollisuuden orgaanisia lietteitä ja sivuvirtoja (taulukko 2). Nämä biomassat ovat ravinteiden kierrätyksen kannalta keskeisiä suuren määränsä ja ravinnepitoisuutensa takia. Kukin biomassa sisältää ominaisuuksiltaan ja biokemialliselta koostumukseltaan hyvin erilaisia jakeita. Esimerkiksi elintarviketeollisuuden sivuvirtoihin kuuluu niin liha- kuin kasviperäisiä jakeita nestemäisistä kiinteisiin massoihin. Jakeiden määrät ja niiden ominaisuudet ovat osittain arvioita, koska näitä tietoja ei systemaattisesti tilastoida. Käytetyt tietolähteet ja niihin liittyvät epävarmuudet on esitetty tarkemmin liitteessä 1.

Taulukko 2. Biomassojen kokonaismäärät sekä niiden sisältämät fosforin ja typen määrät (t/v) Suomessa (tilanne 2014-2016, ks. alaviitteet; tietolähteet ks. liite 1).

	Biomassan määrä	Fosfori	Typpi	Liukoinen typpi
Kotieläinten lannat ¹	17 300 000	19 300	75 600	32 400
Ylijäämänurmet ²	1 510 000	2 540	7 060	420
Puhdistamolietteet asutuksesta ja teollisuudesta ³	667 000	2 880	3 740	670
Biojätteet asutuksesta ja teollisuudesta ⁴	809 000	730	5 340	320
Elintarviketeollisuuden sivuvirrat ⁵	259 000	360	2 070	830
Metsäteollisuuden lietteet ⁶	578 000	230	1 160	30
Yhteensä	21 100 000	26 000	95 000	34 700

¹Kotieläinten (naudat, siat, siipikarja, vuohet ja lampaat) määrä perustuen vuoden 2014 tilastoon (SVT 2017a), hevosten määrä vuonna 2014 perustuen Suomen Hippos ry:n tiedonantoon, turkiseläinten määrä vuonna 2016 perustuen Suomen turkiseläinten kasvattajain liitto STKL ry:n tiedonantoon. Lannanmuodostus ja ravinteet: Naudat, siat, siipikarja, hevoset ja vuohet perustuen Suomen Normilantajärjestelmään (Luostarinen ym. 2017a, käsikirjoitus), lampaat perustuen Nitraattiasetuksen (VNa 1250/2014) vähimmäislantalatilavuuksiin ja taulukkoarvoihin, turkiseläimet perustuen arvioon vähimmäislantalatilavuuksien ja Viljavuuspalvelun tilastojen 2005-2009 pohjalta.

²Nurmien määrä perustuen kesanto- ja luonnonhoitopeltojen sekä suojavyöhykkeiden pinta-alaan vuonna 2016 (SVT 2017b) ja satotasoon 3000 kg ka/ha. Satotaso ja ravinteet: Niemeläinen ym. (2014).

³VAHTI-tietojärjestelmän määrätiedot vuodelta 2014 täydennettynä HSY:n ja Turun puhdistamoiden määrillä. Ravinteet: Biokaasulaskuri (2014), Kahiluoto & Kuisma (2010), Rasi ym. (2012).

⁴Asumisen ja palveluiden biojättemäärä perustuen asukaskohtaiseen biojättemäärään (Salmenperä ym. 2016) ja Tilastokeskuksen väkilukutietoon 31.12.2016, teollisuuden biojätteet perustuen VAHTI-tietojärjestelmän vuoden 2014 määrätietoon. Ravinteet: Biokaasulaskuri (2014), Kahiluoto & Kuisma (2010), Rasi ym. (2012), Tampio ym. (2016).

⁵VAHTI-tietojärjestelmän määrätiedot vuodelta 2014. Ravinteet: Biokaasulaskuri (2014), Kahiluoto & Kuisma (2010), Rasi ym. (2012).

⁶Sisältää kuitu-, pasta-, puhdistamo- ja siistauslietteet vuonna 2015. Määrät: Metsäteollisuus ry (2017). Ravinteet: Apila Group (2013), Biokaasulaskuri (2014), Rasi ym. (2012).

Selvityksessä tarkastellut biomassat sisältävät vuositason yhteensä noin 26 000 tonnia fosforia ja 95 000 tonnia typpeä (taulukko 2). Samaan aikaan perinteisinä epäorgaanisina lannoitteina käytettiin Suomessa 11 000 t fosforia ja 152 000 t typpeä. Huomattavaa on, että lantojen sisältämät fosfori- ja typpimäärät ovat vähintään kertaluokkaa suurempia kuin muiden tarkasteltujen biomassojen.

Liukoisien typen määrä indikoi typen käyttökelpoisuutta kasveille. Tarkastelluista biomassoista liukoisien typen osuus kokonaistyppestä on suurin lannoissa ja elintarviketeollisuuden sivutuotteissa (taulukko 2). Näissä materiaaleissa typen käyttökelpoisuus on hyvä, mutta peltokäytössä myös riski

typen huuhtoutumiseen on suurempi. Liukoisen fosforin määrästä eri biomassoissa on heikosti tietoa saatavilla.

Taulukossa 3 on eritelty tuotantoeläinten lannan jakautuminen eläinlajeittain ja lantatyypeittäin. Eniten lantaa syntyy nautatiloilla, mutta myös sika- ja siipikarjatilat ovat merkittäviä lannantuottajia. Muodostuvasta lannasta 58 % on lietelantaa, 35 % kuivalantaa (kuivikelanta, kuivikepohjalanta, kuivalanta) ja loput erilliskerättyä virtsaa. Lantafosforista 53 % on nautojen lannassa, 14 % sikojen lannassa, 12 % siipikarjan lannassa ja 17 % turkiseläinten lannassa. Lantatyypestä pääosa on nautojen (72 %) ja sikojen (15 %) lannassa. Esitetyt luvut on laskettu pääosin Luken ja SYKEN yhteisellä Suomen normilantajärjestelmällä², josta ajantasaisen lantatiedon voi tarkistaa kesän 2017 ensimmäisen julkistuksen jälkeen.

Taulukko 3. Tuotantoeläinten lantamäärät ja niiden sisältämät ravinteet laskettuna varastoidulle lannalle, tilanne 2014-2016. Lähteet ks. taulukko 1.

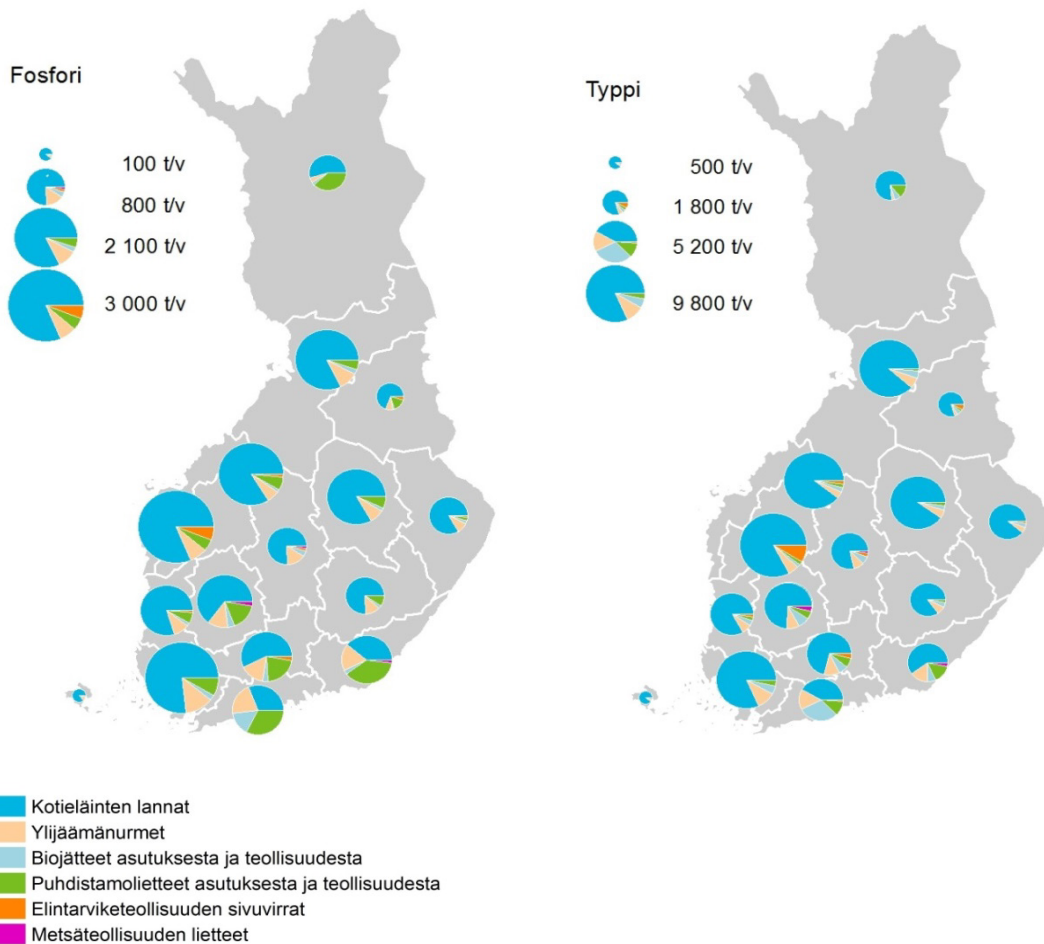
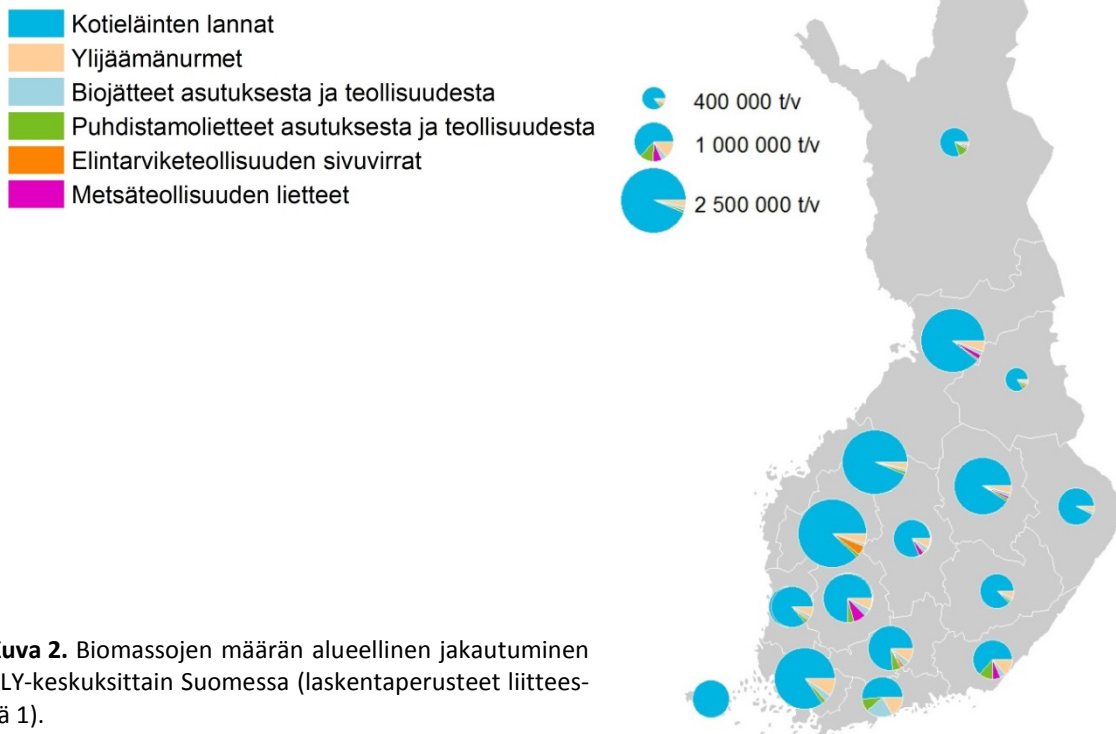
	Määrä (t/v) (laidunlanta vähennetty)			Kaikki lannat (t/v)			
	Lietelanta	Kuivat lannat	Virtsa	Määrä yhteensä	Fosfori	Typpi	Liukoinen typpi
Naudat	6 770 000	4 680 000	1 010 000	12 500 000	10 300	53 600	23 400
Siat	3 320 000	166 000	125 000	3 610 000	2 680	11 100	6 770
Siipikarja	18 000	257 000	0	275 000	2 390	5 400	1 110
Lampaat ja vuohet	0	82 000	0	82 000	190	720	170
Hevoset ja ponit	0	686 000	1 000	687 000	510	2 490	330
Turkiseläimet	0	200 000	0	200 000	3 200	2 260	580
Yhteensä	10 100 000	6 070 000	1 140 000	17 400 000	19 300	75 600	32 400

5.2. Biomassojen ja ravinteiden alueellinen jakautuminen

Alueellisesti eniten biomassoja muodostuu Suomen lounais- ja länsirannikolla sekä Pohjois-Savossa, joihin on keskittynyt paljon kotieläintuotantoa (kuva 2). Puhdistamolietteitä syntyy eniten Uudellamaalla ja Kaakkois-Suomessa. Biojätteen määrä on Uudellamaalla yli kolminkertainen verrattuna muiden ELY-keskusten alueilla syntyviin määriin. Elintarviketeollisuuden sivuvirtoja syntyy puolestaan eniten Etelä-Pohjanmaalla. Metsäteollisuuden lietteiden osalta alueelliset tiedot oli saatavilla ainoastaan 60 %:lle taulukon 2 kokonaismassoista.

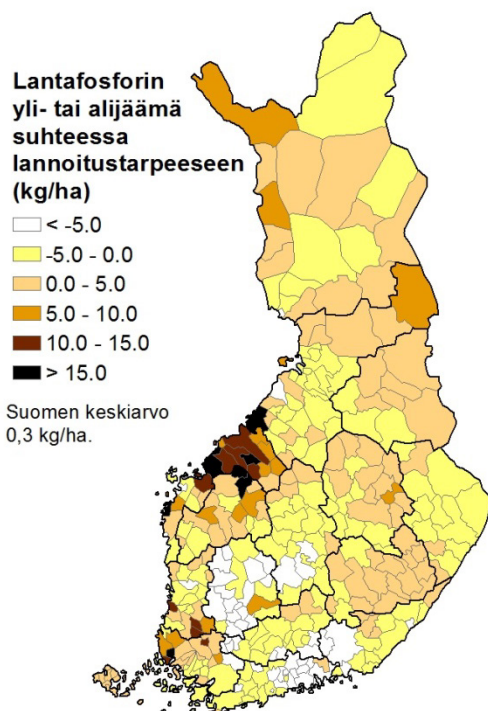
Kierrätysfosforista ja -typeistä suurin osa on peräisin kotieläinten lannasta lähes koko Suomessa (kuva 3). Uudellamaalla ja Kaakkois-Suomessa syntyvä puhdistamoliete sisältää saman verran fosforia kuin alueen lannat. Lisäksi Uudellamaalla biojätteiden osuus fosforin ja typen määrästä on merkittävä.

² <http://www.luke.fi/projektit/normilanta>



Lannan käyttö lannoitteena on aina ollut olennainen osa viljelyä, mutta viime vuosikymmeninä tapahtunut kotieläintalouden alueellinen eriytyminen kasvintuotannosta ja yksikkökokojen kasvaminen ovat aiheuttaneet ravinnevirtojen keskittymistä tietyille alueille aiheuttaen epäsuhtaa ravinteiden määrän ja kasvien tarpeen välillä. Yhdistämällä alueellinen tieto maaperän helppoliukoisen fosforin pitoisuudesta (Ylivainio ym. 2014), tärkeimpien viljelykasvien (viljojen ja nurmien) fosforin tarpeesta (Valkama ym. 2009, 2011, 2016a) ja lantojen määrästä voidaan arvioida alueellista ravinnetilannetta ja sitä, kuinka paljon alueella syntyy kasvien tarpeen kannalta ylimääräistä lantafosforia (kuva 4). Kuvasta nähdään, että kotieläintuotannon keskittymissä lannan ravinteita on liikaa suhteessa kasvien tarpeeseen. Muiden biomassojen ravinteet edelleen lisäävät paikallista ravinneylijäämää ja samoilla alueilla käytetään myös perinteisiä epäorgaanisia lannoitteita. Koko Suomen tasolla lantafosfori riittäisi yksistään tyydyttämään viljojen ja nurmien tarpeen (Lemola ym. 2013, Ylivainio ym. 2014). Tämä kuitenkin edellyttäisi lantafosforin kuljettamista kauemmaksi lannan syntysijoilta prosessoimalla lantaa helpommin kuljetettavaan ja varastoitavaan muotoon.

Typelle vastaavaa arviota ei ole tehty. Kotieläinlannan fosfori ja typpi eroavat kuitenkin toisistaan siten, että typen osalta ei esiinny yhtä suurta paikallista epätasapainoa lannan typpisisällön ja kasvien typen tarpeen välillä. Kotieläinlannan sisältämä typpi voidaan siten todennäköisemmin hyödyntää kasvien lannoitukseen myös paikallisesti ilman tarvetta kuljettaa sitä pitkiä matkoja. Kierrätystypen osuutta kaikessa typen hyödyntämisessä voitaisiin siten lisätä yksinkertaisimmillaan vähentämällä lannasta tapahtuvia typen hävikkejä kaikissa lannankäsittelyn vaiheissa ja käyttämällä optimaalisesti hyväksi myös muiden biomassojen typpiä.



Kuva 4. Lannan sisältämän fosforin riittävyys kunnittain lannoitettaessa kasvien fosforin tarpeen mukaisesti (Ylivainio ym. 2014). Positiivinen arvo osoittaa lantafosforin ylimäärää ja negatiivinen vajetta suhteessa kasvien tarpeeseen kunnan alueella.

Edellä esitetyn peltohehtaarikohtaisen laskelman lisäksi on hyödyllistä tarkastella lantafosforin kokonaismäärää eri alueilla, esimerkiksi ELY-keskusten tasolla. Lantafosforin ylijäämä ELY:n alueella voidaan laskea karkealla tasolla ELY:n alueen kunnissa syntyneen lantafosforin ja ELY:n alueen kuntien lannoitustarpeen erotuksena perustuen Ylivainion ym. (2014) tietoihin. Suomen viidestätoista ELY-keskuksesta yhdeksässä muodostuvan lantafosforin määrä ylittää kasvien lannoitustarpeen koko kyseisen ELY-keskuksen sisällä (taulukko 4). Lannoitustarpeen ylittävä lantafosforin yhteismäärä (3 500 tonnia) vastaa noin 20 % Suomen vuotuisesta lantafosforin määrästä. Ylimäärästä 91 % muodostuu Perämeren, Merenkurkun, Selkämeren ja Saaristomerren rannikkoalueilla. Puolet ylimäärästä syntyy pelkästään Pohjanmaan ELY-keskuksen alueella, jonne on keskittynyt paljon turkistuotantoa.

Taulukko 4. Suomen ELY-keskukset, joiden alueella muodostuvat lantafosforimäärät ylittävät lannoitustarpeen (perustuen tietoihin julkaisussa Ylivainio ym. 2014).

