LAPPEENRANNAN TEKNILLINEN YLIOPISTO
Teknillinen tiedekunta
Ympäristötekniikan koulutusohjelma

Esa Partanen

MÄDÄTYSJÄÄNNÖKSEN TUOTTEISTAMISMAHDOLLISUUDET KYMENLAAKSOSSA

Työn tarkastajat: Professori, TkT Mika Horttanainen
Projektipäällikkö, DI Mari Hupponen

Työn ohjaajat: Kymenlaakson Jäte Oy:n toimitusjohtaja Kari Martikainen
Kymenlaakson Jäte Oy:n laatu- ja ympäristöpäällikkö Hanna Alatalo

TIIVISTELMÄ

Lappeenrannan teknillinen yliopisto
Teknillinen tiedekunta
Ympäristötekniikan koulutusohjelma

Esa Partanen

Mädätysjäännöksen tuotteistamismahdollisuudet Kymenlaaksossa

Diplomityö

2010

140 sivua, 4 kuvaa, 40 taulukkoa ja 8 liitettä

Tarkastajat: Professori Mika Horttanainen
DI Mari Hupponen

Hakusanat: mädätysjäännös, orgaaniset lannoitteet, ravinteet, hyötykäyttö, terminen kuivaus
Keywords: digestate, organic fertilizers, nutrients, utilization, thermal drying

Biokaasun tuotantoa ollaan selvästi lisäämässä Suomessa. Biokaasutuksen kokonaishyödyn kannalta on olennaista, että mädätyksen lopputuote eli mädätysjäännös saadaan lannoitekäyttöön. Tämän työn tavoitteena oli selvittää Kymenlaakson Jäte Oy:n mahdollisuuksia tuotteistaa Kymen Bioenergia Oy:n yhteismädätyslaitoksen mädätysjäännöstä. Työssä keskityttiin hyötykäyttövaihtoehdoista lannoitekäyttöön maanviljelyssä sekä tilanteeseen jossa mädätyslaitos käsittelee sekä puhdistamolietettä että biojätettä ja mädätysjäännös kuivataan mekaanisesti.

Mekaanisesti kuivatun mädätysjäännöksen ensisijaiset tuotteistamisvaihtoehdot maanviljelyyn ovat joko jäännös sellaisenaan tai termisesti kuivattuna ja rakeistettuna, eli kuivarakeena. Mäkikylän laitoksen mädätysjäännöksen arvo peltolannoitteena on syyskuun 2010 keinolannoitteiden hintaan vertaamalla sellaisenaan noin 1–20 €/t ja kuivarakeena noin 2–60 €/t. Arvo riippuu siitä, miten tuotteiden typpeä ja fosforia huomioidaan kasveille käyttökelpoiseksi. Tällä hetkellä käyttökelpoisin tapa on ympäristötuen puhdistamolietetuotteita koskevien ehtojen mukaisesti ottaa huomioon vesiliukoinen typpi ja 40 % kokonaisfosforista. Tällöin mädätysjäännöksen arvo on noin 6 €/t ja kuivarakeen n. 18 €/t. Käytön kannalta kuivarae on helpompi vaihtoehto ja alueen viljelijät ovat heille tehdyn kyselyn mukaan varsin kiinnostuneita kuivarakeesta lannoitteena.

Muista tuotteistusvaihtoehdoista termisesti kuivaamalla mädätysjäännöksen tehollinen lämpöarvo saapumistilassa on noin 10 MJ/kg. Vastaava arvo jyrsinturpeen kesäkuun 2010 hinnan mukaan on noin 30 €/t. Tuotteen soveltuvuus polttoon tulee silti varmistaa. Termisesti kuivatulla mädätysjäännöksellä on tuotteistamismahdollisuuksia hieman laajemmin kuin kompostoidulla. Kompostoidun mädätysjäännöksen tuotteistamisen lähtökohta on lähinnä viherrakentaminen. Maanviljelykäyttöä ajatellen mädätysjäännöstä ei välttämättä tarvitse kompostoida.

ABSTRACT

Lappeenranta University of Technology
Faculty of Technology
Degree Programme in Environmental Technology

Esa Partanen

Possibilities of productization of digestate in region Kymenlaakso

Master's thesis

2010

140 pages, 4 figures, 40 tables and 8 appendices

Examiners: Professor Mika Horttanainen
M.Sc (Tech) Mari Hupponen

Keywords: digestate, organic fertilizers, nutrients, utilization, thermal drying

Biogas production is being clearly increased in Finland. The fertilizer use of end product of digestion, namely digestate, is essential that the biogas production would be totally beneficial. The aim of this Master's Thesis was to find out the possibilities of Kymenlaakson Jäte Ltd to productize the digestate of co-digestion plant of Kymen Bioenergia Ltd in Mäkikylä. This thesis work concentrated to the fertilizer utilisation in agriculture and to the situation where a co-digestion plant has both sewage sludge and biowaste as feed material and the digestate is mechanically dried.

The prior alternatives to productize mechanically dried digestate are to use it without additional treatment or as thermally dried and granulated. The value of the digestate as fertilizer is approximately 1–20 €/t, when value is compared to the prices of inorganic fertilizers in September 2010. For granulated product the value would be 2–60 €/t. The value depends on the method how the nutrients are considered as utilisable for plants. Currently the most viable method to consider the nutrients is according Agri-Environmental Subsidy Scheme. Corresponding value for digestate is then about 6 €/t and for granule about 18 €/t, presuming that these fertilizers are considered as sewage sludge based fertilizers in the Scheme. From the user point of view, the granule would be easier option. According to the survey made, the local farmers are also quite interested of using the granulated product as fertilizer.

As other alternatives the net heat value as received for thermally dried digestate would be about 10 MJ/kg. Corresponding value based on the price of peat in June 2010 is approximately 30 €/t. Anyhow the suitability as fuel must be ensured. As post-processing alternatives, after thermal drying the digestate has somewhat wider range of utilisation options than after composting. If digestate is composted, the main option would be use in landscaping. Composting is not necessarily needed for utilisation in agriculture.

ALKUSANAT

Tämä diplomityö on tehty Kymenlaakson Jäte Oy:n toimeksiannosta. Haluan kiittää Kymenlaakson Jäte Oy:tä mahdollisuudesta tehdä tästä mielenkiintoisesta aiheesta lopputyö, ja näin perehtyä aiheeseen tarkemmin.

Työn valmistumisen johdosta kiitän työn tarkastajia Mika Horttanaista ja Mari Hupposta Lappeenrannan teknillisestä yliopistosta. Sain ainutlaatuisen tilaisuuden hyödyntää Teidän asiantuntemusta sekä kokemusta tämän työn työskentelyssä sekä raportin kirjoituksessa.

Työn ohjaajia, eli Kari Martikaista sekä Hanna Alataloa Kymenlaakson Jäte Oy:stä, kiitän nöyrästi kaikesta ohjauksesta. Ohjauksenne piti työn oikealla suunnalla.

Työn kirjoituksen aikana vaivasin monia asiantuntijoita sekä viranomaisia aiheen tiimoilta. Kiitän Teitä auliisti antamistanne arvokkaista tiedoista. Niitä ilman työn anti olisi jäänyt selvästi kapeammaksi.