ELY-keskus	Lantafosforiylijäämä (t/v)
Pohjanmaa	1 780
Etelä-Pohjanmaa	760
Satakunta	290
Varsinais-Suomi	250
Pohjois-Savo	180
Pohjois-Pohjanmaa	130
Etelä-Savo	110
Lappi	30
Kainuu	10
Yhteensä	3 540

5.3. Biomassojen prosessointitekniologiat

Ravinteiden kierrättämiseksi tarvittava prosessointi määräytyy biomassan ominaisuuksien, sijainnin sekä fosforin ja typen käyttökohteen perusteella. Eniten fosforia ja typpeä käytetään maataloudessa, mutta myös teollisuudessa on niille käyttökohteita.

Kierrätysravinteiden käyttö kasvintuotannossa kasvien ravinnetarpeen mukaisesti edellyttää usein niiden kuljettamista alueille, joilla on lannoitustarvetta. Tällöin biomassaa on prosessoitava siten, että syntyvät tuotteet ovat helppoja kuljettaa, varastoida ja käsitellä sekä turvallisia käyttää lannoitevalmisteina. Ensimmäinen edellytys kauas kuljetettaville lopputuotteille on niiden pieni vesipitoisuus. Lisäksi on tärkeää, että tuotteiden ravinnepitoisuudet, niiden suhteet ja käyttökelpoisuus kasveille on tiedossa. Mitä parempi ravinteiden käyttökelpoisuus on, sitä helpompi niitä on annostella kasvien tarpeen mukaisesti. Prosessoinnilla voi olla tarpeen myös vähentää haitallisten aineiden pitoisuuksia ja hygieniariskejä.

Biomassojen prosessointi erilaisiksi tuotteiksi mahdollistaa myös liiketoiminnan kierrätysravinteilla. Niiden kilpailukyky suhteessa perinteisiin epäorgaanisiin lannoitteisiin edellyttää, että prosessoinnin tuotteet ovat edellä mainittujen ominaisuuksien lisäksi tasalaatuisia ja hinnaltaan kilpailukykyisiä, niiden saatavuus on ennakoitavissa ja niitä voidaan tuottaa riittävästi. Biomassoista prosessoitujen lannoitevalmisteiden sisältämä hiili voi tuottaa lisäarvoa maatalouskäytössä verrattuna perinteisten epäorgaanisten lannoitteiden käyttöön. Kierrätysravinteita voidaan myös käyttää samoissa tuotteissa perinteisten epäorgaanisten lannoitteiden kanssa. Epäorgaanisiin lannoitteisiin voidaan valmistusprosessien yhteydessä käyttää kierrätystyyppiä tai -fosforia ja vastaavasti kierrätyspohjaisten lannoitevalmisteiden ravinnesisältöä voidaan täydentää lisäämällä niihin perinteisiä epäorgaanisia lannoitteita. Teollisuuden sovelluksissa vaatimukset tuotteiden ominaisuuksille ovat tapauskohtaisia.

Lanta voidaan hyödyntää kasvintuotannossa ilman prosessointia lainsäädännön rajoitukset huomioiden. Tämä kuitenkin saattaa johtaa kasvien tarpeeseen nähden ylisuuriin lannoitusmääriin, eikä tällöin täytä ravinteiden kierrätykselle asetettuja reunaehtoja (ks. kappale 2. Käsitteet). Riippuen alueellisesta tilanteesta lannan riittävä prosessointi voi olla yksinkertaisesti separointia, joka jakaa lantaravinteet runsaasti typpeä sisältäväksi nestejakeeksi ja runsaasti fosforia sisältäväksi kuivajakeeksi. Lannan levitystä yleensä rajoittava fosfori on tällöin kuljetettavissa hieman kauemmaksi. Pidemmälle vietyä lannan prosessointia ja ravinteiden fraktiointia tarvitaan, jos lantaa ei voida kestävästi levittää lähialueille esimerkiksi maaperän korkean fosforipitoisuuden takia.

Yhdyskuntien ja teollisuuden jätteiden ja sivuvirtojen käsittelyssä tavoite on usein muokata materiaali sellaiseen muotoon, että jätteentuottaja voi joko siirtää käsiteltävän massan eteenpäin jatkojalostettavaksi toiselle toimijalle tai tuottaa itse johonkin loppukäyttöön soveltuvaa tuotetta. Erityisesti puhdistamolietteiden osalta ravinteiden kierrätys on nykyisin usein toissijaista ja tärkeimpänä tavoitteena on massan haitattomaksi tekeminen ja kuljetettavuuden parantaminen poistamalla vettä.

Biomassojen prosessointitekniikat voidaan jakaa karkeasti neljään luokkaan. Erotustekniikoilla (separointi, kuivaus/väkevöinti sekä kalvotekniikat) biomassat erotellaan eri jakeisiin fysikaalisesti tai mekaanisesti. Biologiset tekniikat hajottavat biomassoja mikrobiologisesti, termiset pienentävät käsiteltävää massamäärää ja väkevöivät haluttuja yhdisteitä korkeaa lämpötilaa hyödyntäen, ja kemialliset menetelmät erottelevat ja väkevöivät biomassoja erilaisten kemiallisten reaktioiden kautta (taulukko 5). Prosessoinnissa voi muodostua myös uusia sivuvirtoja, joiden hyödyntäminen ja jatkokäyttö tulee ottaa huomioon. Kattavampi katsaus prosessoineista on liitteessä 2.

Taulukko 5. Markkinoilla ja kehitteillä olevat prosessointitekniikat biomassojen ravinteiden talteenottoon ja käsittelyyn. Kattavampi katsaus prosessoineista liitteessä 2.

Teknologia	Periaate	Ravinteet	Teknologian kypsyyt
Erotustekniikat			
<i>Separointi</i>	Erotus kiinteään ja nestejakeeseen tai vedenerotus.	Typpi pääosin nestejakeessa ja fosfori kuivajakeessa	Kaupallinen
<i>Kuivaus ja väkevöinti</i>	Ravannesuhteet muuttuvat käsittelyssä, mutta prosessointi ei merkittävästi vaikuta ravinteiden käyttökelpoisuuteen	Osa tyypestä voi haihtua prosessin aikana (talteenotto mahdollista), fosfori kuivatussa tuotteessa	Kaupallinen
<i>Kalvotekniikat</i>		Tarkka ravinteiden erotus	Kaupallinen tekniikka vedenpuhdistuksessa, kehitteillä ravinteiden talteenottoon
Biologiset tekniikat			
<i>Kompostointi</i>	Käsittely stabiloi ja parantaa käsiteltävyyttä	Osa tyypestä haihtuu (talteenotto laitoksissa mahdollinen), fosfori säilyy kompostoituneessa massassa	Kaupallinen
<i>Mädätys (mesofiilinen/ termofiilinen)</i>	Käsittely stabiloi ja parantaa käsiteltävyyttä, termofiilinen käsittely myös hygienisoii, energian tuotanto	Ravinteet säilyvät ja tyypeä liukoistuu, fosforin käyttökelpoisuus ei juuri muutu	Kaupallinen
Termiset tekniikat			
	Massan kuumentaminen vähentää tilavuutta ja lisää kuljetettavuutta. Poltto tuottaa tuhkaa, energiantuotanto	Lämpötilan nousu laskee fosforin käyttökelpoisuutta kasveille ja hidastaa maaperään lisättävän hiilen hajoamisnopeutta. Typen talteenotto suoritettava jo massan kuivauksessa. Poltossa orgaaniset yhdisteet hajoavat ja fosfori jää tuhkaan	Kaupallisia sekä kehitteillä olevia tekniikoita erityisesti märkien massojen prosessointiin
Kemialliset tekniikat			
	Erilaisia tekniikoita, joista osassa tavoitteena biomassan kunnostus ja sen käsiteltävyyden lisääminen	Osassa menetelmistä on tavoitteena epäorgaaninen ravintetuote, jonka ominaisuudet ovat lähellä mineraalilannoitteita	Kaupallisia sekä kehitteillä olevia tekniikoita

Biomassoja prosessoitaessa erilaisia tekniikoita voidaan myös yhdistää käsittelyketjuiksi. Esimerkiksi separoidut jakeet voidaan ohjata soveltuviin jatkokäsittelyihin, joilla pyritään jatkojalostamaan tuotteita. Prosessointitekniikan ja käsittelyketjujen valinta on kuitenkin aina tapauskohtaista. Esimerkiksi jotkin suuret biokaasulaitokset separoivat mädätteen ja jatkojalostavat etenkin nestejakeesta väkevempiä ravintetuotteita. Vastaavasti mädätteestä separoitujen kuivajakeiden jalostamiseen haetaan ratkaisuja pyrolyysitekniologiasta. Pitkälle jalostettuja prosessointien lopputuotteita voidaan maata-

louden lisäksi ohjata myös esimerkiksi teollisuuteen (ravinnetuotteet ja kemikaalit, kuten ammoniumsulfaatti tai fosforihappo).

Muita mahdollisuuksia ravinteiden kierrätykseen ja biomassojen prosessointiin ovat erilaiset integraatiot muihin toimintoihin, kuten esimerkiksi mikrolevien tuotantoon tai kalankasvatukseen, jotka voivat hyödyntää biomassojen prosessoinnin tuotteena syntyviä nestemäisiä ravinneliuoksia. Näin ollen biomassojen ravinteita voidaan johtaa ruoantuotantoon useita eri reittejä pitkin, ja erilaiset symbioosit nähdään tärkeänä osana ravinnekierrätyksen tulevaisuutta.

5.4. Biomassojen prosessoinnin ja hyötykäytön nykytila

Biomassojen prosessointiaste vaihtelee suuresti jakeittain (taulukko 6). Lanta hyödynnetään pääasiassa maataloudessa sellaisenaan. Ylijäämänurmia ei käytännössä prosessoida lainkaan. Yhdyskunnissa ja teollisuudessa muodostuvat jätteet ja lietteet pääsääntöisesti prosessoidaan eri menetelmin, mutta sen ensisijainen tavoite ei läheskään aina ole ravinteiden kierrätys ja talteenotto. Prosessoinnissa ravinteita voidaan tarkoituksellisesti myös hukata tai niiden käytettävyys prosessoinnin jälkeen ei ole optimaalinen. Prosessointitekniikan valinnalla voidaankin vaikuttaa merkittävästi ravinnepäätösten ominaisuuksiin ja hyödynnettävyyteen, jos niihin halutaan tai veloitetaan panostamaan. Taulukossa 6 käytetyt tietolähteet ja laskentaperusteet on esitetty tarkemmin liitteessä 1.

Taulukko 6. Biomassojen prosessoinnin nykytila Suomessa. Tiedot perustuen taulukon 2 biomassojen kokonaismääriin sekä prosessointitietoihin vuosilta 2013-2017, ks. alaviitteet.

Käsittely, % biomassan kokonaismäärästä	Separointi	Kompostointi ¹	Mädätys	Poltto	Etanolin tuotanto	Suora maatalouskäyttö	Rehukäyttö	Muu ²
Lannat ⁴	0,6	3,3	1,1	0,16	-	95	-	0,02
Ylijäämänurmet ⁵	-	-	-	-	-	100	-	-
Puhdistamolietteet asutuksesta ja teollisuudesta ⁶	- ³	40	51	-	-	-	-	9
Biojätteet ⁷ asutuksesta palveluista ja teollisuudesta	- ³	30	19	-	1	-	-	50
Elintarviketeollisuuden sivuvirrat ⁸	- ³	7	4	6	7	47	16	12
Metsäteollisuuden lietteet ⁹	- ³	32	-	66	-	-	-	2

¹Kompostointiin sisältyy myös käyttö maarakentamisessa.

²Muu-luokkaan sisältyy mm. lantojen kuivaus, loppusijoitus kaatopaikoille, muut käsittelytekniikat (mm. lietteille Kemicond ja kalkkistabilointi) sekä ne biomassat, joiden käsittelyä ei pystytty jättämään VAHTI-tietojärjestelmästä.

³Separointi on lähes aina osana esimerkiksi puhdistamolietteen käsittelyä ja biomassojen mädätystä.

⁴Kotieläintilojen lantojen prosessointi: Luken ja SYKEN lannankäsittelykyselyt vuodelta 2012, biokaasuyhdistyksen biokaasulaitoskartta vuodelta 2017, Eviran vuoden 2016 vuosi-ilmoitustiedot (Evira 2017a) sekä biokaasu- ja kompostointilaitosten ympäristöluvut. Turkis- ja siipikarjanlantojen keskitetty kompostointi toimijoilta vuodelta 2017. Hevostallien tiedot kompostoinnista vuodelta 2013 (Luostarinen ym. 2017b), poltosta vuodelta 2016 (Fortum Oyj:n tiedonanto).

⁵Ei tilastotietoa käsittelystä, pääsääntöisesti ei prosessoida, asiantuntija-arvio. Ravinteet palautuvat peltoon, mutta ei suunnitelmallista kierrätystä.

⁶VAHTI-tietojärjestelmän tiedot vuodelta 2014.

⁷Sisältää erilliskerätyn ja sekajätteeseen päätyvän biojätteen; asutuksen ja palveluiden biojätteiden prosessointi vuonna 2014 ja 2015 (Pirkkamaa 2014, Evira 2017a); teollisuuden biojätteiden prosessointi vuonna 2014 (VAHTI-tietojärjestelmä).

⁸Prosessointi vuonna 2014 (VAHTI-tietojärjestelmä).

⁹Metsäteollisuuden kuitu-, pasta-, puhdistamo- ja siiaustalienteiden prosessointi vuonna 2015 (Metsäteollisuus ry 2017).

Lannat ja ylijäämänurmet

Lannoista prosessointiin (esimerkiksi separointi, kompostointi tai mädätys) päätyy tällä hetkellä noin 5 %, ja loput hyödynnetään maataloudessa sellaisenaan (taulukko 6). Prosessoimattoman lannan fosfori on kasveille käyttökelpoisuudeltaan perinteisen epäorgaanisen lannoitefosforin veroista (Ylivainio ym. 2008, Ylivainio ym. 2017a käsikirjoitus, Ylivainio ym. 2017b) ja myös typen käyttökelpoi-

suus on hyvä. Myös nykyään yleisimmissä prosessoinneissa ravinteiden käyttökelpoisuus säilyy hyvänä. Prosessoitu lanta hyödynnetään pääosin maatalouden kasvintuotannossa, osan päätyessä viherakentamiseen ja puutarhoihin.

Ylijäämänurmia ei pääsääntöisesti prosessoida. Suojavyöhykenurmet korjataan ja palautetaan yleensä muille pelloille joko sellaisenaan tai aumamaisen kompostoinnin jälkeen. Kesanto- ja luonnonhoitopeltojen nurmet yleensä niitetään ja jätetään syntysijoilleen. Osa nurmista käytetään rehunä. Pääasiallinen syy nurmimassojen vähäiseen hyödyntämiseen on nurmien heikko rehulaatu ja/tai sijainti alueilla, joilla rehukäyttöön soveltuvaa kotieläintuotantoa on vähän. Nurmia ei myöskään tällä hetkellä juuri prosessoida lannoitevalmisteiksi, koska toiminnan taloudellinen kannattavuus on heikko.

Puhdistamolietteet

Puhdistamolietteistä valtaosa käsitellään mädättämällä tai kompostoimalla tai näiden prosessien yhdistelmällä erilaisiksi lannoitevalmisteiksi (taulukko 6). Biokaasulaitosten määrä ja sen myötä lietteiden käsittely mädättämällä on lisääntynyt taulukon 6 tietojen keruun jälkeen, mikä on samalla laskenut kompostoinnin osuutta. Kuivattuja jätevesilietteitä käsitellään myös kemiallisesti Kemicond-käsittelyn avulla ja esimerkiksi sakokaivolietteiden käsittelyssä haja-asutusalueilla käytetään kalkkistabilointia. Osalla biokaasulaitoksista mädätettä jatkojalostetaan erilaisilla tekniikoilla, kuten separointi, strippaus tai haihdutus. Tällöin sama biomassa käy läpi usean eri käsittelyprosessin. Eri biomassoja myös käsitellään keskitetyissä laitoksissa usein yhdessä, jolloin tuotetut ravinnepitoiset jakeet sisältävät ravinteita useista eri biomassoista.

Puhdistamolietteiden hyödyntämisen yhtenä haasteena on kemiallisesti saostetun fosforin heikko käyttökelpoisuus kasveille (Ylivainio ym, 2017b, Ylivainio ym. 2017c, käsikirjoitus). Suomessa yleisin menetelmä fosforin poistamiseksi jätevedestä on rinnakkaissaostus, jossa fosfori sidotaan rautasuolalla niukkaliukoiseksi yhdisteeksi ja erotetaan jätevedestä yhdessä lietteen kanssa. Typpeä lietteet sisältävät melko vähän, koska nykyään jäteveden typenpoistoon yleisesti käytettävässä nitrifikaatio-denitrifikaatioprosessissa typpi haihtuu ilmakehään. Jäljelle jäävä typpi on pääosin orgaanista typpeä, joka on muututtava joko prosessoinnissa tai maaperässä ammoniumtypeksi tai nitraatiksi, jotta kasvit voivat sitä hyödyntää. Lietteiden prosessointimenetelmistä mädätys muuttaa jonkin verran orgaanista typpeä ammoniumtypeksi.

Toinen lietteiden hyödyntämistä vaikeuttava tekijä on niiden sisältämät haitalliset aineet. Lietteiden raskasmetallipitoisuudet ovat viime vuosina laskeneet ja ovat pääsääntöisesti alle kansallisten raja-arvojen (Olofsson ym. 2012, Ympäristöministeriö 2014, Sarvi ym. 2017). Orgaanisia haitta-aineita ja lääkeaineita esiintyy pieninä pitoisuuksina niin puhdistamolietteissä, biojätteissä kuin eläinten lannassa (Fjäder 2016, Marttinen ym. 2014, Vieno 2015, BONUS PROMISE-hanke³). Niistä esimerkiksi biokaasulaitoksissa tuotettujen lannoitevalmisteiden mukana pelloille päätyvä haitta-ainekuormitus on monien yhdisteiden osalta samaa suuruusluokkaa kuin ilmalaskeuman mukana tuleva, mutta myös suurempia kuormituksia voi yhdisteestä riippuen esiintyä (Marttinen ym. 2014). Orgaanisten haitta-aineiden pitoisuuksille ei tällä hetkellä ole asetettu raja-arvoja Suomen lainsäädännössä. Patogeenien, lääkeaineiden, myrkyllisten yhdisteiden sekä mikrobien antibiooteille resistenttien kantojen esiintymistä ja pienten pitoisuuksien aiheuttaman altistuksen merkitystä arvioidaan parhaillaan sekä lanta- että puhdistamolieteperäisissä tuotteissa (NAMI-hanke⁴, BONUS PROMISE-hanke). Erilaiset prosessointimenetelmät, äärimmäisenä esimerkkinä polttaminen, voivat vähentää haitta-aineiden pitoisuuksia.

³ Phosphorus Recycling of Mixed Substances (BONUS PROMISE) 2014-2017. Toteuttajat Luke, Julius-Kühn Institut (JKI), National Veterinary Institute (SVA) ja Outotec GmbH & Co. KG

⁴ Mikrobilääkeresistenssi ja -jäämät nautatiloilla – vaikutukset ympäristöön ja terveyteen -hanke 2015-2017. Toteuttajat Evira, Luke ja SYKE

Puhdistamolietepohjaisten lannoitevalmisteiden loppukäytöstä ei ole tilastoinnin puutteellisuuden vuoksi täsmällistä tietoa. Eniten lietepohjaisia tuotteita on kuitenkin 2000-luvulla hyödynnetty viherrakentamisessa (Ympäristöministeriö 2014). Tilastokeskuksen (2017) mukaan maataloudessa hyödynnettiin puhdistamolietepohjaisia lannoitevalmisteita v. 2014 arviolta vain noin 3 %, mutta määrä on ollut viime vuosina kasvussa (Evara 2017a). Raportin kirjoittamisen aikaan puhdistamolietepohjaisten lannoitevalmisteiden käyttö maataloudessa oli taas vähentymässä joidenkin elintarvikeyritysten kieltäytyttyä ostamasta niiden avulla viljeltyä viljaa. Taustalla on huoli lietetuotteiden mukana peltoon päätyvien haitallisten aineiden mahdollisista riskeistä ja siitä aiheutuva maineriski, minkä takia ulkomaiset viljan ostajat ovat asettaneet rajoituksia puhdistamolietteen käytölle.

Biojäte

Erilliskerätystä biojätteestä valtaosa käsitellään mädättämällä tai kompostoimalla tai näiden prosessien yhdistelmillä (taulukko 6). Taulukon 6 tietojen keruun (vuosien 2014 ja 2015) jälkeen kompostoinnin osuus on laskenut ja mädätyksen osuus vastaavasti noussut uusien biojätettä käsittelevien mädätyslaitosten myötä. Kokonaisuudessaan erilliskerätystä biojätteestä kierrätettiin Tilastokeskuksen (2016) mukaan 93,6 % materiaalina, 5,7 % käytettiin energiana ja 0,7 % loppusijoitettiin kaatopaikoille vuonna 2015. Taulukossa 6 tarkasteltu biojäte sisältää erilliskerätyn biojätteen lisäksi biojätteen, joka päättyi vuosina 2014 ja 2015 sekajätteen mukana pääosin kaatopaikoille ja polttolaitoksiin. Vuonna 2016 voimaan tulleet asetukset kieltävät nykyisin orgaanisen ja biohajoavan jätteen sijoittamisen kaatopaikoille, mikä osaltaan on lisännyt sekajätteen vaihtoehtoisten käsittelytapojen käyttöönottoa ja sekajätteen sisältämän biojätteen prosessointia muilla tavoin. Jätelaitosyhdistyksen (2017) mukaan kotitalouksien sekajätteestä noin 33 % on biojätettä, joka voidaan erotella sekajätteestä mekaanisesti, mutta jae ei epäpuhtauksien vuoksi kelpaa sellaisenaan lannoitevalmisteiden raaka-aineeksi biokaasu- tai kompostointilaitoksissa (Salmenperä ym. 2016).

Elintarviketeollisuuden sivuvirrat

Elintarviketeollisuudessa muodostuu niin eläin- kuin kasviperäisiä sivuvirtoja, joita voidaan hyödyntää joko sellaisenaan laitoksen omissa tai muiden toimijoiden prosesseissa. Tässä raportissa tarkastellut massat ovat jätteenä raportoituja sivuvirtoja, joita hyödynnetään esimerkiksi rehuteollisuudessa tai maatalouskäytössä lannoitteena, tai niitä prosessoidaan energian tai ravinteiden ja orgaanisen aineksen tuottamiseksi.

Elintarviketeollisuuden sivuvirrat jakaantuvat erilaisiin käsittely- ja loppukäyttökohteisiin sivuvirtojen monimuotoisuuden vuoksi. Kuitenkin lähes 50 % tässä raportissa tarkastelluista sivuvirroista päättyi vuonna 2014 sellaisenaan maatalouteen (taulukko 6). Sellaisenaan maatalouteen päätyvät biomassat koostuivat suurimmaksi osaksi perunatärkkelyksen tuotannon sivutuotteena muodostuvasta solunesteestä, ja mukana oli myös pieniä määriä rehua sekä jätevedenpuhdistuksen lietteitä. Tilanne on muuttunut merkittävästi tarkasteluvuoden jälkeen solunesteen prosessointilaitosten käyttöönoton myötä.

Rehukäyttöön päättyy noin 16 % elintarviketeollisuuden jätteeksi luokitelluista sivuvirroista, kuten teuras- ja vihannesjätteistä. Rehukäytön kautta näiden biomassojen ravinteet päätyvät lopulta pääosin kotieläinten lantaan ja uudelleen kiertoon. Evaran tietojen mukaan näitä sivuvirtoja päättyy rehuteollisuuteen sekä kotimaassa että ulkomailla. Eläinperäisiä massoja jalostetaan tuotanto- ja lemmikkieläinten ravinnoksi ja vihannesjätteet pääosin tuotantoeläinten rehun raaka-aineeksi (Evara 2017b). Maatalouteen ja viherrakentamiseen näitä sivuvirtoja päättyy myös kompostoinnin, mädätyksen ja etanolintuotannon kautta, ja Elintarviketeollisuusliiton arvion mukaan sivuvirtojen mädätys on yhä lisääntymässä (Berg 2016). Kaatopaikoille elintarviketeollisuuden sivuvirtoja päättyy hyvin vähän, ja taulukon 6 sivuvirtojen 'Muu'-luokka käsittääkin lähinnä materiaalihyödyntämisen muilla tavoin tai jätevesien toimituksen jätevedenpuhdistamolle.

Metsäteollisuuden lietteet

Metsäteollisuuden lietteiden (sis. kuitu-, pasta-, puhdistamo- ja siistauslietteet) merkittävimmät käsittelymenetelmät ovat tällä hetkellä poltto ja kompostointi (taulukko 6). Energiantuotantoon massa- ja paperiteollisuudessa päätyy myös muita jakeita kuin lietteitä. Polton tuhista yhteensä noin 20 % päätyy lannoitekäyttöön. Taulukon 6 kompostoitaviin massoihin laskettiin tässä selvityksessä mukaan lannoitevalmisteiksi ja maanparannusaineiksi päätyvät massat, joiden käsittelytekniikka todennäköisesti on kompostointi tai vanhentaminen. Jakeittain tarkasteltuna lannoitevalmisteiksi päätyi metsäteollisuuden puhdistamolietteistä 10 % ja kuitu- ja pastalietteistä 4 %. Maarakentamiseen, esim. tierakenteisiin, päätyi puhdistamolietteistä 15 %, kuitu- ja pastalietteistä lähes 60 %, ja siistauslietteistä noin 50 %. Raportin kirjoittamisen aikaan Äänekoskelle valmistuvan biotuotetehtaan yhteyteen on rakentumassa biokaasulaitos, joka tulee jatkossa lisäämään metsäteollisuuden lietteiden (etenkin puhdistamojen biolietteet) prosessointia mädätyksen avulla.

5.5. Kierrätysravinteita sisältävät lannoitevalmisteet

Biomassojen prosessoinnista ja jatkojalostuksesta syntyvien tuotteiden on täytettävä lannoitevalmistelainsäädännön vaatimukset, jotta niitä voidaan markkinoida ja käyttää lannoitevalmisteina. Lannoitevalmisteet ovat joukko erityyppisiä tuotteita, jotka on tarkoitettu edistämään kasvien kasvua, parantamaan sadon laatua tai parantamaan maan tai kasvualustan fysikaalista tai biologista tilaa (www.evira.fi). Ne voivat sisältää sekä kierrätysravinteita että perinteisiä epäorgaanisia lannoitteita sekä muita ainesosia. Prosessoimatonta kotieläinten lantaa ei luokitella lannoitevalmisteeksi eikä lannoitelainsäädäntö säätele sen käyttöä.

Taulukossa 7 on esitetty kierrätysravinteita sisältävien lannoitevalmisteiden käyttömäärät ja käytön jakautuminen eri toimialoille Suomessa 2015. Lannoitevalmisteiden luokittelu perustuu kansalliseen tyyppinimiluetteloon (Evira 2016). Taulukon 7 perusteella ei voida kuitenkaan mielekkäästi vertailla eri tyyppinimiin kuuluvien lannoitevalmisteiden merkitystä ravinnelähteenä, koska massamäärät eivät kerro valmisteiden ravinnesisältöä.

Eri toimialoilla käytetään erityyppisiä kierrätysravinteita sisältäviä lannoitevalmisteita (taulukko 7). Suurin osa orgaanisista lannoitteista (93 %), orgaanisista kivennäislannoitteista (80 %) ja maanparannusaineista (64 %) käytetään maataloudessa. Lähes pelkästään maataloudessa hyödynnetään maanparannusaineista mädätysjäännös ja käytetyt kasvualustat elintarviketeollisuudesta (käytetyt sienimöalustat ja turvekasvualustat), samoin kuin elintarviketeollisuudesta peräisin olevat, orgaanisina lannoitteina sellaisenaan käytettävät sivutuotteet (melassiuute, vinassi ja vinassiuute, perunan soluneste). Rejektivedestä 60 % hyödynnetään maataloudessa. Viherrakentamiseen taas päätyy suurin osa katemateriaalista (65 %) ja kasvualustoista (98 %). Terminologian suhteen on syytä huomioda, että esim. biokaasulaitoksilla muodostuvista mädätysjäännöksistä vain osa kuuluu tyyppinimen mädätysjäännös alle. Koska tyyppinimi määräytyy koko käsittelyketjun ja lopullisen tuotteen mukaan, kuuluvat pidemmälle prosessoidut mädätysjäännökset muihin tyyppinimiin.

Metsäteollisuuden tuhista taulukkoon 7 sisältyvät lannoitevalmistelain (MMM 539/2006) mukaisten toiminnanharjoittajien ilmoittamat tuhkamäärät. Määrään sisältyy taulukon 6 lietteenpolton tuhkien lisäksi myös muita tuhkia. Muiden toimijoiden esim. maarakentamiseen toimittamat tuhkamäärät eivät ole mukana taulukossa. Tuhkalannoitteista suurin osa hyödynnetään metsätaloudessa (37 %) maatalouskäytön ollessa huomattavasti vähäisempää (19 %). Tuhkalannoitteista 11 % jatkojalostetaan.

Lannoitevalmisteiksi luokiteltuja tuotteita päätyy myös muuhun kuin lannoitevalmistekäyttöön. Toimijoiden raportoinnin mukaan muuhun käyttöön päätyy erityisesti kuitulietettä (72 %), rejektivetä (40 %) ja tuhkalannoitteita (31 %).

Taulukko 7. Kierrätysravinteita sisältävien lannoitevalmisteiden käyttö Suomessa 2015 (Evira 2017c). Perinteisiä epäorgaanisia lannoitteita käytettiin 590 000 t/v.

Lannoitevalmiste (tyyppinimi)	Kokonaiskäyttömäärä ¹ (t/v)	Kierrätysravinteita sisältävien lannoitevalmisteiden käyttömäärä (t/v)	Kierrätysravinteita sisältävien lannoitevalmisteiden käyttö ²				
			Maa-talous (%) ³	Metsä-talous (%)	Viherrakentaminen (%) ⁴	Jatkojalostus (%) ⁵	Muu kuin lannoitevalmistekäyttö (%) ⁶
Tuhalannoitteet	150 000	150 000	19	37	3	11	31
Orgaaniset lannoitteet yht.	149 000	149 000	93	-	-	-	7
<i>Orgaanisina lannoitteina sellaisenaan käytettävät sivutuotteet (elintarviketeollisuudesta)⁷</i>	119 000	119 000	100	-	-	-	-
<i>Rejktivesi</i>	24 500	24 500	60	-	-	-	40
<i>Muut</i>	6 020	5 970	98	-	-	-	-
Orgaaniset kivennäis-lannoitteet	1 360	1 360	80	-	19	-	-
Maanparannus-aineet yht.	875 000	872 000	64	-	7	20	9
<i>Mädätysjäännös</i>	425 000	425 000	94	-	-	6	-
<i>Kompostit</i>	300 000	300 000	25	-	18	41	15
<i>Kuituliete</i>	37 000	37 000	18	-	2	8	72
<i>Katemateriaali</i>	11 400	11 400	24	-	65	12	-
<i>Käytetyt kasvualustat elintarviketeollisuudesta⁸</i>	6 840	6 840	99	-	1	-	-
<i>Muut</i>	94 700	91 400	76	-	1	21	2
Kasvualustat yht.⁹	1 370 000	705 000	2	-	98	-	-
<i>Juuresmulta</i>	13 000	13 000	37	-	58	-	5
<i>Muut</i>	1 360 000	692 000	1	-	99	-	-

¹Sisältää tuonnin.²Tässä olevien käyttökohteiden lisäksi lannoitevalmisteita käytetään pakattuihin kasvualustoihin sekä ruukku- ja parvekekasvien lannoitukseen. Lisäksi niitä menee vientiin.³Maatalouskäyttö sisältää pelto- ja puutarhakäytön sekä ammatillisen kasvihuonekäytön.⁴Viherrakentamiseen sisältyvät myös golfkentät ja muut nurmikentät.⁵Jatkojalostus tarkoittaa esim. tuhkan toimitusta rakeistukseen tai mädätejäännöksen toimittamista kompostointiin.⁶Lannoitevalmiste on hyödynnetty muussa kuin lannoitevalmistekäytössä, esim. maarakentamisessa.⁷Sisältää tyyppinimet 1B41 Melassiuute, 1B42 Vinassi ja vinassiuute ja 1B43 Perunan soluneste.⁸Sisältää tyyppinimet 3A55 Käytetty sienimöalusta ja 3A56 Käytetty turvekasvualusta⁹Kierrätysravinteita sisältäviin kasvualustoihin on otettu mukaan ne, joissa on mahdollista käyttää kompostia yhtenä raaka-aineena.

6. Biomassojen prosessointitarpeen arviointi

Sipilän hallitusohjelmassa esitettiin tavoite saattaa 50 % puhdistamolietteistä ja lannoista kehittyneen prosessoinnin piiriin vuoteen 2025 mennessä vesistöjen kannalta herkillä alueilla. Mikäli kehittyneellä prosessoinnilla tarkoitetaan menetelmiä, joissa ravinteiden tehokas kierrätys on huomioitu, voidaan todeta nykytilan olevan kaukana tavoitteesta.

Lanta

Tuotantoeläinten lantojen prosessointia voidaan lisätä, sillä vasta 5 % lannoista on prosessoinnin piirissä. Lannan prosessointi ei kuitenkaan ole itseisarvo lantaravinteiden kierrättämiseksi, sillä riippuen paikallisesta tilanteesta lanta on usein mahdollista hyödyntää tehokkaasti myös sellaisenaan tilatason lannankäsittelyä optimoimalla. Hallitusohjelman tavoite 50 % vuoteen 2025 mennessä ei siten ole välttämättä tarpeen saavuttaa kaikkialla.

Lannan kehittyneen prosessoinnin minimitarvetta fosforille on mahdollista arvioida karkeasti kappaleessa 4.2 esitettyjen lukujen perusteella. Jos ELY-keskuksen tasolla syntyy lantafosforia ylimäärin kasvien tarpeeseen verrattuna, se todennäköisesti myös tarkoittaa, että vähintäänkin tämä ylimäärälanta olisi prosessoitava muotoon, joka on mahdollista kuljettaa ulos kyseisen ELY:n alueelta. Näin arvioiden kirjoitushetkellä vähintäänkin 20 % koko Suomessa syntyvästä lantafosforin määrästä tulisi prosessoida kehittyneillä, kuljettamista helpottavilla menetelmillä. Suurin tarve prosessoinnille on Pohjanmaalla (58 % alueella syntyvästä lantafosforista), Etelä-Pohjanmaalla (30 %), Satakunnassa (27 %) ja Varsinais-Suomessa (13 %). Näillä alueilla tilakohtaiset prosessoinnin ratkaisut eivät välttämättä enää edistä merkittävästi ravinnekiertoja, vaan alueella olisi tilausta keskitetyimmälle lannan prosessoinnille ja siihen liittyville urakointipalveluille. Prosessoinnin kannattavuuden parantamiseksi kierrätyslannoitemarkkinoiden kehittymisen tukeminen mm. lainsäädännöllisiä esteitä purkamalla on tarpeen.

Varsinkin typen osalta ravinteiden kiertoa ja hyödyntämistä voidaan tehostaa myös paikallisesti vähentämällä typen hävikkiä perinteisessä lannankäsittelyssä. Tunnettuja tyyppiä säästäviä menetelmiä ovat mm. tehostettu lannanpoisto, lantaloiden kattaminen sekä levitys vain ennen kylvöä tai kasvukaudella sijoittavin ja multaavin menetelmin. Lisäksi yhteistyö kotieläin- ja kasvitilojen välillä lannan jakamiseksi laajemmalle alueelle ja pois korkean fosforitilan lohkoilta on mahdollista silloin, kun se on molemmille osapuolille taloudellisesti kannattavaa.

Lannan prosessoinnin tavoitteissa on huomioitava lannankäsittelyn tarpeiden eroavaisuudet tiloittain ja alueittain. Vaikka alue olisi tunnistettu ravinneylijäämäiseksi (taulukko 4), siellä voi sijaita lukuisia kotieläintiloja, joilla ei ole haasteita lannan hyödyntämisessä. Oma peltopinta-ala ja toimintatapa tukevat oman lannan hyödyntämistä sellaisenaan. Toisaalta myös sellaisilla alueilla, joilla ravinneylijäämää ei esiinny koko alueen tasolla, voi sijaita maatiloja, jotka tarvitsevat joko prosessointia tai lannan luovuttamista sen kestäväen käytön varmistamiseksi. Lannan prosessointia voidaan tehdä ravinneylijäämän kuljettamisen lisäksi myös muista syistä, kuten tilan tai tilakeskittymän energia- ja ravinneomavaraisuuden lisäämiseksi. Tavoite ei tällöin ole päästä ravinteista eroon, vaan tehostaa niiden hyödyntämistä perinteiseen lannankäsittelyyn verrattuna.

Puhdistamoliete

Jäteveden ravinteiden hyödyntämistä voidaan tehostaa, sillä vain noin 3 % lietteiden ravinteista palautuu kasvintuotantoon. Vaikka kaikki puhdistamolietteet prosessoidaan, ei menetelmiä ole suunniteltu ravinteiden kierrättämisen näkökulmasta. Hallitusohjelmassa puhdistamolietteilte asetetun prosessointitavoitteen sijaan voisi olla parempi muotoilla tavoite koskemaan jäteveden ravinteiden hyödyntämistä, jota voidaan tehostaa joko jäteveden puhdistusprosessiin tai muodostuvan lietteen käsittelyyn kohdistuvilla prosessimuutoksilla.

Jätevedenkäsittelyssä kehittynyt prosessointi voi tarkoittaa esim. fosforin poistoa menetelmillä, joissa sen käyttökelpoisuus kasveille säilyy hyvänä ja ravinteiden talteenottoa menetelmin, joissa

ravinnevirrat pysyvät erillään lietteistä. Puhdistamolietteen kehittynyt prosessointi edellyttää joko kokonaan uusien tekniikoiden käyttöönottoa tai nykyisten käsittelyjen laajentamista jälkikäsitteilyillä, joissa ravinteita fraktioidaan ja konsentroidaan helpommin kuljetettaviksi lannoitevalmisteiksi.