Lopuksi, muttei vähäisimmin, haluan kiittää rakasta vaimoani Sirkkua. Kiitän ymmärryksestä ja tuesta opiskelujen ja tämän lopputyön teon aikana. Sekä myös niiden ulkopuolella. Kiitokset Sirkulle myös arvokkaasta avusta kieliasun parantamisessa. Pysyihän tämä sentään alle 200-sivuisena…

23.11.2010
Esa Partanen

SISÄLTÖ

LYHENTEET 4
MÄÄRITELMÄT 5
1 JOHDANTO 7
1.1 Työn tausta 9
1.2 Työn tavoitteet ja rajaus 10
2 YHTEISMÄDÄTYSLAITOKSEN TOIMINTA 11
2.1 Yhteismädätyslaitokset Suomessa 13
2.2 Yhteismädätyksen raaka-aineet 15
2.3 Syötteiden vastaanotto ja esikäsittely 16
2.4 Hygienisointi ja sterilointi 17
2.5 Mädätysprosessi 19
2.6 Mädätysjäännöksen mekaaninen kuivaus 21
2.7 Rejektiveden käsittely ja hyödyntäminen 22
3 MEKAANISESTI KUIVATUN MÄDÄTYSJÄÄNNÖKSEN OMINAISUUDET HYÖTYKÄYTÖN KANNALTA 24
3.1 Jäännöksen määrä ja kuiva-ainepitoisuus 24
3.2 Orgaanisen aineksen pitoisuus 25
3.3 Ravinteet 25
3.4 Raskasmetallit ja orgaaniset haitta-aineet 30
3.5 Hygienia, hajut sekä muut epäpuhtaudet 31
4 MÄDÄTYSJÄÄNNÖKSEN TUOTTEISTAMINEN LANNOITEVALMISTEEKSI 33
4.1 Lannoitevalmisteita koskeva lainsäädäntö 34
4.1.1 Mahdolliset tyyppinimet mädätysjäännökselle 35
4.1.2 Raskasmetalleja koskevat rajoitukset 39
4.1.3 Lannoitevalmisteen markkinoille saattaminen 40
4.2 Tuorekompostin valmistaminen vanhentamalla 40
4.3 Kompostituotteiden valmistus 41
4.3.1 Höyrykäsittely ennen aumakompostointia 44
4.3.2 Kompostin jatkojalostus 44
4.4 Kuivarakeen valmistus 45
4.4.1 Terminen kuivaus 46
4.4.2 Rakeistus termisen kuivauksen jälkeen 48
4.4.3 Ravinteiden lisäys rakeeseen 49
4.5 Lannoitevalmiste maanviljelyyn 50
4.5.1 Käyttökohderajoitukset sekä käyttömäärien määräytyminen 53
4.5.2 Kasveille käyttökelpoinen typpi ja fosfori 57
4.5.3 Raskasmetallien vaikutus 61
4.5.4 Orgaanisen aineksen maanparannusvaikutus 61
4.5.5 Lannoitteen levitys maanviljelyssä 62
4.5.6 Alueellisten tekijöiden vaikutus 65
4.6 Lannoitevalmiste metsälannoituskäyttöön 66
4.7 Lannoitevalmiste viherrakentamiseen 67
5 MÄDÄTYSJÄÄNNÖKSEN MUUT HYÖDYNTÄMIS- JA LOPPUSIJOITUSVAIHTOEHDOT 69

5.1 Energiahyödyntäminen 69
5.1.1 Poltto termisen kuivauksen jälkeen 70
5.1.2 Poltto kompostoinnin jälkeen 71
5.1.3 Soveltuva polttolaitos 72
5.1.4 Poltosta syntyvän tuhkan lannoitekäyttö 73
5.2 Kaatopaikkakäyttö 73
5.2.1 Käyttö kaatopaikan pintarakenteisiin 73
5.2.2 Kaatopaikkasijoitus 75
5.3 Hyötykäyttö teollisuudessa 75
6 KYMEN BIOENERGIA OY:N YHTEISMÄDÄTYSLAITOS SEKÄ LAITOKSEN MÄDÄTYSJÄÄNNÖS 76
6.1 Laitoksen syötteen koostumus 77
6.2 Laitoksen prosessi 77
6.3 Mädätysjäännöksen määrä ja ominaisuudet 78
7 KYMENLAAKSON JÄTE OY:N MAHDOLLISUUDET MÄDÄTYSJÄÄNNÖKSEN JATKOKÄSITTELYYN 83
7.1 Käsittelyvaihtoehtojen kuvaus 83
7.2 Tuotteiden määrät eri käsittelytavoilla 86
8 MÄDÄTYSJÄÄNNÖKSEN TUOTTEISTUS- JA HYÖTYKÄYTTÖMAHDOLLISUUDET KYMENLAAKSOSSA 87
8.1 Tarkasteltavien vaihtoehtojen käsittelyn rajaus 87
8.2 Tuotteistus maanviljelykäyttöön 87
8.2.1 Maanviljelyn alueelliset tekijät 88
8.2.2 Lannoitteiden ravinnepitoisuudet sekä rahallinen arvo 91
8.2.3 Lannoitteiden muut ominaisuudet 92
8.2.4 Mahdolliset käyttömäärät ja tarvittava levityspinta-ala 94
8.2.5 Tuotteiden käytön kannattavuus viljelyssä 100
8.2.6 Kysely lähialueen viljelijöille 104
8.2.7 Tulevaisuudennäkymät 109
8.3 Lannoitevalmiste viherrakentamiseen tai metsälannoitukseen 112
8.4 Tuotteistus energiakäyttöön 112
8.4.1 Tuotteen lämpöarvo sekä vastaava rahallinen arvo 113
8.4.2 Alueella olevat polttolaitosvaihtoehdot 115
8.5 Käyttö kaatopaikan hapetuskerroksessa 117
8.6 Vaihtoehtojen logistiikkakustannusten sekä tulojen vertailu 117
9 YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET 120
9.1 Tuotteistusmahdollisuudet 120
9.2 Jatkojalostusvaihtoehdot 124
9.3 Jatkoselvitystarpeet 126
LÄHTEET 127

LIITTEET

Liite 1. Lähtötiedot sekä laskenta esimerkkiin typen ja fosforin jakautumisesta mekaanisessa kuivauksessa neste- ja kuivajakeeseen.
Liite 2. Esimerkkejä mekaanisesti kuivattujen mädätysjäännösten ravinnepitoisuuksista
Liite 3. Lannoitevalmisteita koskevat rajat haitallisille aineille, eliöille ja epäpuhtauksille
Liite 4. Ravinnepitoisuuksien laskelmat
Liite 5. Enimmäiskäyttömäärät metallipitoisuuksien mukaan.
Liite 6. Viljelijöille lähtenyt kyselyn ennakkokirje
Liite 7. Viljelijöille lähtenyt kyselykirje
Liite 8. Logistiikkakustannusten alkuarvot sekä kustannusten erittely.