On myös arvioitava, miten puhdistamolietteiden ravinteet voidaan hyödyntää, jos niiden vastaanottaminen voi vaarantaa viljeltävien tuotteiden imagon ja vaikeuttaa markkinointia. Yksi vaihtoehto on jätevesilietteen polttaminen, jolloin orgaaniset haitta-aineet häviävät ja fosfori voidaan hyödyntää tuhkasta. Esimerkiksi Saksa etenee polttoratkaisuun, ja eripituisten siirtymäaikojen jälkeen suurimpien asutuskeskusten lietteet on poltettava ja tuhka hyödynnettävä lannoitteena tai varastoitava tulevaa käyttöä varten. Suomessa muutamat toimijat selvittävät parhaillaan mahdollisuutta käsitellä jätevesilietteen mädätysjännös hyödyntäen pyrolyysiteknologiaa (Rasa ym. 2015).

Kehittyneiden prosessointimenetelmien käyttöä jäteveden ja puhdistamolietteiden käsittelyssä on rajoittanut niistä aiheutuvat kustannukset. Muutamilla jätevedenpuhdistamoilla ja lietettä prosessoivilla laitoksilla on parhaillaan käynnissä tutkimus- ja kehityshankkeita, joissa kehitetään prosessointia ravinteiden kierrätyksen edistämiseksi. Hallitusohjelman puhdistamolietteiin liittyvän tavoitteen saavuttaminen edellyttää prosessien kehittämistä, kokeiluja ja uusien menetelmien käyttöönottoa. Lisäksi on tarpeen luoda yhteistyössä eri toimijoiden kanssa kansalliset suuntaviivat puhdistamolietteen ravinteiden kierrätyksen ratkaisusta.

Muut biomassat

Hallitusohjelma asettaa erillistavoitteet ainoastaan kotieläinten lannan ja puhdistamolietteen prosessoinnille, mutta myös muiden biomassojen ravinteiden hyödyntämistä voidaan tehostaa.

Suojavyöhykkeiden, luonnonhoitopeltojen ja kesantojen nurmimassojen vuosittainen fosforisältö on samaa luokkaa ja typpisisältö yli kaksinkertainen verrattuna yhdyskuntien puhdistamolietteiin. Vain pieni osa näistä ravinteista on suunnitelmallisen ravinteiden kierrätyksen piirissä. Nurmien prosessointi lannoitevalmisteiksi voisi mahdollistaa ravinteiden siirtämisen esimerkiksi vesistöjen suojavyöhykkeiltä käytettäväksi alueilla, joilla ravinteille on tarvetta. Tämä edellyttäisi kustannustehokkaiden korjuu- ja hyödyntämisketjujen kehittämistä. Nurmimassoja voisi potentiaalisesti olla käytettävissä myös rehu- ja rehutuotannon ylijäämästä, nurmien tehostetusta viljelystä ja viljantuotannon viljelykiertoista.

Yhdyskuntien biojätteiden ravinteiden hyötykäyttöä voitaisiin edistää tehostamalla biojätteen erilliskeräystä ja prosessoimalla biojäte niin, että tuotteet ovat ravinnekierrätykseen sopivia. Biokaasu- ja kompostilaitoksissa tulisi huolehtia siitä, ettei erityyppisten biomassojen sekoittaminen vaikeuta tuotettujen lannoitevalmisteiden käyttöä.

Elintarviketeollisuuden sivuvirtoja hyödynnetään mm. eläinten rehun raaka-aineena, mikä on jätehierarkiassa korkeammalla kuin kierrätys lannoitevalmisteiksi. Siten näiden sivuvirtojen rehukäyttöä tulee edelleen edistää. Tärkkelysperunan valmistuksen sivutuotteena muodostuvan solunesteen prosessointi erilaisiksi tuotteiksi on jo käynnistynyt vähentäen merkittävästi sellaisenaan maatalouskäyttöön päätyvien jakeiden määrää. Biokaasu- ja kompostointilaitoksissa käsiteltävien jakeiden osalta pätee sama, mitä edellä todettiin biojätteistä.

Metsäteollisuuden lietteiden ja muiden jakeiden fosforia päätyy erityisesti metsätalouteen tuhkalannoitteina ja pieniä määriä muun tyyppisinä lannoitevalmisteina. Merkittävä osa lietteistä menee käyttötarkoituksiin, joissa ravinteita ei hyödynnetä, kuten maarakentamiseen. Metsäteollisuuden lietteiden, erityisesti kuitulietteiden ja puhdistamojen biolietteiden, prosessointia kehittämällä voidaan siten edistää niiden ravinteiden kiertoa. Samalla on mahdollista hyödyntää materiaalien sisältämä orgaaninen aines ja kuitu maanparannusaineena.

7. Ohjaukeinoet

7.1. Tavoite ja menetelmät

Selvityksen yhtenä tehtävänä oli laatia katsaus käytössä oleviin ravinnekierrätyksen ohjaukeinoihin ja arvioida niiden toimivuutta sekä tunnistaa politiikkatoimien kehittämistarpeita. Työssä kartoitettiin myös mahdollisia uusia politiikkatoimia.

Työn ensimmäisessä vaiheessa toteutettiin kirjallisuusselvitys, jonka avulla kartoitettiin nykyisiä ohjaukeinoja ja tunnistettiin mahdollisia uusia toimia. Ohjaukeinoakoostetta täydennettiin hanke-ryhmässä asiantuntijapalautteen avulla. Liitteen 3 taulukot esittelevät tämän työn tiivistettynä.

Ohjaukeinojen toimivuutta ja vaikutuksia arvioitiin vastaavalla tavalla: ensin kirjallisuudessa esitettyjen huomioiden kautta ja tämän jälkeen asiantuntija-arvioihin pohjautuen. Jälkimmäisiä kerättiin ennen kaikkea 3.4.2017 järjestetyssä 27 hengen työpajassa sekä 18.4.2017 pidetyssä suppeammassa asiantuntijatapaamisessa, jossa käsiteltiin ohjaukeinojen kehittämistarpeita ja ympäristövaikutuksia.

7.2. Ohjaukeinojen luokittelu

Ohjaukeinojen tyypittelyn tapoja on useita (Similä 2007). Tässä selvityksessä hyödynnetään perusjakoja normeihin perustuvien keinojen ja taloudellisen ohjauksen välillä. Tarkastelu nojaa evaluointitutkimuksen sekä talous- ja oikeustieteiden tarjoamiin käsitteellisiin apuvälineisiin. Näiden alojen kirjallisuus muistuttaa siitä, että ohjaukeinoet (*policy instruments*) eivät toimi tai saa aikaan vaikutuksia deterministisesti. Toisin sanoen esimerkiksi säädöksen vaikutukset eivät riipu vain siitä, miten se on muotoiltu ja mitä siinä vaaditaan. Sen sijaan soveltamiskäytännöillä on suuri merkitys ohjauksen toimivuudelle. Ohjaukeinoet eivät toimi toisistaan irrallaan. Vaikutusten kannalta oleellista on se, millainen ”policymix” eri toimista rakentuu. Liian monen irrallisen ohjaukeinoen seurauksena syntyy helposti ”policy mess”, jonka läpinäkyvyys on heikko ja joka voi sisältää päällekkäisiä ja jopa ristiriitaisia määräyksiä tai kannustimia.

Ohjaukeinoilla on sekä tavoiteltuja vaikutuksia että mahdollisesti myönteisiä ja/tai kielteisiä sivuvaikutuksia. Parhaimmillaan arviointi on laaja-alaista niin, että ohjausta tarkastellaan suhteessa useisiin arviointikriteereihin, joita tyypillisesti ovat esimerkiksi ohjauksen johdonmukaisuus, selkeys, ennakoitavuus ja läpinäkyvyys; vaikuttavuus suhteessa eri politiikkatavoitteisiin; vaikutusten kohdentuminen eri ryhmiin ja toimijoihin; dynaaminen tehokkuus eli kannustavuus innovaatioihin ja elinkeinotoiminnan uusiutumiseen; vaikutukset valtiontalouteen sekä toiminnanharjoittajille ja hallinnolle ohjauksesta koitua sääntelytaakka. Tässä selvityksessä nämä kriteerit ohjasivat tarkastelua, mutta koska arviointi perustui olemassa olevan tiedon syntetisointiin, kaikki eri kriteerit kattavaa jäsenystä ei ollut mahdollista tuottaa.

Julkisessa keskustelussa relevanteiksi ohjaukeinoiksi mielletään helposti ne keinot, jotka on varata vasten luotu edistämään kyseistä tavoitetta. On kuitenkin tärkeää muistaa, että ohjaukokonaisuutta tulee tarkastella myös huomioiden tavoitteen saavuttamista mahdollisesti haittaavat tekijät. Liitteen 3 taulukoissa on pyritty tunnistamaan tällaisia ohjauksen luomia mahdollisia pullonkaula-asetelmia.

7.3. Ravinteiden kierrätyksen ohjaukeinoet

7.3.1. Ravinteiden käytön ohjaus maataloudessa

Selvityksessä laadittu ohjaukeinoetarkastelu (liite 3) painottuu vahvasti maataloussektorille. Painotus johtuu yhtäältä siitä, että maatilat ovat ravinnekierrätyksen avaintoimijoita (ks. raportin alkupään taulukot ravinnevirroista), koska kotieläintuotannon lantaa ravinteineen tarvitaan nurmen, viljan ja

erikoiskasvien tuotannossa. Toisaalta maatalouden ohjauskeinojen painottuminen tässä selvityksessä heijastaa ko. sektorin vahvasti säädeltyä luonnetta. Julkinen valta ohjaa ravinnekierätyksen edellytyksiä ennen kaikkea maataloustuotannon sääntelyn kautta. Muihin sektoreihin tai toimintoihin kohdentuvalla ohjauksella on huomattavasti pienempi rooli⁵.

Tarkastelu osoitti, että ravinteiden käyttöä maataloudessa sääntelevästä ohjauksesta on kehittynyt epäyhtenäinen ja jäsentymätön kokonaisuus. Tämä ohjaus aiheuttaa huomattavaa sääntelytaakkaa, mutta sen merkitys kestävästä ravinnekierätyksen edistäjänä vaikuttaa heikolta. Suurelta osin havaitut ongelmat palautuvat säästöjen ja tukiehtojen sisältöön sekä eri ohjauskeinojen mutkikkaisiin suhteisiin. Lannoitusta ohjataan usean eri ohjauskeinoon palapelillä, mikä tekee kokonaisuuden ja eri keinojen välisten suhteiden hahmottamisesta vaikeaa. Palapelissä on myös turhia paloja: esimerkiksi lannoitevalmistelainsäädännössä annettu fosforilannoitusrajoite on niin korkea, että se yleensä jää vaille käytännön merkitystä (MMM 24/11, 11§).

Ympäristökorvausjärjestelmän tukiehdot asettavat tiukimmat rajoitteet lannan ja lannoitteiden käytölle. Järjestelmä pyrkii siten kannustamaan siihen, että lantaa hyödynnetään kestävästi lannoitteena. Nykyisessä järjestelmässä lannankäytön kannusteet ovat kuitenkin aiempaa pienempiä, eikä tuki välttämättä riitä korvaamaan ravinnekierätyksestä ja tukibyrokraatiasta koituvia kuluja. Ympäristökorvausjärjestelmän merkitys ravinnekierätyksen ohjauksessa onkin heikentynyt viime vuosina etenkin siksi, että järjestelmään on sitoutunut hieman aiempaa vähemmän tiloja. Sitoutumisaste on alhaisin suurten sika- ja siipikarjatilojen kohdalla (Kauppila ym. 2017 käsikirjoitus). Tilakoon kasvaessa ja kotieläintuotannon keskittymisen lisääntyessä sitoutumisaste voi edelleen laskea. Järjestelmän ulkopuolelle jäävillä tiloilla lannan ja lannoitteiden käyttöä ohjataan vain lannoitevalmistesäätöasetuksen ja nitraattiasetuksen kautta. Asiantuntijapalautteessa ympäristökorvausjärjestelmää arvosteltiin myös siitä, että se tukee laimeiden ravinnetuotteiden kierrätystä eikä siten kannusta innovaatioihin ja investointeihin, joiden avulla kierrätystä voitaisiin tehostaa ja sen maantieteellistä sädettä laajentaa. Järjestelmään kirjatut poikkeukset myös mahdollistavat kasvien tarpeen ylittävän fosforilannoituksen.

Joskus ohjauksen heikko vaikuttavuus – etenkin rinnastettuna sen aiheuttamaan sääntelytaakkaan – paljastuu vasta, kun huomio kiinnitetään siihen, miten ohjausmekanismit kääntyvät käytännöiksi ja toimintatavoiksi. Ympäristönsuojelulain mukaiseen eläinsuojien lupajärjestelmään sisältyy velvoite lannanlevityssuunnitelman laatimisesta. Suunnitelman tarkoitus on edesauttaa tilalla syntyvän lannan hyödyntämistä kestävästi siten, että lanta levitetään peltojen ja niillä viljeltävien kasvien ravinnetarpeen mukaan. Asiantuntijahaastattelujen ja aiemman tutkimuksen perusteella suunnitelma kuitenkin suuntaa ravinteiden levitystä vain vähän tai tekee sen tavalla, joka ei välttämättä edistä kestävästä kierrätyksestä. Varsinkin eläintuotannon keskittymisessä Varsinais-Suomessa ja Pohjanmaalla lantaa päätyy valmiiksi ravinnerikkaille pelloille laadituista lannanlevityssuunnitelmista huolimatta. Lannanlevityssuunnitelman ohjausvaikutus ei ehkä ole täysin olematon, mutta se on vaatimaton verrattuna suunnitelman laatimisesta viljelijälle ja viranomaisille aiheutuviin sääntelykustannuksiin.

Asiantuntijapalautteessa yleiseksi ravinnekierätyksen ohjauksen ongelmaksi nostettiin myös valvontaan liittyvät puutteet. Maaperän sisältämien ravinteiden määrän sekä ravinteiden käytön seuranta perustuu työläisiin näytteenotto- ja kirjanpitoikäntöihin. Tietoperustan laadunvarmistukseen ja luotettavuuteen ei kuitenkaan ole panostettu. Ongelmana on myös se, että syntyvää tietoa hyödynnetään vain rajallisesti tai ei ollenkaan ravinnekierätyksen ohjauksessa.

⁵ Kotieläinten tuottaman lannan käsittelyn lisäksi teollisuuden ja yhdyskuntien orgaanisten sivutuotteiden ja jätteen käyttö biokaasutuotannossa ja mädätysjäätännöksen käsittely on ravinnekierätyksen edistämisen ytimessä. Toimialan yleisten kehittymisedellytysten lisäksi tärkeää on kiinnittää huomio eri syötteiden hyödyntämiseen ja ravinnejakeiden prosessointitratkaisuihin. Tässä työssä biokaasutuotannon sääntelyä ja tukimuotoja käsitellään vain mädätysjäätännösten hyödyntämisen näkökulmasta.

7.3.2. Innovaatiopolitiikka ja kierrätysravinnemarkkinoiden edellytysten luominen

Ravinteiden käytölle asetetut rajoitukset voivat toimiessaan taata sen, että uusiokäytön yhteydessä on aina perusteltua puhua kierrätyksestä esimerkiksi loppusijoituksen sijaan. Veloitteet ovat myös innovaatiopolitiikan väline. Systeemitason muutoksia, kuten siirtymää perinteisten epäorgaanisten lannoitteiden käytöstä kierrätyslannoitteiden käyttöön, tuskin tapahtuu ilman niitä. Esimerkiksi lannan levitykselle asetetut rajoitukset ja veloitteet voivat kannustaa sellaisiin innovaatioihin ja investointeihin, joiden avulla materiaalien kuljetettavuus ja ravinnesuhteet paranevat.

Rajoitukset ja kiellot eivät kuitenkaan voi yksin toimia muutoksen ajureina. Uusien teknologioiden ja käytäntöjen kehittyminen ja vakiintuminen vaativat kepin lisäksi porkkanaa. Maaseudun kehittämissuunnitelmaan sisältyvät investointituet ovat välineitä, joilla elinkeinotoiminnan uudistumista pyritään edistämään. Tukien merkitystä ravinnekierrätyksen edistämiseksi voidaan tarkastella suhteessa siihen, miten tukia on myönnetty eri tarkoituksiin ja miten tuet ovat muuttaneet toimintaa tiloilla. Näitä tietoja oli selvityksen tarpeisiin niukasti saatavilla. Investointien tekemisen houkuttelevuus riippuu tilojen kannattavuudesta ja tulevaisuuden näkymistä, joten tukien hyödyntäminen vaihtelee tuotantosuuntien välillä. Toisaalta asiantuntijahaastattelussa nousi esiin myös aktiivisen tukineuvonnan ja -fasilitoinnin tarve.

Kuluvalla hallituskaudella ravinnekierrätysteknologioiden ja liiketoimintakonseptien kehittämistä ja kokeiluja tuetaan osana ”biotalous ja puhtaat ratkaisut” -kärkihanketta 30 miljoonalla eurolla. Tämän ja aiemmin myönnetyn rahoituksen vaikuttavuutta on vaikeaa arvioida. Jo käytetyn rahoituksen merkityksestä ja kokeilujen opetuksista ei ole systemaattista seurantatietoa.

Ravinnekierrätys voi perustua maatilojen keskinäiseen yhteistyöhön tai esimerkiksi biokaasu-, kompostointi- tai teollisuusyritysten ja maatilojen verkostoitumiseen. Tärkeitä välittäjiä ja toiminnan koordinaattoreita ovat urakoitsijat, jotka huolehtivat massojen kuljetuksesta ja levityksestä sekä joskus myös prosessoinnista. Ravinnekierrätysyrittäjyyden syntymistä voidaan tukea esimerkiksi investointituin, mutta myös alan koulutusta lisäämällä. Samalla on tärkeää pitää huolta siitä, että maatilat voivat luottaa kierrätystuotteisiin ja saamiinsa lannoituspalveluihin.

Toimivat kierrätysravinteiden markkinat voisivat myös tehokkaasti edistää tuotannon ja kysynnän kohtaamista. EU:ssa uudistettavana oleva lannoitelainsäädäntö kehittää lannoitevalmisteiden luokittelua markkinatuotteiden kehittämisen perustaksi sekä asettaa vaatimuksia tuotteiden toimivuudelle ja turvallisuudelle sekä tuotannossa sallituille raaka-aineille. Lainsäädäntöuudistus luo edellytykset EU:n laajuisten kierrätysravinnemarkkinoiden syntymiselle. Tämä tarkoittaa sitä, että samalla kun kotimaisten tuotteiden vientimahdollisuudet lisääntyvät, voi kierrätysravinteiden tuonti kasvaa huomattavasti.

Selvityksen yhteydessä toteutettu kirjallisuuskatsaus osoitti, että keskustelu toimista, joilla kierrätyslannoitemarkkinoiden syntymistä voidaan edistää, on suhteellisen vilkasta. Monista ohjauksenoista on parhaillaan käynnissä erillisselvityksiä (ks. liite 3).

8. Suositukset

Toteutetaan ravinteiden käytön ohjauskeinojen kokonaisuudistus

Ravinnekierrätyksen tehokas edistäminen edellyttää, että selvityksessä havaitut ongelmat ratkaistaan. Tämä tarkoittaa mittavaa ohjauskokonaisuuden remonttia. Nykymuodossaan ravinteiden käyttöä koskeva ohjaus aiheuttaa huomattavaa sääntelytaakkaa sekä toiminnanharjoittajille että hallinnolle. Tämä taakka on korkea etenkin suhteessa ohjauksella saavutettavaan ravinnekierrätyksen ja ympäristönsuojelun hyötyihin. Epätasapaino koskee myös ympäristökorvausjärjestelmää, jota on pidetty ravinnekierrätyksen edistämisen keskeisenä ohjauskeinona. Järjestelmän merkitys on kuitenkin heikentynyt tukimäärien vähenemisen ja järjestelmään sitoutumisen alenemisen myötä.

Ajankohta ohjauskokonaisuuden uudistamiselle on otollinen. Ympäristökorvausjärjestelmän uuden ohjelmakauden valmistelu on parhaillaan käynnissä. Lisäksi ympäristönsuojelulain mukaista eläinsuojien lupajärjestelmän uudistusta valmistellaan ns. sujuvoittamistyöryhmässä. EU:n kiertotalouspaketin käsittelyn yhteydessä keskusteluun on nostettu myös mahdollinen nitraattiasetuksen tarkistamisen tarve. Eri prosesseja hyödyntävä kokonaisuudistus voi auttaa tuottamaan lopputuloksen, joka tukee ravinnekierrätystä kestäväällä tavalla. Säädosmuutosten ajalliseen synkronointiin liittyvät ongelmat eivät kuitenkaan saa olla uudistamistyön este. Jos muutoksia ei kyetä tekemään samanaikaisesti, tulisi uudistamista edistää säädös kerrallaan.

1. Luodaan yleinen kaikkea viljelyä/lannoittamista koskeva säädös, joka huomioi sekä peltolohkokohtaiset erot kasvien ravinnetarpeissa että vesienhoidon tavoitteet. Luovutaan ympäristökorvausjärjestelmän kautta tapahtuvasta nykyisenkaltaisesta ravinteiden käytön ohjauksesta. Luonteva kehittämiskohde on nitraattiasetus, josta voisi kehittyä selkeä ja kaikkea ravinteiden käyttöä koskeva säädös. Uudistus parantaisi normiohjauksen ennakoitavuutta ja vapauttasi ympäristökorvausjärjestelmän varoja uusiin toimenpiteisiin sekä ennakoisi tilannetta, jossa järjestelmään sitoutuminen edelleen vähenee. Koko ohjausjärjestelmän tavoitteeksi tulee asettaa lannalla ja lantaperäisillä lannoitustuotteilla lannoitetun peltoalaosuuden kasvattaminen ja perinteisten epäorgaanisten lannoitteiden käytön vähentäminen.

2. Eläinsuojan ympäristöluvan roolia ja suhdetta yleiseen normiohjaukseen selkeytetään. Tärkeää on pohtia sitä, onko nykyisen kaltaisella lannanlevityssuunnitelmalla aitoa toimintaa ohjaavaa roolia, ja voidaanko lannan lannoitekäytön ohjaaminen jättää kokonaan edellisessä kohdassa mainitun säädöksen varaan. Eläinsuojan ympäristölupajärjestelmää voidaan kehittää esimerkiksi viranomaisten käyttöön tekeillä olevan Ravinlaskurin⁶ avulla. Laskurilla on mahdollista tarkistaa, mahtuuko alueelle lisää ravinteita vai ei. Mikäli ei, ympäristöluvassa tuottajalta voidaan edellyttää ratkaisuja lannan prosessoimiseksi tai ravinteiden kuljettamiseksi ylijäämäalueelta pois.

3. Ohjauksen kehittämisen tueksi luodaan peltojen lohkoittainen ravinnetietokanta viranomaisten- ja tutkijakäyttöön. Toteutetaan se alueellisten kokeilujen kautta. Tavoitteena on mm. peltojen fosforitilan todentaminen ja seuraaminen. Lantaa ja muita lannoitteita voidaan peltojen ravinnetietoon perustuen käyttää kestävästi kasvien tarpeen mukaan. Järjestelmä tehostaisi ohjauskeinojen valvontaa, sujuvoittaisi lupaprosesseja, mahdollistaisi ohjausjärjestelmän toimivuuden arvioinnin sekä parantaisi ohjauksen läpinäkyvyyttä ja vaikuttavuutta. Uusi järjestelmä ei välttämättä aiheuttaisi lisää sääntelykustannuksia nykyiseen verrattuna, koska näytteitä on tähän mennessä otettu ympäristökorvausjärjestelmän velvoittamana. Ehdotuksella ei ole suoraa vaikutusta ravinnekuormituksen kehitykseen, mutta se on kaiken muun ohjauksen toimivuuden edellytys. Tietokanta voi vaikuttaa myös itsenäisesti tiedollisena ohjauksena.

⁶ Ravinlaskuri - Alueellisen ravinnekierron suunnittelun työkalu -hanke, 2016-2018. Toteuttajat Luke ja SYKE.

Muut ehdotukset ohjauskeinojen kehittämiseksi

4. Kokeilurahoituksen tavoitteita ja kohdentamista kehitetään. Rahoitettavien hankkeiden tulee perustua selkeästi osoitettuihin ja hyvin perusteltuihin kokeilu- tai koeasetelmiin. Kokeiluista saatavia kokemuksia ja oppeja kerätään systemaattisesti. Rahoitusmekanismien vaikuttavuutta arvioidaan säännöllisesti ja niiden sisältöä kehitetään saatujen tulosten pohjalta.

5. Investointitukia kohdennetaan ravinnerierrätystä edistäviin ratkaisuihin nykyistä vahvemmin huomioiden alueelliset erot. Valtion, kuntien ja maakuntien investoinnit ja hankinnat voivat myös epäsuorasti tukea ravinnerierrätystä.

6. Julkisen ja yksityisen sektorin kumppanuuksiin perustuvaa tutkimusta lisätään tukemaan kilpailukykyisten kierrätysravinteiden kehittämistä ja laadunarviointia. Maatalous-, elintarvike- ja pannotuotannossa toimivat suuret yritykset ovat avainasemassa uusien ratkaisujen käyttöönotossa.

7. Suomi jatkaa aktiivista osallistumista EU:n lannoitelainsäädännön uudistamiseen ja huolehtii kansallisen lainsäädännön toimivuudesta ravinnerierrätyksen toimialalla huomioiden yhteisöläinsäädännön vaatimukset.

8. Markkinoiden toimivuutta, yrittäjyyttä ja kierrätysravinteiden turvallista käyttöä tuetaan laatu- ja järjestelmien ja standardien kehittämisellä sekä alan toimijoille suunnattavalla koulutuksella.

Ehdotukset tietopohjan ja tavoiteasetannan kehittämiseksi

9. Luodaan kattava tietojärjestelmä ravinnerikkaiden biomassojen ja tuhkan syntypaikoista, määristä, ominaisuuksista, prosessoinnista ja loppukäytöstä. Varmistetaan ympäristöhallinnon ja Eviran tietojen keruun yhteensopivuus. Huolehditaan tietojen jäljitettävyydestä.

10. Päivitetään eri kasvien fosfori- ja typpilannoitus suositukset uusimpia tutkimustuloksia vastaaviksi.

11. Laaditaan aluekohtaiset tuotantoeläinten lantojen prosessointitavoitteet hyödyntäen viranomaiskäyttöön valmisteilla oleva Ravinlaskuri-työkalua.

Viitteet

- Apila Group 2013. Metsäteollisuuden ravinteet - Metsäteollisuuden sivutuotteiden hyödyntäminen lannoitevalmisteina. Joensuu 2013. Apila Group Oy Ab.
- Berg, J. 2016. ETL:n jäte- ja sivuvirtaselvitys 2016. Elintarviketeollisuusliitto ETL.
http://www.etl.fi/media/aineistot/raportit-ja-katsaukset/etl-jate_ja_sivuvirtaselvitys_2016.pdf.
- Biokaasulaskuri 2014. http://portal.mtt.fi/portal/pls/portal/gas_mtt.gas_mtt_laskuri.
- Euroopan komissio 2014. Report on critical raw materials for the EU, 2014. Report of the Ad hoc Working Group on defining critical raw materials, May 2014. Ares(2015)1819503 - 29/04/2015.
- Evira 2016. Eviran määräys kansallisesta lannoitevalmisteiden tyyppinimiluettelosta. 1/2016. 18.3.2016. 38 s. https://www.evira.fi/globalassets/kasvit/tuonti-ja-vientilannoitevalmisteet/tyyppinimiluettelo_konsolidoitu_31_3_2016.pdf. (Viitattu 13.4.2017)
- Evira 2017a. Tiedonanto toiminnanharjoittajien vuosi-ilmoitustiedoista vuodelta 2016.
- Evira 2017b. Tiedonanto rehuaineiden valmistuksesta vuodelta 2015.
- Evira 2017c. Tiedonanto lannoitevalmisteiden valmistuksesta ja käytöstä vuosi-ilmoitustietojen perusteella vuodelta 2015.
- Fjäder, P. 2016. Yhdyskuntajätevesilietteiden maatalouskäytön ja viherrakentamisen riskit. RUSSOA I-III Loppuraportti. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 43/2016. 65 s.
- Fosforilaskuri. <https://portal.mtt.fi/portal/page/portal/kasper/pelto/peltopalvelut/fosforilaskuri>.
- Hallitusohjelma 2015. Ratkaisujen Suomi, Pääministeri Juha Sipilän hallituksen strateginen ohjelma 29.5.2015. Hallituksen julkaisusarja 10/2015
http://valtioneuvosto.fi/documents/10184/1427398/Ratkaisujen+Suomi_FI_YHDISTETTY_netti.pdf/801f523e-5dfb-45a4-8b4b-5b5491d6cc82. (Viitattu 4.5.2017)
- Heikkinen J., Ketoja E., Nuutinen V. & Regina K. 2013. Declining trend of carbon in Finnish cropland soils in 1974-2009. Glob Chang Biol. 2013 May;19(5):1456-69. doi: 10.1111/gcb.12137. Epub 2013 Feb 11.
- Jätelaitosyhdistys 2017. Koostumustietopankki.
<http://vanha.jly.fi/jateh7.php?treeviewid=tree2&nodeid=7>.
- Kahiluoto, H. & Kuisma, M. (toim.) 2010. Elintarvikeketjun jätteet ja sivuvirrat energiaksi ja lannoitteeksi. JaloJäte -tutkimushankkeen synteesiraportti. MTT Kasvu 12. 118 s.
- Kangas, A. & Salo, T. 2010. Viherrakentamisen ympäristövaikutukset-Envirogreen. Suomen ympäristökeskus ja Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus. 72 s.
- Kauppila, J. ym. 2017. Muuttuva kotieläintalous ja vesistökuormituksen sääntely. Käsikirjoitus.
- Lemola, R., Uusitalo, R., Sarvi, M., Ylivainio, K. & Turtola, E. 2013. Plant requirement and zero balance: soil P development under two P input scenarios in Finland: Baltic forum for innovative technologies for sustainable manure management: knowledge report. 17 s.
- Luke 2016. Typpi- ja fosforitase. <http://stat.luke.fi/indikaattori/typpi-ja-fosforitase>.
- Luostarinen, S., Grönroos, J., Hellstedt, M, Nousiainen, J. & Munther, J. 2017a. Finnish normative manure system - system documentation and first results. Käsikirjoitus.
- Luostarinen, S., Grönroos, J. & Saastamoinen, M. 2017b. Hevosenlannan käsittely Suomessa: Tulokset lannankäsittelykyselystä talleille. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 8/2017. Luonnonvarakeskus, Helsinki. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-326-360-4>.
- Marttinen, S., Suominen, K. Lehto, M., Jalava, T. & Tampio, E. 2014. Haitallisten orgaanisten yhdisteiden ja lääkeaineiden esiintyminen biokaasulaitosten käsittelyjäänöksissä sekä niiden elintarvikeketjuun aiheuttaman vaaran arviointi. BIOSAFE-hankkeen loppuraportti. MTT Raportti 135. MTT, Jokioinen. 87 s.
- Metsäteollisuus ry 2017. Tiedonanto sivuvirroista ja lietteistä vuonna 2015.
- MMMa 24/11. Maa- ja metsätalousministeriön asetus lannoitevalmisteista.
- MMM 539/2006 Lannoitevalmistelaki.
- Niemeläinen, O., Hyvönen, T., Jauhiainen, L., Lötjönen, T., Virkkunen, E. & Uusi-Kämpä, J. 2014. Hoidettu viljelemätön pelto biokaasuksi - biomassan yhteensopivuus syötteenä ja korjuun vaikutukset tukiohjelmien muiden tavoitteiden saavuttamisesta. HVP biokaasuksi, Loppuraportti. 31 s.
- Olofsson, U., Bignert, A. & Haglund, P. 2012. Time-trends of metals and organic contaminants in sewage sludge. Water Research 46: 4841-4851.
- Pirkkamaa, J. 2014. Orgaanisen jätteen keräys ja käsittely Suomessa. Biolaitosyhdistyksen jäsenyrityksen kierrätöksen toteuttajina. Biolaitosyhdistys 2014. <http://www.biolaitosyhdistys.fi/14>.

- Putkuri, E., Lindholm, M. & Peltonen, A. 2013. Ympäristön tila Suomessa 2013. SYKE:n julkaisuja I. Suomen Ympäristökeskus. 112 s.
- Rasa, K., Ylivainio, K., Saija, R., Eskola, A., Uusitalo, R. & Tiilikkala, K. 2015. Jätevesilietteen pyrolyysi -laboratorio- ja pilot-mittakaavan kokeita. Luonnonvarakeskus. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 21, 1-25.
- Rasi, S., Lehtonen, E., Aro-Heinilä, E., Höhn, J., Ojanen, H., Havukainen, J., Uusitalo, V., Manninen, K., Heino, E., Teerijoki, N., Anderson, R., Pyykkönen, V., Ahonen, S., Marttinen, S., Pitkänen, S., Hellstedt, M. & Rintala, J. 2012. From waste to traffic fuel -projects. Final report. MTT Raportti 50. 73 s.
- Salmenperä, H., Sahimaa, O., Kautto, P., Vahvelainen, S., Wahlström, M., Bachér, J., Dahlbo, H., Espo, J., Haavisto, T. & Laine-Ylijoki, J. 2016. Kohdennetut keinot kierrätyksen kasvuun. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 53/2016. 56 s.
- Sarvi, M., Ylivainio, K. & Turtola, E. 2017. Report on compliance of recycled product with present EU fertilizer regulations. BONUS PROMISE deliverable 3.3. 11 s.
- Similä, J. 2007. Regulating Industrial Pollution. The Case of Finland. Helsingin yliopiston oikeustieteellisen tiedekunnan julkaisut. Helsinki.
- SVT 2017a. Kotieläinten lukumäärä. Suomen virallinen tilasto. Luonnonvarakeskus, Helsinki. <http://stat.luke.fi/kotielainten-lukumaara>.
- SVT 2017b. Käytössä oleva maatalousmaa. Suomen virallinen tilasto. Luonnonvarakeskus, Helsinki. http://stat.luke.fi/k%C3%A4yt%C3%B6ss%C3%A4-oleva-maatalousmaa-2016_fi-1.
- Tampio, E., Salo, T. & Rintala, J. 2016. Agronomic characteristics of five different urban waste digestates. *Journal of Environmental Management* 169, 293-302.
- Tilastokeskus 2016. Suomen virallinen tilasto (SVT): Jätetilasto [verkojulkaisu]. ISSN=1798-3339. 2015, Liitetaulukko 1. Yhdyskuntajätteet 2015, tonnia. Helsinki: Tilastokeskus [viitattu: 4.4.2017]. Saantitapa: http://www.stat.fi/til/jate/2015/jate_2015_2016-12-20_tau_001_fi.html.
- Tilastokeskus 2017. Tiedonanto Yhdyskuntien jätevedenpuhdistamolietteen määrästä 1997-2014.
- Valkama, E., Uusitalo, R., Ylivainio, K., Virkajärvi, P. & Turtola, E., 2009. Phosphorus fertilization: A meta-analysis of 80 years of research in Finland. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 130: 75-85.
- Valkama, E., Uusitalo, R. & Turtola, E., 2011. Yield response models to phosphorus application: a research synthesis of Finnish field trials to optimize fertilizer P use of cereals. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 91: 1-15.
- Valkama, E., Salo, T., Esala, M., Turtola, E. 2013. Nitrogen balances and yields of spring cereals as affected by nitrogen fertilization in northern conditions: A meta-analysis. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 164: 1– 13.
- Valkama, E., Virkajärvi, P., Uusitalo, R., Ylivainio, K. & Turtola, E. 2016a. Meta-analysis of grass ley response to phosphorus fertilization in Finland. *Grass and Forage Science* 71: 36-53.
- Valkama, E., Rankinen, K., Virkajärvi, P., Salo, T., Kapuinen, P. & Turtola, E. 2016b. Nitrogen fertilization of grass leys: Yield production and risk of N leaching. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 230: 341-352.
- Vielma, J. 2017. Luonnonvarakeskus. Suullinen tiedonanto. 6.2.2017.
- Vieno, N. 2015. Haitta-aineet puhdistamo- ja hajalietteisissä. *Julkaisu 73/2015*. Vantaanjoen ja Helsingin seudun vesiensuojeluyhdistys ry. 122 s.
- VNa 1250/2014. Valtioneuvoston asetus eräiden maa- ja puutarhataloudesta peräisin olevien päästöjen rajoittamisesta.
- Ylivainio, K., Jauhiainen, L., Uusitalo, R. & Turtola, E. 2017a. Waterlogging severely retards P use efficiency of spring barley (*Hordeum vulgare*). *Käsikirjoitus*.
- Ylivainio, K., Lehti, A., Sarvi, M. & Turtola, E. 2017b. Report on P availability according to Hedley fractionation and DGT-method. BONUS PROMISE deliverable 3.4.
- Ylivainio, K., Lehti, A., Turtola, E. 2017c. Phosphorus bioavailability in manures and sewage sludges with correlation to different STP methods. *Käsikirjoitus*.
- Ylivainio, K., Sarvi, M., Lemola, R., Uusitalo, R. & Turtola, E. 2014. Regional P stocks in soil and in animal manure as compared to P requirement of plants in Finland: Baltic Forum for Innovative Technologies for Sustainable Manure Management. WP4 Standardisation of manure types with focus on phosphorus. MTT Report 124. 35 s.
- Ylivainio, K., Uusitalo, R. & Turtola, E., 2008. Meat bone meal and fox manure as P sources for ryegrass (*Lolium multiflorum*) grown on a limed soil. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 81:267-278.
- Ympäristöministeriö 2014. Valtakunnallisen jätesuunnitelman seuranta, 2. väliraportti. Valtakunnallisen jätesuunnitelman seurannan indikaattorit. YMra 6/2014. 34 s.

Laskentaperusteet

Luku 4. Fosforin ja typen käyttö eri toimialoilla

Taulukossa 1 esitetyt arviot perustuvat pääosin lannoitevalmistelain (MMM 539/2006) 11 §:n mukaan ilmoitusvelvollisten toiminnanharjoittajien Eviralle vuodelta 2016 antamiin tietoihin sekä tuotteiden tuoteselosteisiin. Epäorgaanisten lannoitteiden määrä sisältää sekä kotimaan käyttöön valmistetut tuotteet että tuonnin.