LYHENTEET

Evira	Elintarviketurvallisuusvirasto
HSY	Helsingin Seudun Ympäristöpalvelut
KSAO	Kouvolan seudun ammattiopisto
MMM	Maa- ja metsätalousministeriö
MMMa	Maa- ja metsätalousministeriön asetus
RDF	kierrätyspolttoaine, joka on valmistettu lajittelemattomasta yhdyskuntajätteestä (engl. *Refuse Derived Fuel*)
REF	kierrätyspolttoaine, joka on valmistettu lajitellusta jätteestä (engl. *Recovered Fuel*)
TS	Kiintoaines (engl. *Total Solids*)
VS	Haihtuva kiintoaines (engl. *Volatile Solids*)
VNa	Valtioneuvoston asetus
VNp	Valtioneuvoston päätös
YVA	Ympäristövaikutusten arviointi

<u>SI-järjestelmästä poikkeavat tai ulkopuoliset yksiköt</u>

pmy	Pesäkkeitä muodostava yksikkö
v	Vuosi
vrk	Vuorokausi

MÄÄRITELMÄT

Biohajoava jäte	Jätettä, joka voi hajota biologisesti hapettomissa tai hapellisissa olosuhteissa. Biohajoava jäte sisältää keittiö- ja puutarhabiojätteen lisäksi myös kuitupohjaiset jätteet kuten puun, paperin ja kartongin.
Biojäte	Elintarvike-, ruoka- ja puutarhajätettä, joka hajoaa biologisesti varsin nopeasti hapettomissa tai hapellisissa olosuhteissa.
Biokaasulaitos	Biokaasun hallittu tuotanto biohajoavista jätteistä tai muista eloperäisistä materiaaleista hapettomissa olosuhteissa.
Ekopark	Ekopark-yrityspuisto Kouvolan Keltakankaalla. Kymenlaakson Jäte Oy:n toimipiste sijaitsee Ekopark-alueella.
Eläinperäiset sivutuotteet	Muut kuin ihmisravinnoksi tarkoitetut eläimistä saatavat sivutuotteet.
Lannoite	Valmiste, joka on tarkoitettu edistämään kasvien kasvua tai parantamaan sadon laatua. Lannoitteen vaikutus perustuu kasvinravinteisiin.
Maanparannusaine	Aine, jota lisätään maahan sen fysikaalisten ominaisuuksien ylläpitämiseksi ja parantamiseksi tai lisäämään maan biologista toimintaa
Mädätysjäännös	Biokaasua tuottavasta anaerobireaktorista biokaasun lisäksi jäljelle jäävä muu aines. Synonyymi käsittelyjäännökselle.

Orgaaninen lannoitevalmiste	Orgaanisista materiaaleista valmistettu lannoite, kalkitusaine, maanparannusaine, kasvualusta, mikrobivalmiste tai lannoitevalmisteena sellaisenaan käytettävä sivutuote.
Rejektivesi	Mädätysjäännöksen mekaanisesta kuivauksesta syntyvä nesteosa.
Yhteismädätys	Useiden eri raaka-aineiden samanaikainen käsittely biokaasulaitoksella. Synonyymi yhteiskäsittelylle.
Yhteismädätyslaitos	Useita eri raaka-aineita samanaikaisesti käsittelevä biokaasulaitos. Synonyymi yhteiskäsittelylaitokselle.

1 JOHDANTO

Biokaasutuotannon kasvu ja tuotannon edellytysten parantaminen jätesektorilla on asetettu tavoitteeksi monissa viime aikojen ohjelmissa ja strategioissa, esimerkiksi Pitkän aikavälin ilmasto- ja energiastrategiassa (2008, 40) sekä Valtakunnallisessa jätesuunnitelmassa (2008, 21). Suomessa biokaasun tuotannossa ovat yleistymässä yhteismädätyslaitokset eli biokaasulaitokset, joissa voidaan käsitellä erilaisia eloperäisiä raaka-aineita samaan aikaan. Yhteismädätyksessä käytettäviä raaka-aineita ovat esimerkiksi erilliskerätyt biojätteet, jätevedenpuhdistamolietteet, teollisuuden lietteet, kasvibiomassat, lannat sekä muut hajoavat orgaaniset materiaalit. (Latvala 2009, 13 ja 19.)

Biohajoavien jätteiden käsittelyvaihtoehtoina kaatopaikkasijoitukselle ovat biokaasutuksen lisäksi lähinnä kompostointi ja poltto. Näistä vaihtoehdoista biokaasutus yhteismädätyslaitoksissa on yleistymässä biohajoavien jätteiden käsittelymuotona (Latvala 2009, 28). Biokaasun lisäksi biokaasulaitoksen mädätysprosessi tuottaa käsittely- eli mädätysjäännöstä, jossa on jäljellä kaikki raaka-aineiden ravinteet ja osa hiilestä (Paavola ym. 2009, 221). Tämä molempien tuotteiden tuottaminen on biokaasutuksen, eli mädätyksen keskeinen etu polttoon ja kompostointiin verrattuna. Kompostoimalla ei saada tuotettua energiaa, vaan sen hyöty on ravinteiden kierrätyksen mahdollistamisessa. Poltossa puolestaan menetetään merkittävä osa ravinteista, koska pääosa typestä haihtuu savukaasujen mukana (Keskitalo & Kettunen 2007, 16). Näin ollen biokaasutuksen kokonaishyödyn kannalta on keskeistä, että mädätysjäännöksen ravinteet saadaan hyödynnettyä. Mädätysjäännös pyritäänkin useimmiten käyttämään lannoitevalmisteena, jolloin ravinteet saadaan hyötykäyttöön (Latvala 2009, 49).

Biokaasutuotannon raaka-aineiden sisältämien ravinteiden hallittu kierrätys on myös kestävän kehityksen mukaista, sillä näin voidaan vähentää keinolannoitteiden tarvetta ja vähentää niiden tuotannon aiheuttamaa ympäristökuormitusta. Typpi ja fosfori ovat lannoitteiden pääravinteet ja molempien tuotannossa on ongelmansa. Typen ottaminen ilmasta lannoitteita varten on hyvin energia-intensiivistä ja fosforilannoitteen raaka-aineena louhittavat malmivarat ovat

ehtymässä. Fosforiresurssien odotetaan loppuvan jopa öljyä aiemmin, nykyisellä käytöllä 50–100 vuodessa, ja typpilannoitteiden valmistukseen Haber-prosessilla käytetään noin 3–5 % maailman maakaasukulutuksesta (Paavola ym. 2009, 221; Cordell 2010, 74). Pääosa synteettisesti valmistetusta typestä tuotetaan juuri Haber-prosessilla, ja lannoitteiden valmistuksen lisäksi osa prosessilla tuotetusta typestä menee muuhun teollisuuskäyttöön (International Fertilizer Industry Association 2007, 9). Esimerkiksi viljan viljelyssä epäorgaanisten lannoitteiden valmistuksen arvioidaan vastaavan jopa 35–46 % kasvien viljelyn kuluttamasta energiasta (Lehtomäki ym. 2007, 44).

Ravinteiden lisäksi myös mädätysjäännöksen orgaanisen materiaalin palauttaminen maaperään on hyödyllistä. EU:n maaperän suojelustrategian mukaan maaperän orgaanisen aineksen väheneminen on laajamittainen ongelma. Strategian mukaan juuri erilaisista orgaanisista jäteperäisistä tuotteista saatavan stabiilien orgaanisten ainesosien käyttö maaperän humuksen lisäämiseksi sekä maaperän ominaisuuksien parantamiseksi on tärkeää (Euroopan yhteisöjen komissio 2006, 2 ja 7). Eloperäisten lannoitteiden käyttö on myös yksi mahdollisuus varastoida hiiltä maaperään, mikä hillitsee ilmastonmuutosta (Paustian ym. 2000 ja Freibauer ym. 2004, Joonan 2010, 80 mukaan).