Lannan määrän ja ravinteiden arvioinnissa käytetyt tietolähteet on esitetty taulukon 2 yhteydessä. Tiedot on koostettu vuosien 2014-2016 lähteistä. Luku kuvaa tiloilla muodostuvan lannan määrää. Käytännössä pieni osa lantaa prosessoidaan orgaanisiksi lannoitevalmisteiksi ja on siten mukana myös kierrätysravinteita sisältävien lannoitevalmisteiden määrissä.

Maatalouden kierrätysravinteita sisältävissä lannoitevalmisteissa on huomioitu maanparannusaineiden, orgaanisten lannoitteiden ja tuhkalannoitteiden ilmoitetut määrät pelto- ja puutarhakäytössä. Metsätalouden kierrätysravinteita sisältävät lannoitevalmisteet ovat lähinnä tuhkalannoitteita. Jatkojalostukseen menneitä tuhkia ei ole otettu huomioon. Viherrakentamisen osalta on huomioitu maanparannusaineiden ja orgaanisten lannoitteiden viherrakentamiseen ja jatkojalostukseen ilmoitetut määrät. Aiemmin Kangas ja Salo (2010) ovat arvioineet pelkästään jätevesilietteestä peräisin olevan fosforin ja typen määräksi viherrakentamisessa 1500 ja 2600 t vuodessa. Näihin lukuihin verrattuna tässä raportissa esitetyt määrät ovat alhaisia, ja sisältävät myös jätevesilietteen lisäksi muita raaka-aineita.

Kalankasvatuksen osalta taulukossa 1 esitetyt fosforin ja typen määrät ovat asiantuntija-arvioita ja perustuvat tuotetun ruokakalan määrään ja rehujen ravinnesisältöön (Vielma 2017). Kierrätysravinteeksi on huomioitu suomalaisen kalajauhotehtaan tuottaman ns. Itämerirehun ravinteet. Tämä Suomen lähivesiltä pyydetystä kalasta valmistettu kalajauho korvaa osittain rehuissa aiemmin käytettyä kalajauhoa, joka oli peräisin valtameristä kalastetusta kalasta. Sen osuus Suomessa käytetyissä kalarehuissa on arvioitu markkinoilla toimivien yritysten tuotantotietojen perusteella (Vielma 2017).

Luku 5.1 Biomassojen ja niiden sisältämien ravinteiden määrät

Taulukoissa 2 ja 3 sekä kuvissa 2 ja 3 esitetyt tiedot perustuvat useisiin eri lähteisiin biomassasta riippuen. Lantatiedot perustuvat eläinmäärien avulla arvioituihin lantatietoihin. Kotieläinten (naudat, siat, siipikarja, vuohet ja lampaat) määrät perustuvat Luken kotieläintilastoihin vuodelta 2014 (SVT 2017a). Hevosten määrä vuonna 2014 perustuu Suomen Hippos ry:n tiedonantoon ja turkiseläinten määrä vuonna 2016 Suomen turkiseläinten kasvattajain liiton STKL ry:n tiedonantoon. Nautojen, sikojen, siipikarjan, hevosten ja vuohien lantamäärät ja ominaisuudet arvioitiin eläinmäärien ja Suomen Normilantajärjestelmän (Luostarinen ym. 2017a, käsikirjoitus) avulla. Lampaiden lantamäärät arvioitiin eläinmäärän sekä Nitraattiasetuksen vähimmäislantalatilavuuksien ja taulukkoarvojen avulla. Turkiseläinten lannan muodostuminen perustuu eläinmäärän lisäksi arvioon vähimmäislantalatilavuuksista ja Viljavuuspalvelun tilastoihin lannan ominaisuuksista vuosina 2005-2009.

Ylijäämänurmien (kesannot ja luonnonhoitopellot sekä suojavyöhykenurmet) määrät on arvioitu viljelyalojen sekä satotasojen avulla. Vuoden 2016 kesantojen, luonnonhoitopeltojen ja suojavyöhykenurmien viljelyalat saatiin käytössä olevan maatalousmaan tilastoista (SVT 2017b). Sato- ja ominaisuustiedot perustuvat HVP biokaasuksi -hankkeen tuloksiin (kuiva-ainesato 3000 kg/ha, kuivaainepitoisuus 37 %, ravinnepitoisuudet tuorepainossa 4,7 gN/kg, 1,7 gP/kg, 0,3 gNliukoinen/kg, Niemeläinen ym. 2014).

Yhdyskuntien ja teollisuuden kierrätettävien biomassojen osalta pääasiallisena tiedonlähteenä käytettiin ympäristöhallinnon valvonta- ja kuormitustietojärjestelmän (VAHTI) vuoden 2014 tietoja. Tiedonlähteenä käytettiin myös muita tutkimuksia ja tilastoja, mikäli VAHTI-tietojärjestelmästä näitä

tietoja ei ollut halutulla tarkkuudella ja luotettavuudella saatavissa. VAHTI-tietojärjestelmän tiedot perustuivat lähteviin massoihin eli ympäristölupavelvollisten toimijoiden raportoihin tuotannossa syntyviin biohajoaviin materiaaleihin. Luvuista puuttuvat kuntien luvittamien laitosten tiedot, koska ne eivät ole VAHTI-tietojärjestelmässä mukana. Lietteiden, jätteiden ja sivuvirtojen ravinnepitoisuudet perustuvat aiempiin tutkimuksiin ja asiantuntija-arvioihin massojen koostumuksesta (ks. taulukko 2).

Puhdistamolietteiden ja teollisuuden jätteiden ja sivuvirtojen määrät on koottu VAHTI-tietojärjestelmästä, jota on täydennetty lisäämällä tietoja havaittujen puuttuvien laitosten osalta (HSY:n ja Turun puhdistamoiden lietemäärät). Puhdistamolietteiin määriteltiin kuuluvaksi sekä käsitellyt tai käsittelemättömät asumisen ja teollisuuden lietteet (ml. sakokaivolietteet). Lietteiden kuiva-ainepitoisuus vaihtelee käsittelystä riippuen, ja VAHTI:n aineisto sisälsi sekä kuivaamattomia lietteitä (ka, 1-5 %) että kuivattuja ja prosessoituja lietteitä (ka 10-35 %). Puhdistamolietteiden kokonaismäärän arvioinnissa lietteiden määrä laskettiin mukaan siinä kuiva-ainepitoisuudessa, missä se oli ilmoitettu VAHTI-tietojärjestelmään. Mädätettyjen sekä kompostoitujen puhdistamolietteiden massa korjattiin vastaamaan käsittelyä edeltävää massaa, jolloin mädätettyjen lietteiden osalta alkuperäinen massa oletettiin 10 % ja kompostoitujen lietteiden osalta 30 % korkeammaksi. Ravinnemäärien arviointia varten lietteiden keskimääräiseksi kuiva-ainepitoisuudeksi oletettiin VAHTI-tietojärjestelmän ja kirjallisuuden perusteella noin 16 %. Arvioinnissa käytetyt puhdistamolietteiden ravinnepitoisuudet (tuorepainossa 5,6 gN/kg, 4,3 gP/kg, 1 gNliukoinen/kg) perustuvat aiempiin tutkimuksiin (Biokaasulaskuri 2014, Kahiluoto & Kuisma 2010, Rasi ym. 2012).

Asumisessa ja palveluissa syntyvän biojätteen määrä on arvioitu KEIKKA-hankkeessa määritellyn keskimääräisen asukaskohtaisen biojättemäärän (146,9 kg/a, Salmenperä ym. 2016) ja Tilastokeskuksen 31.12.2016 väkilukutiedon perusteella. Asukaskohtainen biojättemäärä sisältää erilliskerätyn biojätteen lisäksi myös arvion sekajätteen sisältämästä biojätteestä. Biojäte koostuu pääosin biohajoavasta ruokajätteestä, mutta ei sisällä esimerkiksi paperia tai pahvia. Teollisuuden tuottamat biojättemäärät, jotka päätyvät samaan käsittelyyn yhdyskuntien biojätteen kanssa kerättiin VAHTI-tietojärjestelmästä ja yhdistettiin asumisen ja palveluiden biojättemäärään. Tässä työssä käytetyt biojätteen ominaisuustiedot (kuiva-ainepitoisuus 30 %, ravinnepitoisuudet tuorepainossa 6,6 gN/kg, 0,9 gP/kg, 0,4 gNliukoinen/kg) perustuvat aiempiin tutkimuksiin yhdyskuntien biojätteen koostumuksesta (Biokaasulaskuri 2014, Kahiluoto & Kuisma 2010, Rasi ym. 2012, Tampio ym. 2016).

Elintarviketeollisuuden sivuvirrat koostuvat erilaisista elintarviketeollisuuden ja eläintuotannon lietteistä ja jätteistä, joiden tiedot on raportoitu VAHTI-tietojärjestelmään. VAHTI-järjestelmästä puuttuu paljon pieniä elintarvikealan yrityksiä, jotka eivät raportoi tietojaan järjestelmään. Erityisen huomattavan epävarmuuden aiheuttaa elintarviketeollisuuden sivuvirtojen laaja kirjo erilaiset ominaisuudet omaavia materiaaleja. Eri materiaalien kuiva-ainepitoisuus voi vaihdella välillä 2-100 % (VAHTI-tietojärjestelmä, Kahiluoto & Kuisma 2010), mikä asettaa erityisen haasteen sivuvirtojen kokonaismäärän ominaisuuksien arvioinnille. Tässä työssä käytetyt ravinnetiedot perustuvat aiemmissä tutkimuksissa käytettyihin keskimääräisiin elintarviketeollisuuden sivuvirtojen ominaisuuksiin (kuiva-ainepitoisuus 20 %, ravinnepitoisuudet tuorepainossa 8 gN/kg, 1,4 gP/kg, 3,2 gNliukoinen/kg) (Biokaasulaskuri 2014, Kahiluoto & Kuisma 2010, Rasi ym. 2012).

Tässä selvityksessä huomioituiden metsäteollisuuden sivuvirrat koostuvat metsäteollisuuden kuitu-, pasta-, puhdistamo- ja siistauslietteistä. Lietteiden määrät perustuvat Metsäteollisuus ry:n vuoden 2015 tietoihin, koska näiden sivuvirtojen osalta VAHTI-tietojärjestelmään ilmoitetut lietemäärät eivät olleet kattavat. Alueelliset tiedot kuvissa 2 ja 3 pohjautuvat kuitenkin VAHTI-tietojärjestelmään (tiedot vuodelta 2014), joka sisältää vain noin 60 % Metsäteollisuus ry:n ilmoittamasta lietteiden kokonaismäärästä. Myös metsäteollisuuden lietteiden ominaisuuksissa on hyvin paljon vaihtelua riippuen lietteen tyypistä. Tässä työssä käytetyt ominaisuustiedot perustuvat aiemmissä tutkimuksissa käytettyihin keskimääräisiin lietteiden ominaisuuksiin (kuiva-ainepitoisuus 25 %, ravinnepitoisuudet tuorepainossa 2 gN/kg, 0,4 gP/kg, 0,1 gNliukoinen/kg) (Apila Group 2013, Biokaasulaskuri 2014, Rasi ym. 2012).

Jäte- ja sivuvirtatietoja tarkasteltaessa on huomioitava, että esitetyt luvut ovat moniin lähtötietoihin liittyvistä epävarmuuksista johtuen suuntaa-antavia eivätkä välttämättä sisällä kaikkia mahdollisia kierrätettävissä olevia biomassajakeita. Eniten epävarmuutta on VAHTI-tietojärjestelmän tiedoissa, joka ei sisällä kuntien luvittamia ympäristölupavollisia laitoksia, jolloin varsinkin pienet toimijat puuttuvat. Kaikki suuretkaan laitokset eivät välttämättä ole mukana, mikäli laitoksen tietoja on ilmoitettu VAHTI-järjestelmän ulkopuolella muilla keinoilla. Ahvenanmaan jätetiedot eivät sisälly lainkaan VAHTI-tietojärjestelmään. Myös tietokantaan vietyjen tietojen pirstaleisuus ja heikko jäljitettävyyden on vaikeuttanut tiedon kokoamista. Lisäksi useiden jäte- ja sivuvirtajakeiden ominaisuuksista oli heikosti tietoa saatavilla.

Luku 5.4. Biomassojen prosessoinnin ja hyötykäytön nykytila

Biomassojen prosessointitiedot koostettiin yhdistelemällä saatavilla olevia VAHTI-tietojärjestelmän ja Eviran tietoja sekä aiempia raportteja ja kyselyjä eri biomassoja prosessoivien laitosten käsittelytekniikoista. Myös laitosten ympäristölupia käytettiin tiedonhaussa, niiltä osin kun tietoa ei ollut muualta saatavissa. Eri tekniikoilla prosessoitavien massojen määrä vaihtelee massojen saatavuuden ja esimerkiksi jätteen- ja lietteenkäsittelyyn liittyvien sopimusten myötä, mikä asettaa haasteensa massojen prosessoinnin nykytilan arviointiin.

Lantojen prosessoinnin nykytilaa selvitettiin Luken ja SYKEN toteuttamien lannankäsittelykyselyiden, biokaasulaitosten ympäristölupien ja Luken asiantuntijoiden avulla sekä eri toimijoihin suoraan yhteyttä ottaen. Kaikkien kotieläintilojen lannankäsittelykysely toteutettiin vuonna 2012, hevosten osalta vuonna 2014 (Luostarinen ym. 2017b). Hevosenlannan polton tieto on saatu tiedonantona Fortum Oyj:ltä. Turkiseläinten lannan keskitetyn kompostoinnin osuus arvioitiin vuodelle 2017, ja siipikarjanlannan keskitetyn kompostoinnin ja kuivauksen tilanne vuonna 2017 saatiin suoraan toimijoilta. Biokaasu- ja kompostointilaitoksissa käsiteltävät lannat arvioitiin Eviran vuoden 2016 vuosilmoitustietojen (Evira 2017a), Biokaasuyhdistyksen vuoden 2017 biokaasulaitoskartan sekä laitosten ympäristölupien perusteella. Ylijäämänurmien käsittelyn nykytila perustuu asiantuntija-arvioihin.

Puhdistamolietteiden, teollisuuden biojätteiden ja elintarviketeollisuuden sivuvirtojen käsittelyn nykytila perustuu VAHTI-tietojärjestelmän vuoden 2014 tietoihin. Asumisessa ja palveluissa syntyvien biojätteiden käsittely perustuu Biolaitosyhdistyksen arvioihin biojätteen käsittelystä (tiedot vuodelta 2013, Pirkkamaa 2014) sekä Eviran vuosi-ilmoitukseen vuodelta 2016 (Evira 2017a). Metsäteollisuuden lietteiden prosessointitiedot perustuvat Metsäteollisuus ry:n vuoden 2015 tietoihin (Metsäteollisuus ry 2017).

LIITE 2. Biomassojen prosessointitekniikat

Teknologia	Biomassa	Periaate	Ravinnesisältö (% prosessiin menevästä)			Teknologian erityispiirteet ja vaatimukset	Soveltuvuus		Teknologian kypsyyss	Mittakaava	Lähteet
			N	P	Org		Edut	Rajoitukset			
Erotustekniikat		Erotus kiinteään ja nestejakeeseen tai vedenerotus. Ravinnesuhteet muuttuvat käsittelyssä, mutta prosessointi ei merkittävästi vaikuta ravinteiden käyttökelpoisuuteen									
Laskeutus	Lannat, lietteet	Painovoimaan ja partikkelien tiheyteen perustuva erotus, jossa kiintoaine laskeutuu pohjaan ja neste kerätään pinnasta.	30-80	20-65	55	Lannoilla painovoimainen erottuminen lietesäiliöissä. Tehokkuus riippuvainen kappiteisuudesta ja apuaineiden käytöstä	Yksinkertainen ja edullinen. Soveltuu lietteille, joissa alhainen kappiteisuus	Erotusteho usein heikohko	Kaupallinen, jakeiden erottelussa kehittämistarpeita	Tila, laitos	¹
Seulaerottimet	Lietteet	Toiminta perustuu seulaan tai seulana toimivaan kankaaseen, joka erottaa kiintoaineen nesteestä.	30	35-40	50-55	Toimii parhaiten massoille joissa alhainen kappiteisuus		Tukkeutuminen	Kaupallinen	Tila, laitos	²
Suotonauha	Lietteet	kiintoaineen nesteestä. Erotus voi olla painovoimainen tai sitä voidaan tehostaa esim. puristamalla. Puristavilla erottimilla tehokkaampi kappiteuden erotus.	5-50	5-60	20-60	Prosessin tehostaminen apuaineilla		Ilman apuaineita erotusteho heikko	Kaupallinen	Tila, laitos	¹
Ruuvipuristin	Lannat	Erotus ruuvien avulla, joka työntää materiaalia kohti seulaan aiheuttaen painetta. Neste suotautuu seulan läpi ja kiintoaine erottuu.	5-35	5-45	25-50	Prosessin tehostaminen apuaineilla	Yksinkertainen ja melko edullinen	Heikohko fosforin erotus ilman apuaineita	Kaupallinen, yleisesti käytössä lietelannoilla	Tila, laitos	^{1,3,4}
Linkous (sentrifugointi)	Lannat, lietteet	Erotus perustuu pyörivän rummun aiheuttamaan keskipakovoimaan.	10-50	50-85	50-70	Tehokas massoille, joissa korkea kappiteisuus. Apuaineiden käyttö tehostamaan erottumista alhaisessa kappiteudessa	Tehokas fosforin ja kuiva-aineen erotus	Apuaineiden soveltuvuus lannoille, lisäävät massaa. Tutkimustarpeita apuaineiden vaikutuksesta maaperään.	Kaupallinen	Tila, laitos	^{1,2,4-6}
Kuivaus	Lietteet	Veden poistaminen massan kuumennuksessa. Kappiteisuus kuivatussa lietteessä prosessista riippuen jopa 100 %.	e.t.	>95	90	Typen haihtumisen vähentäminen pH:n laskulla. Mahdollisuus typen talteenottoon	Lisää käsiteltävyyttä (mm. hygienia) ja kuljetettavuutta. Mahdollistaa termisen käsittelyn/pelletöinnin kuivauksen jälkeen.	Typen haihtuminen, kuivauskaasujen ja kondenssiveden käsittelyn tarve	Kaupallinen	Laitos	⁷