Mädätysjäännöksen käyttö kierrätysravinnetuotteena ei ole kuitenkaan ongelmatonta. Käytössä tarvitaan mm. laaduntarkkailun kehittämistä, jotta estetään taudinaiheuttajien leviäminen sekä esimerkiksi raskasmetallien ja orgaanisten haitta-aineiden aiheuttama kontaminaatio (Paavola ym. 2009, 221). Mädätykseen soveltuvista raaka-aineista etenkin puhdistamolietteen maatalouskäytössä tarvitaan varovaisuutta. Vaikka puhdistamolietteet tarjoavat kierrätysravinteita korvaamaan mineraalilannoitteiden käyttöä, sisältävät ne myös haitta-aineita, jotka voivat saastuttaa peltoja. Puhdistamolietteiden kierrätys maanviljelykäyttöön onkin Suomessa vähäistä. Esimerkiksi Etelä- ja Länsi-Suomen alueella puhdistamolietteistä maanviljelyyn käytettiin vuosien 2004–2007 tietojen mukaan vain 9 %, lietteiden pääkäyttökohteiden ollessa viherrakentaminen (45 %) ja kaatopaikkojen maisemointiin ja muuhun vastaavaan (30 %) (Lindsberg & Vilpas 2009, 13–14). Puhdistamolietteen ravinteiden kierrätys maatalouteen ei ole ainoa ongelma. Myös muiden biohajoavien jätteiden ravinteet hukataan helposti esimerkiksi viherrakentamiseen maanviljelykäytön sijaan (Saarinen 2010). Maanviljelykäyttöä voidaan pitää

viherrakentamista tavoiteltavampana, sillä siinä voidaan saada aikaan osittain suljettuja ravinnekiertoja. Pääosa biohajoavien jätteiden ravinteista on peräisin maanviljelystä ja ravinteiden palauttamien samaan kiertoon olisi ympäristön kannalta kestävää (ks. esim. Al Seadi 2002, 6).

Keskitettyjen biokaasulaitosten taloudellinen kannattavuus perustuu tällä hetkellä paljolti porttimaksuihin (Palva ym. (toim.) 2009, 90). Muita biokaasulaitosten tuloja ovat tuotetusta energiasta ja mädätysjäännöksestä saatavat tulot. Näistä tulolähteistä juuri jäännösmateriaalissa on eniten työtä (Tuppurainen 2009, 15). Biokaasulaitoksen operatiiviset edellytykset paranevat olennaisesti sen jälkeen, kun laitoksen lopputuotteiden turvallisuus ja käyttökelpoisuus on todistettu (Paavola ym. 2009, 222).

Biokaasulaitosten lopputuotteet on ajankohtainen tutkimusaihe. Suomessa Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskuksella (MTT) on aiheesta käynnissä kaksi tutkimushanketta: Biovirta ja Biosafe. Näistä Biovirta-hanke tutkii lopputuotteiden tuotteistamista (MTT 2009a; Paavola ym. 2009, 222–223). Biosafe-hankkeessa puolestaan selvitetään orgaanisten haitta-aineiden esiintymistä suomalaisten biokaasulaitosten lopputuotteissa sekä niiden aiheuttamia riskejä (MTT 2009b). Myös Joonan tuoreessa kompostoinnin ja mädätyksen lopputuotteiden lannoitekäyttöä käsittelevässä Pro Gradu -tutkielmassa esitetään, että biomassan jalostamisen tutkimiseen tulisi edelleen panostaa jotta löydettäisiin tapoja kierrätyslannoitteiden hyötyjen maksimoimiseksi (Joona 2010, 86–87). Muuallakaan Euroopassa mädätysjäännöksen tuotteistaminen ei ole ollut itsestään selvää. Esimerkiksi Itävallassa, jossa on yli 500 biokaasulaitosta, mädätysjäännöksen hyödyntäminen isoista biokaasulaitoksista listataan yhdeksi biokaasualan keskeisistä ongelmista (Braun 2010, 2 ja 13).

1.1 Työn tausta

Tässä työssä tarkastellaan Kymenlaakson Jäte Oy:n mahdollisuuksia tuotteistaa Kymenlaakson alueella syntyvää mädätysjäännöstä. Alueelle on työn kirjoitushetkellä rakenteilla Kymen Bioenergia Oy:n yhteismädätyslaitos Kouvolan Mäkikylään. Laitokselle on myönnetty työ- ja elinkeinoministeriön energiatuki ja sen syötteet tulevat olemaan puhdistamoliete, yhdyskunta-

biojäte sekä maatalouden peltobiomassa (Työ- ja elinkeinoministeriö 2009). Laitos tulee Kouvolan Mäkikylään Kouvolan Veden jätevedenpuhdistamon viereen, ja laitoksen rakentavan Kymen Bioenergia Oy:n osakkaina ovat KSS Energia Oy, Kouvolan Vesi sekä Kymenlaakson Jäte Oy. Kymenlaakson Jäte Oy tulee toimitusjohtaja K. Martikaisen (henkilökohtainen tiedonanto 1.6.2010) mukaan olemaan Mäkikylän laitoksessa yhden pääraaka-aineen (yhdyskuntabiojätteen) toimittaja sekä vastaanottaja ainakin osalle mädätysjäännöksestä. Lisäksi Martikaisen mukaan on mahdollista, että Kymenlaakson Jäte Oy vastaanottaa kaiken Mäkikylän biokaasulaitoksessa syntyvän mädätysjäännöksen.

Kymenlaakson Jäte Oy toimii veturiyrityksenä mädätysjäännöksen tuotteistamiseen tähtäävässä lannoite-projektissa. Projekti on osa hankekokonaisuutta ”Kouvolan energia- ja ympäristötehokkuuden sekä energiaomavaraisuuden kehittäminen”. Tämä kokonaisuus on yksi Kouvolan kaupungin elinkeinostrategian metsä-, energia- ja ympäristöklusterin kolmesta hankekokonaisuudesta. (Kouvolan kaupungin elinkeinostrategia 2009.)

1.2 Työn tavoitteet ja rajaus

Tämän diplomityön tavoitteena on selvittää, miten Kymenlaakson Jäte Oy voi tuotteistaa Kymen Bioenergia Oy:n biokaasulaitoksesta syntyvän mädätysjäännöksen hyötykäyttökelpoiseksi sekä mitkä ovat mahdollisuudet tuotteiden toimittamiseksi käyttöön. Tarkennettuna tavoitteena on selvittää seuraavat asiat:

- Mädätysjäännöksen hyötykäyttö- ja loppusijoitusmahdollisuudet, keskittyen hyötykäyttöön lannoitevalmisteena viljelykäytössä
- Mädätysjäännöksen käsittelytarve ennen hyötykäyttöä tai loppusijoitusta
- Mädätysjäännöksestä valmistettujen tuotteiden logistiikkatarve eri hyötykäyttö- ja loppusijoituskohteisiin
- Hyötykäyttö- ja loppusijoituskohteiden vertailu.

Työ keskittyy tilanteeseen, jossa biokaasulaitoksen syötteessä on mukana sekä puhdistamolietettä että biojätettä, prosessitekniikkana on märkäprosessi ja mädätysjäännös kuivataan me-

kaanisesti ennen hyötykäyttöä. Tämä edellä kuvattu tilanne on tyypillinen yhteismädätyslaitoksille ja myös Mäkikylän laitoksella tilanne on vastaava.

Työn Kymenlaaksoa koskevassa osassa tarkastellaan niitä hyötykäyttövaihtoehtoja, jotka soveltuvat Mäkikylän laitoksen mädätysjäännökselle. Jatkossa on mahdollista, että Kymenlaakson Jäte Oy vastaanottaa myös muiden laitosten mädätysjäännöksiä, mutta tässä työssä tarkastellaan tarkemmin vain Mäkikylän laitoksen mädätysjäännöksen tuotteistamista. Tuotteistusvaihtoehtojen tarkastelu alkaa vaiheesta, jossa Kymen Bioenergia Oy:n yhteismädätyslaitoksesta vastaanotetaan lingolta mekaanisesti kuivattu mädätysjäännös kuljetusta sekä jatkokäsittelyä varten. Tarkempi tarkastelu tehdään tuotteen toimitukseen saakka, mutta myös tuotteiden käyttöä tarkastellaan. Vaihtoehdoista selvitetään käytännön mahdollisuudet ja lainsäädännön asettamat rajaukset. Maanviljelykäyttöön liittyen työssä on mukana kysely Kymenlaakson Jäte Oy:n lähialueen viljelijöille. Kyselyssä selvitetään tuotteiden kiinnostavuutta sekä muita käytännön kysymyksiä. Koonti kyselyn vastauksista esitetään työssä osana tuotteistusmahdollisuuksien käsittelyä.

Vaihtoehtojen taloudellisesta kannattavuudesta tehdään suuntaa antavia laskelmia, koskien logistiikkakustannuksia sekä tuotteista saatavia tulomahdollisuuksia. Koko tuotteistusketjujen tarkemmat kannattavuuslaskelmat sekä vaihtoehtojen ympäristövaikutusten analyysit on rajattu tämän työn ulkopuolelle.

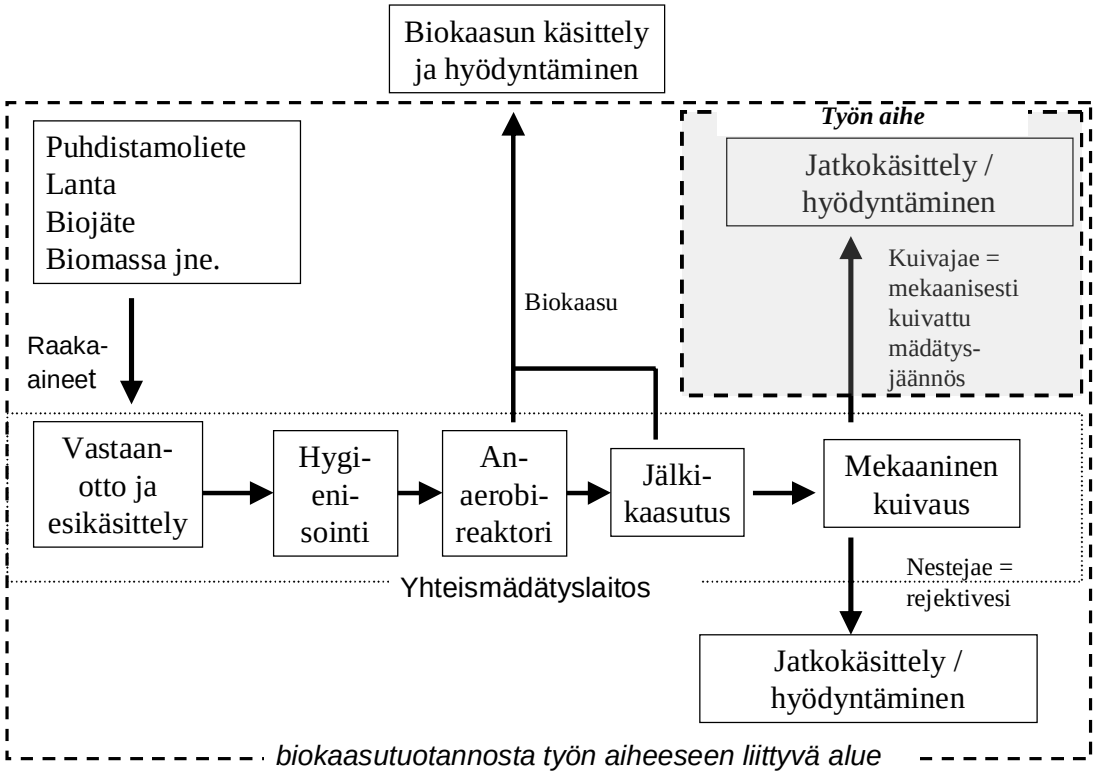
2 YHTEISMÄDÄTYSLAITOKSEN TOIMINTA

Mikrobien hajottaessa orgaanista ainesta hapettomissa olosuhteissa syntyy biokaasua. Biokaasua syntyy jatkuvasti luonnossa sekä kaatopaikoilla, joissa on biohajoavaa ainesta. Lisäksi biokaasun tuottaminen on mahdollista myös hallitusti tarkoitusta varten rakennetuilla biokaasureaktoreilla. Biokaasulaitoksen tuottama biokaasu on paljon energiaa sisältävä polttoaine ja se tarjoaa mahdollisuuksia sekä liikennepolttoaineena että lämmön- ja sähköntuotannossa.

Biokaasureaktorilaitokset jaotellaan usein raaka-aineiden mukaan yhdyskunnan tai teollisuuden jätevedenpuhdistamoiden laitoksiin, maatilalaitoksiin ja yhteismädätyslaitoksiin. Esimerkiksi Latvala (2009, 10) ja Kuittinen ym. (2010, 15) käyttävät tätä jaottelua. Yhteismädätyslaitoksissa mädätetään useita materiaaleja samaan aikaan ja niistä käytetään myös nimeä yhteiskäsittelylaitokset. Suomessa oli vuonna 2009 toiminnassa jätevedenpuhdistamoiden biokaasulaitoksia 19, maatalouden biokaasulaitoksia 9 sekä yhteismädätyslaitoksia 4 (Kuittinen ym. 2010, 3 ja 21–25). Tämän jälkeen etenkin yhteismädätyslaitoksia on käynnistetty lisää, ja vuoden 2010 tilanteen mukaan yhteismädätyslaitoksia on jo kahdeksan kappaletta. Laitokset ovat listattu tarkemmin luvussa 2.1.

Yhteismädätyksen keskeinen etu on se, että siinä voidaan tasapainottaa syötteen ravinne- ja kosteuspitoisuuksia siten, että metaanintuotanto ja orgaanisen aineksen hajoaminen paranevat (Lehtomäki ym. 2007, 30). Jätteen mädätyksestä tehdyissä tutkimuksissa onkin todettu, että erityyppisten jätteiden yhteismädätys tuottaa enemmän biokaasun energiasisällön kannalta arvokasta ainesta, eli metaania, kuin jätteiden erillismädätys (Peura 2004, Myllymaan ym. 2008, 22 mukaan). Myös mittakaavallisesti on järkevää rakentaa useamman pienemmän laitoksen sijasta yksi laitos kaikille jätejakeille (Lehtomäki ym. 2007, 30).