Väkeviönti	Lannat, lietteet, jätteet	Veden haihuttaminen lämpötilaa nostamalla, jolloin jäljelle jää väkeviöntynyt nestejää (konsentraatti). Haihtunut vesi tiivistetään (kondensaatti) ja kerätään talteen.	80-99	85-100	>90	Typen haihtumisen estäminen pH:n laskulla	Ravinteiden tehokas konsentroidi ja vedenpoisto	Vaatii esikäsittelyn, pintojen likaantumisen	Kaupallinen	Laitos	8-10
Ultrasuodatus, mikro-suodatus	Lannat, lietteet, jätteet	Perustuu huokoisen puoliläpäisevän kalvon käyttöön erotustekijänä perustuen paine-, lämpötila-, konsentraatio- tai sähköpotentiaali eroihin. Käsiteltävä neste jakautuu kahteen osaan, kalvon tulopuolelle jäävään retentaattiin ja sen läpäisevään permeaattiin eli puhdistettuun/käsiteltyyn jakeeseen.	95-100	70-100	98-100	Huokoisen kalvon erotusalue 0.01-0.1 µm. Vaatii massan esikäsittelyn. Kalvon regenerointi.	Tarkka erottelu ja veden poisto	Tukkeumat	Kaupallinen tekniikka vedenpuhdistuksessa, kehitteillä lannoille	Laitos	8,11-13
Nanosuodatus, käänteis-osmoosi	Lannat, lietteet, jätteet	Perustuu huokoisen puoliläpäisevän kalvon käyttöön erotustekijänä perustuen paine-, lämpötila-, konsentraatio- tai sähköpotentiaali eroihin. Käsiteltävä neste jakautuu kahteen osaan, kalvon tulopuolelle jäävään retentaattiin ja sen läpäisevään permeaattiin eli puhdistettuun/käsiteltyyn jakeeseen.	95-100	70-100	98-100	Liukoisten yhdisteiden (esim. NH ₄ -N) erotus kiinteän kalvon läpi. Vaatii esikäsittelyn. Mahdollinen tarve pH:n laskuun ja lämpötilan nostoon. Kalvon regenerointi	Tarkka erottelu ja veden poisto	Tukkeumat, vaatii korkean paineen	Kaupallinen tekniikka vedenpuhdistuksessa, kehitteillä lannoille	Laitos	8,10,12,14,15
Elektrodialyyssi	Lannat, lietteet, jätteet	Positiivisten ja negatiivisesti varautuneiden molekyylien erotus ioninvaihtomembraanin lävitse sähkövirran avulla.	100	>90	0	Vaatii esikäsittelyn, soveltuu matalan ravinnekonsentraation omaaville liuksille	Tarkka erottelu ja veden poisto	Korkea energiankulutus, membraanin tukkeutuminen	Kehitys- ja demonstroitivaiheessa	Laitos	8,11,12
Membraanitilaus	Lannat, lietteet, jätteet	Haihtuvien yhdisteiden (esim. NH ₃) erotus neste-mäisestä lannasta (pH>9) huokoisen hydrofobisen membraanin läpi perustuen kaasun höyrypaineeroon.	>90 ^a	0	0	Vaatii esikäsittelyn. Mahdollinen tarve pH:n laskuun ja lämpötilan nostoon. Kalvon regenerointi	Tarkka erottelu ja veden poisto	Korkea energiankulutus, membraanin tukkeutuminen	Kehitysvaiheessa	Laitos	12,13
Suora osmoosi	Lannat, lietteet, jätteet	Osmoottiseen paineeseen ja puoliläpäisevään kalvoon perustuva erotus- ja väkeviöntimenetelmä.	50-80 ^a	90	e.t.	Vaatii esikäsittelyn. Soveltuu esim. struviittikiteytystä tehostamaan	Tarkka erottelu ja veden poisto. Vähemmän tukkeutumista verrattuna käänteisosmoosiin		Kehitysvaiheessa	Laitos	12

Biologiset tekniikat											
Kompostointi		Mikrobiologinen prosessi, jossa biohajoavista (orgaanisista) raaka-aineista muodostuu humusmaista kompostia sekä hiilidioksidia hapellisissa olosuhteissa. Massa katso- taan hygienisoituneeksi, kun sen lämpötila on yli 55 °C vähintään kahden viikon ajan. Käsittelyn tehokkuus riippuvainen käsiteltävästä materiaalista sekä tekniikasta (ml. ilmastus, prosessiveden kierrätys ja typen talteenotto). Käsittely stabiloii ja parantaa käsiteltävyyttä, mutta lietemäiset massat vaativat mekaanisen esikuivauksen.									
Auma- kompostointi	Lannat, lietteet, jätteet	Kompostoituminen kasalla tai pintatiivistetyissä aumoissa. Kompostoitumisen edistämiseksi auman kääntö tai ilmastus.	30-90	60-100	50	Lannoilla usein ainoa käsittely, muilla massoilla enimmäkseen kompostin/ mädätteen jälkikypsytyksessä	Yksinkertainen toteut- taa, ei vaadi infrain- vestointeja. Vähentää hajuhaittoja ja hy- gienisoi (osin) massaa	Päästöjen hallinta, typen hukka, hajuhai- tat	Hyvin tunnettu kaupallinen tekno- logia	Tila, laitos	2,16
Tuubi- kompostointi	Lannat	Kompostoitava massa pakataan muovikääreeseen syöttölaitteella, ilmastus- putki.						Päästöjen hallinta, typen hukka	Hyvin tunnettu kaupallinen tekno- logia	Tila	
Tunneli- kompostointi	Lannat, lietteet, jätteet	Koneellisesti ilmastettu jatkuvatoiminen auma- kompostointi suljetussa tilassa, mahdollistaa typen talteenoton kaasui- sta. Ilmastus auman alapuolel- ta. Kesto noin 2-3 vk, minkä jälkeen massa siirretään aumoihin jälkikypsytyk- seen.				Jälkikypsytyksen tarve		Vähentää hajuhaittoja ja hygienisoi massaa, helpottaa massan käsittelyä	Typen huk- ka/talteenotto. Vaatii usein jälkikypsytyk- sen. Prosessin epäta- saisuus ja tuotteen vaihteleva laatu, pitkä prosessointiaika	Hyvin tunnettu kaupallinen tekno- logia	
Rumpu- kompostointi	Lannat, lietteet, jätteet	Laitosmainen käsittely, jossa kompostoitavaa massaa pyöritetään rum- mussa kompostoitumisen edistämiseksi. Syöttö tapahtuu toisessa päädyssä ja vastakkaisessa päässä puretaan massa. Prosessi kestää n. 5-7 vrk, minkä jälkeen massa siirretään aumoihin jälkikypsytyk- seen.				Jälkikypsytyksen tarve		Typen huk- ka/talteenotto. Vaatii usein jälkikypsytyk- sen.	Hyvin tunnettu kaupallinen tekno- logia	Tila, laitos	
Biokaasuprosessi		Mikrobiologinen prosessi, jossa biohajoavista (orgaanisista) raaka-aineista muodostuu biokaasua ja mädätysjäännöstä hapettomissa olosuhteissa. Käsittelyn tehokkuus riippuvainen käsiteltävästä materiaalista, olosuhteista sekä tekniikasta. Ravinteiden säilyminen käsittelyssä, jossa typpi liukoistuu. Myös fosforin käyttökelpoisuuden on arveltu kasvavan.									

Märkämädätys	Lannat, lietteet, jätteet	Biokaasuprosessi, jossa syötteen kuiva-ainepitoisuus prosessissa on alle 15 %.	100	100	20-70	Prosessointi joko meso- (35-40 °C) tai termofiilisesti (50-55 °C). Mesofiilinen prosessi termofiilistä stabiilimpi, mutta termofiilinen prosessi mahdollisesti tehokkaampi ja mahdollistaa myös materiaalin hygienisoinnin	Tunnettu ja toimiva teknologia erilaisille raaka-aineseoksille, sijoittuminen lannantuotannon läheisyyteen, vähentää hajuhaittoja	Kuiva-ainerajoite nostaa reaktoritilavuutta, voi vaatia laimennusvettä. Runsastyyppinen syöte voi aiheuttaa kaasuntuotannon häiriintymistä	Hyvin tunnettu kaupallinen teknologia	Tila, laitos	2,3,17-20
Kuivämädätys	Lannat, lietteet, jätteet	Biokaasuprosessi, jossa syötteen kuiva-ainepitoisuus prosessissa on 20-40 %.					Voi soveltua kuiville massoille ilman laimennusta, mutta usein >40 % ka:ssa laimennustarve, vähentää mahdollisesti hajuhaittoja	Jäännöksen ominaisuudet ja jatkokäsittelytarve; päästöt ei tiedossa ja riippuvat teknologiasta. Runsastyyppinen syöte voi aiheuttaa kaasuntuotannon häiriintymistä	Kehitteillä olevia, erilaisia teknologioita, ensimmäisiä kaupallisia tekniikoita	Tila, laitos	
Termiset tekniikat		Massan kuumentaminen, mikä vähentää tilavuutta ja lisää kuljetettavuutta. Lämpötilan nousu laskee fosforin käyttökelpoisuutta kasveille ja hidastaa maaperään lisättävän hiilen hajoamisnopeutta. Typen talteenotto suoritettava jo massan kuivauksessa.									
Hidaspyrolyysi	Lannat, lietteet, jätteet	Orgaanisen aineen kuumentaminen hapettomissa olosuhteissa yli 300 °C:n lämpötilassa. Prosessissa muodostuu hiili- ja ravinnepitoista jaetta (biohiiltä) sekä kaasuja. Kaasujen kondensoituessa tuotteena syntyy myös nestemäistä jaetta. Tuotteiden ominaisuudet riippuvat suuresti prosessiolosuhteista ja raaka-aineesta.	30-70	75-100	45-70	Vaatii syötteen kuivauksen (syötteen kuiva-ainepitoisuus >70 %)	Tuotteen kuljetettavuus, (bio)hiili säilyy maassa pitkään. Tuotekaasun energia voidaan käyttää lietteen kuivaukseen tai prosessin energiana, teknologia skaalattavissa. Biohiilen saanto suurempi kuin nopeassa pyrolyysissä	Lainsäädännölliset rajoitteet, nestejakeen hyödyntäminen, typen talteenotto (vrt. kuivausteknologia)	Pilot- ja demonstraatiolaitoksia. Myös mobiileja jatkuvatoimisia yksiköitä	Tila, laitos	21,22
Nopea pyrolyysi	Lannat, lietteet, jätteet	Orgaanisen aineen kuumentaminen hapettomissa olosuhteissa 450-600 °C:n lämpötilassa. Prosessissa muodostuu nestemäistä jaetta (40 %), biohiiltä (40	25	95	40	Vaatii syötteen kuivauksen (syötteen kuiva-ainepitoisuus >70 %)	Tuotekaasun energia voidaan käyttää lietteen kuivaukseen tai prosessin energiana, teknologia skaalattavissa	Lainsäädännölliset rajoitteet, nestejakeen hyödyntäminen, typen talteenotto (vrt. kuivausteknologia), tuhkan korro-	Teknologia kaupallinen vasta puubiomassalla. Lannan pyrolyysiä ei demonstroitu.	Laitos	23

		%), sekä kaasuja (20 %). Tuotteiden ominaisuudet riippuvat suuresti prosessiolosuhteista ja katalyytistä.						soiva vaikutus			
Hydrotermi- nen hiiltämi- nen	Lietteet	Hydrotermisessä hiiltämisessä lietteen orgaaniset aineet hajotetaan paineessa (<50 bar) ja korkeassa lämpötilassa (180-250 °C) biohiileksi (+ rejektivettä ja -kaasua). Biohiiltä on mahdollista kuivattaa mekaanisesti 70 %:in kuiva-ainepitoisuuteen.	25	95	e.t.	Syötteen kuiva-ainepitoisuus 5-15 %	Soveltuu märille lietteille	Syötteen pumppaus korkeassa paineessa kallista tekniikkaa	Kaupallisia panostoimisia laitteistoja lietteille, kehitteillä lannoille	Laitos	²⁴
Hydrotermi- nen nesteyt- täminen	Lannat, lietteet, jätteet	Hydrotermisessä nesteyttämisessä lietteen orgaaniset aineet hajotetaan paineessa (100-250 bar) ja korkeassa lämpötilassa (280-370 °C) bio-öljyksi	25	95	e.t.	Syötteen kuiva-ainepitoisuus 5-20 %	Soveltuu märille lietteille	Syötteen pumppaus korkeassa paineessa kallista tekniikkaa	POC biomassoilla ja lietteillä, ei demonstroitu johtuen korkean paineen asettamista vaatimuksista	Laitos	²⁵
Kaasutus	Lietteet, jätteet	Orgaanisen aineen kuumentaminen yli 700 °C:n lämpötilassa hapettomissa olosuhteissa. Prosessissa muodostuu synteetikaasuja ja tuhkaa.	25	95	0	Vaatii syötteen kuivauksen (syötteen kuiva-ainepitoisuus > 70 %)	Tuotekaasun energia voidaan käyttää lietteen kuivaukseen tai prosessin energiana tai polttoaineena, vain kaksi tuotetta, kaasut ja tuhka, teknologia skaalattavissa	Vaatii syötteen kuivauksen, tuhkan aiheuttama korrosiova vaikutus, mahdollinen PAH-yhdisteiden muodostuminen	Teknologia kaupallinen puubiomas-salla ja jätteillä. Lannan kaasutusta ei demonstroitu	Tila, laitos	²⁶
Poltto	Lannat, lietteet, jätteet	Orgaanisen aineksen muuntaminen energiaksi termisessä hapetusprosessissa yli 900 °C:n lämpötilassa.	0	100	0	Vaatii syötteen kuivauksen (syötteen kuiva-ainepitoisuus > 70 %)	Merkittävä massan vähenemä	Materiaalin kuivaus ennen polttoa, kloorin ym. korrosoiva vaikutus; pienpolton päästöjen hallinta. Lannan orgaaninen aines menetetään ja fosfori muuttuu heikosti kasveille käyttökelpoiseksi	Lantojen pienpoltossa kehittämistarpeita polton ja sen päästöjen hallinnassa, voimalaitos mittakaavassa seospolttona toimivia sovelluksia	Tila, laitos	
Kemialliset tekniikat		Erilaisia tekniikoita, joista osassa tavoitteena biomassan kunnostus ja sen käsiteltävyyden lisääminen. Osassa menetelmistä tavoitteena epäorgaanisen ravintuotteen tuottaminen, jonka ominaisuudet ovat lähellä mineraalilannoitteita.									

Happokäsittely	Lietelannat	Lannan pH:n lasku tasolle pH 5.5-6, mikä lisää ammoniumtyypen osuutta ja laskee ammoniakkipäästöjä (mahdollisesti myös hajuja).	80-100	100	100	Rikkihapon käyttö pH:n laskuun joko eläinsuojassa, lannan varastoinnissa tai levityksen yhteydessä	Yksinkertainen teknologia, laskee typpipäästöjä verrattuna käsittelemättömään lantaan	Työturvallisuus, tarvittava happomäärä riippuvainen lannan pH:n puskurikyvystä	Kaupallinen tekniikka	Tila	27
Kemicond-käsittely	Lietteet	Kemiran kehittämä lietteenkunnostusmenetelmä, jossa liete hapotetaan ja hapetetaan. Hapotuksessa lietteen pH lasketaan lisäämällä rikkihappoa. Hapetuksessa lietteeseen lisätään vetyperoksidia. Kemicond-käsitelty liete on kuivauksen jälkeen kompostoitava.	e.t.	100	e.t.	Vaatii lietteen kuivauksen käsittelyn jälkeen	Käsittely tehostaa lietteen vedenpoistoa, liete hajuttomampaa	Vaatii useita kemikaaleja, vaatii separoinnin käsittelyn jälkeen, työturvallisuus	Kaupallinen tekniikka	Laitos	28,29
Kalkkistabilointi	Lannat, lietteet	pH:n (pH>10) ja lämpötilan nosto joko poltettua tai sammutettua kalkkia käyttämällä. pH nostetaan poltetulla kalkilla, jolloin lämpötila nousee 55 °C:een kahden tunnin ajaksi. Sammutetulla kalkilla pH nostetaan kahden vrk:n ajaksi yli 12 tai vähintään 14 vrk:n ajaksi yli 11.	20	100	10	Vaatii jälkikäsitteilyn esim. kompostoinnin	Poltetun kalkin käyttö hygienisoi patogeeneja ja kuivaa massaa, nopea prosessi. Parantaa jätevesilietteen fosforin käyttökelpoisuutta	Typen haihtuminen ammoniakkinä, CO ₂ päästöt	Kaupallinen tekniikka	Laitos	8,30
Strippaus ja talteenotto	Lannat, lietteet, jätteet	Typen talteenottotekniikka, jossa ammoniumtyppi (NH ₄ -N) erotetaan neste-faasista pH:n säädön ja ilmapuhalluksen avulla kaasumaisessa ammoniakkimuodossa (NH ₃). Ammoniikki voidaan ottaa talteen pesemällä se ilmapuhalluksesta esimerkiksi rikkihappoon, jolloin muodostuu ammoniumsulfaattia	65-98	0	0	Vaatii esikäsitteilyn, kemikaalien tarve (pH:n lasku ja typen talteenotto)	Tuotteessa korkea ammoniumtyypipitoisuus	Tukkeumat, fosforin talteenotto ennen strippausta	Käytössä teollisessa mittakaavassa, kustannukset pienessä mittakaavassa korkeat	Tila, laitos	8,31-33

		$((\text{NH}_4)_2\text{SO}_4)$.									
Kiteytys (struviitti)	Lannat, lietteet, jätteet	Typen ja fosforin kiteytys nestemäisestä lannasta magnesium-typpi-fosfaattisuolaksi ($\text{MgNH}_4\text{PO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$).	20-65	70-99	0	Prosessi vaatii materiaalin alhaisen ka-pitoisuuden, vaatii pH:n säädön (>9) ja Mg lisäyksen	Helposti kuljetettava ravinnetuote	Lannan P-pitoisuus rajoittaa kiteytymistä, Ca-ionit aiheuttaa muiden yhdisteiden muodostumista	Lietteille kaupallista tekniikkaa, lannoille pilotointivaiheessa	Laitos	^{8,34}
Ioninvaihto/absorbentit	Lannat, lietteet, jätteet	Ionien (esim. ammonium) kiinnittyminen epäorgaanisen huokoisen materiaalin (esim. zeoliitit) pintaan. Materiaalin jatkokäyttö esim. lannoituksessa tai absorbentin regenerointi.	37-99 ^a	>90	e.t.	Vaatii esikäsitteilyn ja materiaalin alhaisen ka-pitoisuuden	Ravinnetuote pelto-käyttöön	Tukkeumat, absorbentin regenerointiin ja puhdistukseen käytettävät kemikaalit, absorbentin käyttöikä	Kaupallista teknologiaa vedenpuhdistuksessa, kehitteillä lannoille	Laitos	^{11,13}
^a NH4-N											
ka=kuiva-aine, e.t.=ei tiedossa, POC=proof of concept, selvitys soveltuvuudesta ja toteuttamiskelpoisuudesta											