Biokaasutuotannon lisäksi biokaasulaitos tuottaa käsittely- eli mädätysjäännöstä. Yhteismädätyslaitoksella mädätysjäännös kuivataan tyypillisesti mekaanisesti ja tämän jälkeen jäännöksen kuiva- ja nestejae käsitellään erikseen sekä saatetaan markkinoille (Latvala 2009, 21). Jotta mädätysjäännöksen kierrätys olisi mahdollista, tulee ottaa huomioon mädätyksen raaka-aineet, mädätysprosessi sekä itse jäännös (Al Seadi 2002, 3). Pääosalla biokaasutuotannon osioista on merkitystä tämän työn aiheen, eli mädätysjäännökseen hyödyntämisen kannalta. Kuvassa 1 on esitetty tarkemmin rajaus biokaasutuotannon osioista, jotka liittyvät tämän työn aiheeseen. Biokaasun käsittely ja hyödyntäminen on rajattu työstä pois, koska ne eivät liity työn aiheeseen.



Kuva 1. Tyypillisen yhteismädätyslaitoksen prosessikaavio sekä rajaus osioista jotka liittyvät työn aiheeseen. Prosessikaavio on tehty mukaillen Satakiertoa (2007, 10) sekä Latvalaa (2009, 21 ja 28).

2.1 Yhteismädätyslaitokset Suomessa

Taulukkoon 1 on koottu Suomen toiminnassa olevat tai toimintansa vuonna 2010 aloittavat yhteismädätyslaitokset. Stormossenin laitosta lukuun ottamatta kaikki ovat aloittaneet toimintansa 2000-luvulla. Yhteismädätyslaitokset ovatkin Suomessa melko uusi konsepti (Latvala 2009, 28).

Taulukko 1. Suomen yhteismädätyslaitokset, jotka ovat toiminnassa tai aloittavat vuoden 2010 aikana.

Laitos ja rakennus/aloitusvuosi	Keskeisiä syötteitä[a]	Kapasiteetti [t/a]	Syöte- ja kapasiteettitietojen lähteet
Biovakka Oy, Vehmaan laitos (2005)	Sian lietelanta, biojätteet, elintarvike- ja entsyymiteollisuuden jätteet, (puhdistamoliete)[b]	120 000	Latvala (2009, 13); Kuittinen & Huttunen (2009, 39-42); Evira (2010c)
Vambio Oy, Huittinen (2010)	Eläinten lanta, teollisuuden biohajoavat jätteet, puhdistamoliete	60 000	Evira (2010c); Vambio (2010a & 2010c)
Lakeuden Etappi, Ilmajoki (2007)	Puhdistamolietteet, kuntien ja teollisuuden biojätteet	52 000	Latvala (2009, 13); Kuittinen & Huttunen (2009, 39-42)
Envor Biotech, Forssa (2010)	Puhdistamolietteet, kasvijäte, lanta, biojätteet	28 000	Latvala (2009, 13)
Stormossen Ab Oy, Mustasaari (1990 ja 1994)	Biojäte, puhdistamolietteet[c]	23 400	Latvala (2009, 13); Kuittinen & Huttunen (2009, 39-42)
Biokymppi, Kitee (2010)	Biojäte, teurasjäte ja muut elintarviketeollisuuden sivuvirrat, karjanlanta, puutarhajäte, peltobiomassa, puhdistamoliete[d]	19 000	Kuittinen ym. (2010, 26); Evira (2010c)
Satakierto, Köyliö (2009)	Elintarviketeollisuuden lietteet, erilliskerätty biojäte sekä jätevedenpuhdistamolietteet	19 000	Latvala (2009, 13); Satakierto.
Laihian kunnan biokaasulaitos (2003)	Biojäte, mallasliete, puhdistamoliete	2 300	Latvala (2009, 13); Kuittinen & Huttunen (2009, 39-42)

Huom: Mukana ovat vuoden 2009 biokaasulaitosrekisterin (Kuittinen ym. 2010, 26–27) listauksen lisäksi Vambio Oy:n laitos, joka on aloittanut toimintansa vuonna 2010 (Vambio 2010a).

[a] biojäte sisältää ruokajätteen.

[b] puhdistamolietettä saa laitoksella olla enintään 1 % (M. Isotalo, tuoteasiantuntija / Biovakka Suomi Oy, henkilökohtainen tiedonanto 4.10.2010). Puhdistamoliete mainitaan syötteenä vain Eviran (2010c) listan mukaan, mutta ei muissa lähteissä.

[c] puhdistamoliete ja biojäte mädätetään eri reaktoreissa.

[d] puhdistamoliete on raaka-aineena vain toisessa reaktorissa.

Suomessa on taulukon 1 lisäksi suunnitteilla tai rakenteilla 12 uutta yhteismädätyslaitosta (Kuittinen ym. 2010, 27). Näistä yksi on siis tässä työssä tarkemmin käsiteltävä Kymen Bioenergia Oy:n tuleva laitos Kouvolaan. Yhteismädätyslaitosten materiaalin käsittelykapasiteetti on valtaosalla (seitsemällä yhdeksästä) laitoksista välillä n. 20 000 - 60 000 t/a, suurimman laitoksen kapasiteetin ollessa 120 000 t/a (taulukko 1). Jätevedenpuhdistamolaitosten yhteydessä olevissa biokaasulaitoksissa Biovakan Turun laitoksella on mahdollisuus käyttää puhdistamolietteen lisäksi lantaa (Evira 2010c), jolloin se olisi myös yhteismädätyslaitokseksi laskettava. Laitos kuitenkin käyttää syötteenä vain puhdistamolietettä (Evira 2010h).

2.2 Yhteismädätyksen raaka-aineet

Mädätyslaitoksen raaka-aineilla on olennainen merkitys mädätysjäännöksen koostumukseen ja hyötykäyttömahdollisuuksiin. Yhteismädätyksen perusraaka-aine on usein lanta tai puhdistamoliete, sillä niistä saa tarvittavat ravinteet, niillä on korkea puskurointikyky ja raaka-ainetta on saatavilla suuria määriä jatkuvasti (Heikkinen 2010, 11). Muita tyypillisiä yhteismädätyslaitoksilla käsiteltyjä materiaaleja ovat kasvibiomassa, erilliskerätty biojäte, saostuskaivolietteet sekä teollisuuden jätevedet ja sivuvirrat (Latvala 2009, 21). Erityisen hyvin anaerobiseen mädätykseen soveltuvat materiaalit, jotka sisältävät helposti biohajoavia aineksia, kuten hiilihydraatteja, proteiineja ja rasvoja (Pipatti ym. 1996, 33).

Biokaasulaitoksen raaka-aineissa olennaisia eroja on esimerkiksi niiden metaanintuotantopotentiaalissa. Biokaasua syntyy sitä enemmän, mitä enemmän raaka-aineessa on helposti hajoavaa orgaanista ainesta (Latvala 2009, 25). Tyypillisistä yhteismädätyksen raaka-aineista erilliskerätty biojäte ja peltobiomassa sisältävät paljon helposti hajoavaa orgaanista ainesta (Latvala 2009, 25). Biojätteen ja kasvibiomassan metaanintuottopotentiaalit ovatkin märkäpainossa selvästi korkeampia kuin puhdistamolietteen ja lehmän- tai sianlannan (taulukko 2).