LIITE 3: Keskeiset ravinnekierrätyksen nykyiset ja ehdotetut ohjaukeino

Taulukko 1: Nykyinen normiperusteinen ohjaus

Ohjaukeino	Toimintamekanismi	Merkitys ravinnekierron ohjauksessa	Toimivuuden kannalta oleellista; sivuvaikutukset	Kehittämisenäkökohdat
Ympäristönsuojelulain mukainen lupajärjestelmä	Lannan ravinteiden hyötykäytön turvaaminen (levityssuunnitelma) ja vesien pilaantumisen torjunta: tarvittavan lannanlevitysalan edellyttäminen suhteessa eläinmäärään; lannan varastointia, käsittelyä ja levitystä koskevat lupamääräykset. BAT-vaatimukset koskien lannan ravinneoostumusta Metsä- ja energiateollisuuden sivuvirtojen ohjaus: jatkokäytön edellytysten (verrattain yksityiskohtainenkin) sääntely	Epäselvä ja joissain tapauksissa uusien hyödyntämistapojen käyttöönottoa vaikeuttava (jäykät lupamääräykset) Pullonkaula tai mahdollistaja: sääntely mahdollistaa käyttöä ja avaa markkinoita, toisaalta on myös pullonkaula aiemmin sääntelemättömälle käytölle. Pullonkaula: biokaasu- ja prosessointilaitosten raskaat lupaprosessit.	Työläs, kustannuksia toiminnanharjoittajalle Eläinsuojien ympäristölupa: lannanlevityssuunnitelman ohjaukeino epäselvä, samoin sen rooli ja suhde muihin ohjausmuotoihin lannanlevityksen sääntelyssä. Luvan kohteena olevan "toimintakokonaisuuden" (kotieläintilan) ulkopuolelle ulottuva väliilinen ohjaus lisääntyy, kun lannantuotanto ja peltonomistus eriytyvät.	Valmisteilla uudistus, jossa eläinsuojien luvat korvattaisiin suurelta osin laajennetulla ilmoitusmenettelyllä ja toimivaltaa siirrettäisiin kunnille. Eläinsuojien luvitus: roolia ja suhdetta yleiseen normiohjaukseen selkeytettävä. Harkittava lupaohjauksen purkamista lannan hyötykäytön osalta: <i>jatkossa ei lainkaan lannanlevitys-suunnitelmaa</i> , vaan keskitytään eläintilan muiden haittojen hallintaan. LL-suunnitelma on päällekkäinen vuosittaisen viljelysuunnitelman kanssa. <i>Lannan käyttöä voisi säännellä ennen kaikkea kehittyvällä normiohjausella.</i> Toisaalta: vesienhoitosuunnitelmien lisääntyvä painoarvo voi tiukentaa lupaohjausta ja parantaa sen vaikuttavuutta. Lupaohjauksen potentiaali juuri "hot spot" alueiden sääntelyssä. Yleiset normit eivät jousta alueen erityispiirteiden mukaan.
Yleinen normiohjaus: asetus eräiden maa- ja puutarhataloudesta peräisin olevien päästöjen rajoittamisesta (1250/2014); (Ns. nitraattiasetus)	Lannan ravinteiden hyötykäytön turvaaminen: rajoituksia ja kieltoja lannan ja muiden lannoitteiden käyttöön vesistöjen rajoittamiseksi ja takaamaan se, että levitys on todellista hyötykäyttöä.	Nitraattiasetuksen veloitteet vaikeuttavat/estävät ravinteiden hukkakäyttöä ja pakottavat miettimään hyötykäyttötapoja; toisaalta pullonkaularooli: osa määräyksistä vaikeuttaa massojen varastointia. Lannoitusrajojen merkitys korkean P-luvun pelloilla vähäinen.	Onko kaikilla vaatimuksilla käytännön ohjaukeino? Ovatko vaatimukset oikein mitoitettuja? Lannan raaka-ainekäyttöä koskevia erityismääräyksiä. Ravinnekierrätyksen pullonkaula	Lannoitusrajoja tarkasteltava suhteessa lupajärjestelmän keventämiseen, lannoitelainsäädäntöön, ympäristökorvausjärjestelmään sekä tuotannon keskittymiseen. <i>Nitraattiasetuksesta voisi kehittyä selkeä, kaikkea ravinteiden käyttöä koskeva sääädös.</i> Nitraattiasetuksen tyyppirajat vain lantaperäisille lannoitteille. Prosessoidun lannan käyttäminen lannoitteiden ainesosana ei saisi heikentää ko. lannoitevalmisteiden asemaa: nitraattiasetus avattava osana EU:n kiertotalouspakettia?

Ohjauskeino	Toimintamekanismi	Merkitys ravinnekierron ohjauksessa	Toimivuuden kannalta oleellista; sivuvaikutukset	Kehittämisenäkökohdat
<p>Lannoitelainsäädäntö: Lannoitevalmistelaki (539/2006); asetukset lannoitevalmisteista (MMM asetus 24/11) ja toiminnanharjoittamisesta ja valvonnasta (MMM 11/12)</p> <p>EU-lannoiteasetuksen muutos valmisteilla</p> <p>Sivutuoteasetus</p>	<p>Orgaanisten lannoitevalmisteiden tyyppinimet toimivat tuoteistamisen ja markkinoiden syntymisen perustana</p> <p>Tuotteiden toimivuuden ja turvallisuuden vaatimukset; vaatimuksia ja rajoituksia koskien kierrätysravinteiden sallittuja raaka-aineita ja ravinneainemassojen käyttötapaa ja -määrää</p> <p>Kaupanpidon vaatimukset: lannoiteasetus laajentaa orgaanisiin lannoitteisiin</p> <p>Rajat sallitulle fosforilannoitukselle</p>	<p>Tyyppinimijärjestelmä kuvaa vaatimukset tuotteiden lannoitevaikutukselle, käytölle ja haittojen ja vaarojen hallinnalle ja ohjaa tuotteet soveltuviin käyttötarkoituksiin. Pullonkaula nyky muodossaan: Uudentyyppisten tuotteiden saattaminen markkinoille edellyttää toimijalta tyyppinimen hakemista, jossa yhteydessä pitää selvittää tuotteen toiminta ja turvallisuus</p> <p>Lannoitelainsäädäntö on epäsysteemaattinen ja mutkikas kokonaisuus, joka vaikeasti omaksuttavissa. Hallinnollisten prosessien kankeus pullonkaula</p>	<p>Standardien edut ja haitat: tukevat markkinoiden syntyä, mutta voivat karsia pieniä yrityksiä</p> <p>Kustannusten jako uuden tyyppinimen hakemisessa: miten vältetään toimijoiden eriarvoisen kohtelu ja innovoinnin hidadeiden syntyminen?</p> <p>EU-markkinoiden syntyminen tuottaa vientimahdollisuuksia, mutta voi lisätä myös lannoitevalmisteiden tuontia</p> <p>Fosforilannoitusta koskevat rajat korkeita. Ns. fasadiohjausta, ei käytännön vaikutusta.</p>	<p>Ongelmat tunnistettu, EU:n uusi EU-lannoiteasetus tulossa, sivutuotekriteerien kehittäminen lannoiteasetuksen yhteydessä. Sivutuoteasetuksen sallimat kansalliset poikkeukset hyödynnetty täysimääräisesti.</p> <p>Tyyppinimiä ja niiden hakemista koskevan sääntelyn sujuvoittaminen tärkeää. Ei yleisiä määrällisiä kierrätys-tavoitteita, vaan tuotteiden laatu edellä. Käytettävyyden lannoitteena oleellista, ei lainsäädännön rajoitusten alle pääseminen. Markkinoiden kehittymisen tuki tarpeen: neuvonta ja tiedotus viljelijöille uusien tuotteiden käyttöön liittyen; rekisteri tuotteista ja tuottajista.</p> <p>Onko fosforirajoitusten paikka ympäristönsuojelulainsäädännössä (nitraattiasetus). Joka tapauksessa fosforirajoituksen tiukentaminen ja räätälöinti: miten saadaan tehokkaaksi? Mitkä yleiset lannoitusrajat voivat toimia ja miten lohkokohmainen vaihtelu huomioon?</p>

Taulukko 2. Nykyinen taloudellinen ohjaus

Ohjauskeino	Toimintamekanismi	Merkitys ravinnekierron ohjauksessa	Toimivuuden kannalta oleellista; sivuvaikutukset	Kehittämisenäkökohdat
Ympäristökorvaus	a) Taloudellinen kannustelannan lannoitekäyttöön; b) Lannoiterajoituksin pyritään estämään ylilannoitus	Merkittävä rooli ravinnekierron ohjauksessa, mutta tukitasojen aleneminen ja toisaalta tilakoon kasvu vähentävät merkitystä; volyymi 1,6 miljardia €/7 vuotta (225 milj./vuosi) Nykyisessä ohjelmassa lannankäyttökannusteet aiempaa pienempiä; toisaalta lannoitekäytön kriteerejä tarkennettu Lannoitusrajoja syytetty myös ravinnekierron pullonkaulaksi. Ympäristökorvauksesta puuttuu tavoite ravinteiden kierrätykselle	Ympäristökorvausjärjestelmään sitoutuminen vähentynyt; samoin järjestelmään käytävissä olevat varat. Paljon byrokratiaa ja paperityötä Ei tietoa tukimuotojen kustannustehokkuudesta. Koko järjestelmää koskevat tarkastelut kriittisiä: tehottomuus, tulotukirooli, kallis valvonta ja tietoperustan uskottavuus nousseet keskusteluissa esille. Kannustaako innovaatioihin ja investointeihin? Arvostelijoiden mukaan järjestelmä tukee laimeiden ravinnetuotteiden kierrätystä. Erityisesti väkevöidyt nitraattijakeet, joissa vain vähän fosforia: onko levittämällä korkean P-luvun pelloille ympäristönsuojelullista merkitystä; onko täyskielto perusteltu? Se, että korkeille STP-luvun pelloille ei saa levittää ollenkaan fosforia, on saattanut tiputtaa joitain tiloja pois järjestelmän piiristä. Jos saisi levittää vähän, voisi olla kannattavaa separoida ja levittää nestemäinen, typpirikas jae pelloille ja kuskata kuivalanta muualle. Tietty P-ajan salliminen aina saattaisi edistää investointeja ja vähentää P:n kertymistä maaperään (edistää sen köyhtymistä).	1) <u>Uudet toimenpiteet ja painotukset</u> Huomio orgaanisen aineksen lisäämiseen (4 % tavoitteeksi) ja hiilensidontaan; lohkohtainen (kierrätys)-lannoitus suunnitelma ja peltojen perusparannusohjelma, joka perustuisi laajennettuun maa-analyyysiin; kuormitusriskialueiden tehokas tunnistaminen; ekosysteemipalveluista (hiilensidonta, ravinteiden pidätys) maksaminen. Kuljetustuki (käytössä ensimmäisellä ympäristötukikaudella). Vääristäisikö jo olemassa olevia kierrätysravinne-markkinoita? Mitkä kaikki massat tuen piirissä? Tukisummien nosto vastamaan tiukempia lannankäyttörajoituksia. Lietelannan levityksen peltoon ja ravinteiden ja orgaanisten aineiden kierrättämisen ei pitäisi olla toisensa poissulkevia toimenpiteitä. Lietelannan levityksen tuki kattaa vain osittain aiheutuvat kustannukset. 2) <u>Toimintamallin uudistaminen</u> Harkittava luopumista yksityiskohtaisesta ravinneohjauksesta (tilalle yleinen, mutta lohkojen P-tilan huomioiva normiohjaus); vapauttasi varoja uusiin toimenpiteisiin ja ennakoisi tilanetta, jossa järjestelmään sitoutuminen edelleen alenee. Tavoitteeksi lannalla ja lantaperäisillä lannoitetuotteilla lannoitetun peltoalaosuuden kasvattaminen.
Investointituet	Maaseutuohjelma: - Tuki maatilojen investointeihin (keskeisin); - Biomassan tuotanto- ja jakeluketjut;	Tärkeää, esim. etävarastot Volyymi noin 80 milj. /vuosi kaikkiin maatalouden investointeihin	Tukitasot (esim. separointiratkaisut): ovatko riittäviä? Tukiehdot ja niiden merkitys?	Yhteys muihin investointikannustimiin, kuten rajoituksiin ja velvoitteisiin? Voisiko yhteys olla selvempi? Huomattakoon, että osa niistä isoista kotieläintiloista (sika ja siipikarja) jotka eivät poistuneet tuen piiristä 2015, jättivät poistumatta varmuuden vuoksi. Arvelivat, että tulevat investointituet saatta-

	<ul style="list-style-type: none"> - Innovaatioryhmät - Tuet yritystoiminnan käynnistämiseen - Energian säästöä ja ympäristön tilaa parantavat menetelmät <p>Lannan varastointiin ja käyttöön tähtäävissä investoinneissa kohdentamisalueella n. 10 % suuremmat avustusprosentit.</p>	<p>Nykyinen investointitahti riittää säilyttämään tuotannon määrän nykyisellä tasolla tai tuotanto pienenee hieman.</p>	<p>Tukien fasilitointi ja hyödyntäminen tiloilla?</p> <p>Kotieläintaloudessa investoinnit keskittyvät tiettyihin tuotantosuuntiin</p>	<p>vat olla kytköksissä ympäristökorvaukseen osallistumiseen.</p> <p>Tukien kohdentaminen: ravinnekierrätysinvestoinneille tuplipoisto-oikeus verotuksessa?</p> <p>Evaluoinnit tai tutkimukset tukien vaikutuksista ja kohdentumisesta → tukijärjestelmän kehittäminen</p>
<p>Innovaatiopolitiikka (tässä: T&K-tuet, kuten RaKi, kärkihanke, TEKES)</p>	<p>Tukea ravinnekierrätysteknologioiden ja liiketoimintakonseptien kehittämiseen ja kokeiluun</p> <p>Hankerahoitus vuonna 2016 noin 6,9 milj. € (Raki, kärkihanke- ja erillisrahoitus); koko hallituskaudelle 30 milj. euroa</p>	<p>Innovaatiot tärkeä edellytys toimialan kehittymiselle ja kilpailukyvyn säilyttämiseksi tulevaisuudessa</p>	<p>Rahoituksen kustannustehokkuus?</p> <p>Hankkeiden laadukkuus; toimien ja ratkaisujen elinvoimaisuus ja monistettavuus-</p>	<p>”Tukitoimenpiteet pitäisi kohdistaa selkeämmin eikä toimia periaatteella kaikille vähän” (Mikkonen, 2014, 9)</p> <p>Arviointeja tarvitaan. Millainen on hyvä kokeilu/ kokeilurahoitusmekanismi? Miten kokeiluista saatavia oppeja kerätään ja hyödynnetään?</p> <p>Innovaatiopolitiikka on hankemuotoista ja pärskätelevää. Vaikka rahat on tarkoitettu ravinteiden kierrätykseen kehittämiseen, ne vaikuttavat menevän yleiseen toimeliaisuuteen. Vasta myöhemmin (s.o. nyt) käydään hahmottamaan sitä, missä ollaan ja mihin rahaa kannattaisi laittaa.</p> <p>Hankkeiden seuranta heikkoa.</p>

Taulukko 3. Esitettyjä uusia avauksia

Ohjauskeino	Toimintamekanismi	Toteutettavuuden ja toimivuuden kannalta oleellista	Vaikutukset
Kohdennettu prosessointivelvoite	Ympäristöluvassa voitaisiin antaa velvoite lannan prosessoinnille (ja poiskuljetukselle alueelta) tilanteessa, jossa lannanlevitysalaa on alueella vähän	Yhteys kompensoiviin tukimuotoihin? Prosessin teknologiastandardit? Prosessituotteiden hyödyntäminen? Oltava jonkun osapuolen kannalta taloudellisesti kannattavaa; lannoitevalmistelainsäädännön vaatimukset huomioitava.	Investointikustannuksia toimijoille, kysyntää laitteille & urakoitsijoille Onnistuessaan vähentää perinteisten epäorgaanisten lannoitteiden kysyntää Vaikutukset lopputuotteen hintaan?
Fosforin talteenottovelvoite, käynnissä erillinen VN TEAS-hanke (Jäteveden sisältämän fosforin talteenotto ja kierrättäminen/Aalto-yliopisto, Tyrsky-Konsultointi Oy)	Fosforin käytettävyyden ja tuotteiden turvallisuuden parantaminen		Onnistuessaan vähentää perinteisten epäorgaanisten lannoitteiden kysyntää
Sekoite/jakeluvelvoite	Asetetaan velvoite sekoittaa orgaanista massaa osaksi mineraalilannoitteita tai varmistaa orgaanisten lannoitevalmisteiden saatavuus	Tekniset mahdollisuudet, tuoteturvallisuus Mihin kaikkiin sekoitteisiin sovelletaan? Mistä orgaaniset jakeet (mahdollinen tuonti)? Esim. siipikarjalantaa tulee Hollannista, ei yksin kotimaasta Ravinnevirtojen tasaaminen eri alueiden välillä: edistääkö tätä tavoitetta ja millä ehdoin voisi sen tehdä?	Kasvattaa markkinoita/luo uuden markkinan Onnistuessaan vähentää perinteisten epäorgaanisten lannoitteiden kysyntää
Kokeilujen edistäminen ja ”innovaatiosopimukset” EU:n kanssa	Jos huomataan, että EU-sääntely on pullonkaula jonkin hyödyllisen innovaation käyttöönotossa, tulisi sitä voida kokeilla		Tukee tuotteistamista ja vähentää innovointipanostuksiin sisältyvää riskiä. Hallinnolliset kustannukset? Tukee lainsäädännön mukautumiskykyä.
Lannoitevero, käynnissä erillinen VN TEAS-hanke (Kiertotalouden taloudelliset ohjauskeinot/VTT, SYKE, Motiva Oy)	Materiaalivero, jolla mineraalilannoitteiden hintakilpailukykyä suhteessa kierrätyslannoitteisiin heikennetään	Korvaavia kierrätyslannoitteita oltava saatavilla Typpi vai fosfori – vai molemmat – verotuksen kohteena? Veron tulisi olla huomattava, jotta sillä olisi vaikutuksia (typpilannoitus) Nousevia kustannuksia kompensoivat toimen-	Tuotantopanosten hinta nostaa lopputuotteiden hintaa ja vähentää kotimaisen tuotannon kilpailukykyä Yhteiskunnalliset kustannukset Oman tuonnin ja valmistuksen riskit turvallisuudelle; P-lannoitteiden kadmium-rajat voivat nostaa mineraalifosforin hintaa riippumatta siitä, tarvitseeko fosforia puhdistaa (lannoiteasetus).

		piteet: mitä ja miten?	Lannoiteverossa on paljon ongelmia: tuontituotteiden verottaminen, kierrätys-lannoitteiden N ja P-pitoisuuden verottaminen, epätasainen kohtaanto alueille, jossa on korvaavia orgaanisia lannoitteita tarjolla tai ei ole.
Standardit	Lopputuotteet ja niiden valmistuskäytännöt	Ruotsissa puhdistamolietteiin liittyvä standardi	Säätelytaakka
Laatujärjestelmät, itsesääntely, sitoumukset	Ravinnejakeille, teknologioille, urakoitsijoille sertifikaatit/akkreditointi Lopputuotteille (elintarvikkeet, bio-kaasu, sähkö) merkintä ("resurssi-viisas"); tuottajajärjestöjen, yritysten ym. yhteiset sitoumukset esim. fosforin arvoketjusta	Mitä mutkikkaimmiksi markkinat tulevat, sitä enemmän tarvitaan tietoa ja sitoutumista. "Viljelijät eivät osaa orgaanisia lannoitteita", joten palvelukonseptit ovat tarpeen. Laatujärjestelmä voisi auttaa erottelemaan osaavat toimijat. Koulutuslinjat, jatkokoulutusohjelmat tukemaan osaamisen karttumista.	Akkreditointijärjestelmän kustannukset



luke.fi

Luonnonvarakeskus
Latokartanonkaari 9
00790 Helsinki
puh. 029 532 6000