Taulukko 2. Biokaasutuotannon raaka-aineiden metaanintuottopotentiaaleja (Lehtomäki ym. 2007, 19).

Materiaali	**Metaanintuottopotentiaali**	
	m^3 CH_4 / t org. ainesta	**m^3 CH_4 / t märkäpaino**
Teurasjäte	570	150
Biojäte	500-600	100-150
Kasvibiomassa	300-450	30-150
Jätevesipuhdistamon liete	200-400	5-15
Lehmänlanta	100-250	7-14
Sianlanta	300-400	17-22

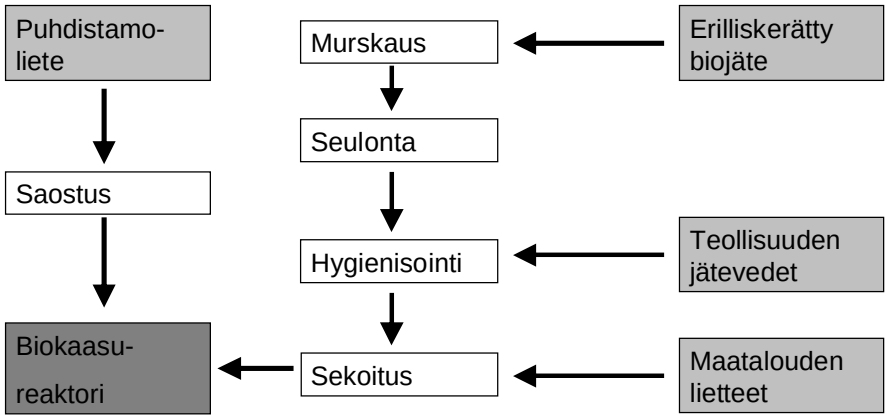
Raaka-aineissa on selvää taloudellista eroa myös siinä, onko materiaali jätettä vai ei. Mikäli materiaali lasketaan jätteeksi, (lanta, jäte tai liete) toimii biokaasulaitos jätteenkäsittelylaitoksena ja laitos saa raaka-aineiden toimittajalta porttimaksuja. Kasviperäinen vihreä biomassa

taas on itsessään raaka-aine, josta laitos maksaa raaka-aineen toimittajalle. (Gustafsson & Stoor 2008, 5). Parhaan metaanituotannon saamiseksi on optimoitava syötettävien materiaalien laatu, määrä ja sekoitussuhde (Lehtomäki ym. 2007, 30). Esimerkiksi biokaasulaitoksen tarvitsemat ravinteet eivät ole välttämättä orgaanisissa jätemateriaaleissa oikeassa suhteessa (Luostarinen 2009, 17).

2.3 Syötteiden vastaanotto ja esikäsittely

Mädätyksen syötteen laadunvalvonta on yksi keskeisistä keinoista, jotta mädätysjäännös voidaan hyödyntää turvallisesti. Syötteen laadunvalvonta sisältää sekä laitokselle vastaanotettavien raaka-aineiden laadunvalvonnan että niiden esikäsittelyn ennen mädätysprosessia. (Al Seadi 2002, 10–18.) Syötteiden esikäsittelyä ennen mädätystä tarvitaan myös, jotta varmistetaan laitoksen tehokkuus sekä lainsäädännön vaatimusten täyttäminen. Syötteen esikäsittelyn teknisenä tavoitteena on poistaa epäpuhtaudet, murskata materiaali sopivaan palakokoon, homogenisoida syöteseos sekä säätää syöteseoksen kuiva-ainepitoisuus ja prosessin orgaaninen kuorma halutuksi. Lisäksi syötteet voidaan joutua hygienisoimaan tai steriloimaan. (Latvala 2009, 22–23.) Hygienisointia ja sterilointia käsitellään tarkemmin seuraavassa luvussa 2.4.

Yhteismädätyslaitoksilla on käytössä monenlaisia esikäsittelylaitteistoja monipuolisista syötteistä johtuen. Tyypillisesti eri syötteille on erilaiset esikäsittelyt (kuva 2). Syötteet tulevat laitokselle lietevaunulla, säiliöautolla tai mikäli etäisyys on riittävän lyhyt, siirtoputkella (Latvala 2009, 28).



Kuva 2. Yhteismädätyslaitoksen syötteiden tyypillinen vastaanotto ja esikäsittely (mukaillen Latvala 2009, 23 ja 28).

Kuvan 2 esikäsittelylaitteiden lisäksi käytetään biojätteen osalta usein muovipusseja erottavaa repijää sekä jätevesilietteitä ja muita lietemäisiä syötteitä varten välppää erottamaan kiinteät epäpuhtaudet (Latvala 2009, 23). Toisaalta puhdistamolietteen materiaali on ajettu jo jätevedenpuhdistamolaitoksen esikäsittelyssä lähes aina välpän läpi (Karttunen 2004, 498). Kiinteille materiaaleille, kuten kasvibiomassalle, joita ei ole kuvassa 2, esikäsittelyratkaisuina voi olla esimerkiksi huuhtelujärjestelmä (Palva ym. (toim.) 2009, 83).

2.4 Hygienisointi ja sterilointi

Mikäli laitoksella valmistetaan käsittelyjäännöksestä lannoitevalmisteita tai laitoksen käsittelemä raaka-aine on eläinperäistä, materiaalien käsittelyssä on tiettyjä lainsäädännöllisiä erityisvaatimuksia hygienian suhteen. Lannoitevalmistetuotteiden pitää täyttää tuotteen tyyppinimelle annetut ehdot, jotka annetaan Maa- ja Metsätalousministeriön lannoitevalmisteasetuksessa (MMMa 12/07). Asetuksessa on tuotteiden hygieniasta ehtoja, jotka koskevat myös biokaasulaitoksen prosessia. Lannoitevalmistelainsäädäntöä, joka sisältää lannoitevalmisteasetuksen ehdot eri tyyppinimille, käsitellään tarkemmin luvussa 4.1.

Mikäli laitos käsittelee eläinperäisiä raaka-aineita, koskevat sitä sivutuoteasetuksen (EY 1774/2002) käsittelyvaatimukset, riippumatta siitä, valmistaako laitos lannoitevalmisteita. Sivutuoteasetus on annettu ”muiden kuin ihmisravinnoksi tarkoitettujen eläimistä saatavien sivutuotteiden terveyssäännöistä”. Sivutuoteasetus jakaa eläinperäiset sivutuotteet eläintautiriskien mukaan kolmeen luokkaan, joissa luokan 1 sivutuotteilla on korkein riski ja luokan 3 sivutuotteilla matalin riski. Luokan 2 ja 3 sivutuotteita voi käsitellä biokaasu- ja kompostointilaitoksilla erikseen säädetyin hygienia- ja käsittelymenetelmin. (Europa 2008.) Nämä hygienia- ja käsittelyvaatimukset on kuvattu taulukossa 3.

Taulukko 3. Voimassa olevan **s**ivutuoteasetuksen mukaiset hygienisointi- ja sterilointivaatimukset eläinperäisille sivutuotteille (EY 1774/2002).

Käsittely	**Käsittelyn kuvaus**	**Syötteet joille käsittely tarvitaan**
Hygienisointi / pastörointi	Käsittely min. 1 tunti 70 °C. Partikkelikoko max. 12 mm ennen käsittelyä [a]	Luokkaan 3 kuuluvat eläinperäiset sivutuotteet[a], esimerkiksi ruokajäte ja elintarviketeollisuuden sivutuotteet[b].
Sterilointi	Min. 20 minuuttia 133 °C, 3 barin paineessa. Partikkelikoko max. 50 mm ennen käsittelyä [c]	Luokkaan 2 kuuluvat eläinperäiset syötteet lantaa lukuun ottamatta[c]

[a] Sivutuoteasetuksen liite VI, II luku, kohta 12

[b] Esimerkit sivutuoteasetuksen tiivistelmästä (Europa 2008).

[c] Sivutuoteasetuksen liite VI, II luku, kohta 4 sekä liite V, III luku.

Sivutuoteasetuksen mukainen hygienisointivaatimus koskee melko yleisesti biokaasulaitoksia, sillä luokan 3 sivutuotteita on melko monessa laitoksessa käsiteltävänä (Evira 2010c). Yleisesti yhteiskäsittelylaitoksilla syötteenä oleva yhdyskuntabiojäte on eläinperäistä sivutuotetta. Se luokitellaan Suomessa sivutuoteasetuksen luokkaan 3 kuuluvaksi ruokajätteeksi (O. Venelampi, ylitarkastaja / Evira, henkilökohtainen tiedonanto 16.8.2010). Kansallisen sivutuoteasetuksen sovelluksen mukaan ruokajätteen sekä lannan osalta riittävää on taulukon 3 mukaisen hygienisoinnin lisäksi myös termofiilisellä lämpötila-alueella tapahtuva mädätys (Evira 2010g). Termofiilisessä mädätyksessä lämpötila on korkeampi kuin yleisemmässä, eli mesofiilisessä mädätyksessä. Mikäli yhteiskäsittelylaitos käsittelee puhdistamolietettä, mutta ei biojätettä, sitä ei koske sivutuoteasetuksen mukaiset hygienisointi- tai sterilointivaatimukset. Puhdistamolietteen mädätystä koskee kuitenkin lannoitevalmistelainsäädännön säädökset hygieniasta, jos mädätysjäännöstä käytetään lannoitevalmisteena.

Tarpeellinen hygienisointi voidaan tehdä joko ennen tai jälkeen mädätysreaktorin. Jos se tehdään jälkikäsittelynä, yhteismädätyslaitoksella käsittelyä ei pystytä enää kohdentamaan pelkästään käsittelyä vaativalle materiaalille, vaan koko materiaaliseos pitää hygienisoida. Syöteseosta tulee nimittäin käsitellä vaativimman syötteen sääntöjen mukaan (Latvala 2009, 38).

Vuonna 2009 annettiin uusi sivutuoteasetus (EY 1069/2009) ja se on voimassa 4.3.2011 alkaen. Asetuksesta on tekeillä lisäksi toimeenpanoasetus, joka valmistunee vuoden 2011 alkuun (Vuorinen 2009, 4). Toimeenpanoasetuksessa määritellään tarkemmat vaatimukset ja tämän hetken tiedon mukaan siinä ei ole tulossa muutoksia biokaasulaitosten nykyisiin käsittelyvaatimuksiin (O. Venelampi, ylitarkastaja / Evira, henkilökohtainen tiedonanto 16.8.2010).

2.5 Mädätysprosessi

Biokaasulaitoksen mädätysprosessi on materiaalin anaerobista käsittelyä. Käsittelyssä aines suljetaan hapettomaan reaktoriin, jossa orgaanista ainesta hajottavat bakteerikannat. Biokaasutuotannossa (kuva 1) mädätysprosessi sisältää anaerobisen reaktorin sekä jälkikaasutussäiliön.

Biokaasulaitoksen reaktori on tyypillisesti betoninen tai teräksinen pystysäiliö, jonka tilavuus on 20- 30 % käsiteltävää määrää suurempi, jolloin on varaa käsiteltävän määrän vaihteluille sekä tilaa syntyvälle vaahdolle ja biokaasulle. Reaktorissa bakteerit käyttävät ravinnokseen orgaanista ainesta ja hajoamistuotteita. Biokaasulaitoksen syöteseoksen orgaaninen aines sisältää mm. hiilihydraatteja, proteiineja sekä lipidejä, joista muodostuu eri biologisten hajoamisvaiheiden myötä metaania. Hajoamisvaiheita on neljä (hydrolyysivaihe, happokäymisvaihe, asetogeneesivaihe ja metanogeneesi) ja kussakin vaiheessa hajottajina toimivat eri bakteerit. Mädätys tuottaa biokaasua, joka sisältää pääasiassa metaania (CH_4), hiilidioksidia (CO_2) ja pieniä määriä (alle 2 %) esimerkiksi happea (O_2), typpeä (N_2) ja kosteutta. (Latvala 2009, 29–30 ja 40.)

Mädätysprosessissa on ylläpidettävä mädätysbakteereille suotuisia olosuhteita, muuten biokaasun tuotanto ja materiaalin hajoaminen pysähtyy (Gustafsson & Stoor 2008, 8). Inhibitio on haittavaikutus, joka häiritsee prosessin biologista toimintaa. Haittavaikutus havaitaan yleensä biokaasusaannon tai kaasun metaanipitoisuuden laskuna. Inhiboivia tekijöitä voi olla niin käsiteltävissä tuotteissa (esim. puhdistusaineet, raskasmetallit) kuin syntyä prosessin välituotteina (esim. ammoniakki) (Latvala 2009, 36).

Prosessin tarkemmalle tekniselle toteutukselle on useita eri vaihtoehtoja (taulukko 4). Biokaasuprosessi on näiden vaihtoehtojen yhdistelmä ja mahdollisia ovat lähes kaikki yhdistelmät (Palva ym. (toim.) 2009, 84).

Taulukko 4. Mädätysprosessin teknologiavaihtoehdot (Palva ym. (toim.) 2009, 84).

Vaihtoehdot	Kuvaus[a]	Yleisemmin käytössä
Märkä- / Kuivaprosessi	Kuiva-ainepitoisuus alle 15 % tai n. 20–40 %	Märkäprosessi
Mesofiilinen / termofiilinen	Lämpötila 35–38 °C tai n. 55 °C	Mesofiilinen
Panos- / Jatkuvatoiminen	Materiaali viipyy tietyn ajan reaktorissa, minkä jälkeen se vaihdetaan uuteen tai uutta raaka-ainetta syötetään jatkuvasti. Syöttötahti voi olla myös näiden väliltä (puolijatkuvatoiminen)	Puolijatkuvatoiminen (syötettä syötetään esim. muutamia kertoja päivässä)
Yksi- / Monivaiheinen	Koko anaerobikäsittely yhdessä vaiheessa tai useammassa eri vaiheessa	Yksivaiheinen

[a] järjestys sama kuin vaihtoehdoissa edellisessä sarakkeessa

Märkäprosessin kuiva-ainepitoisuuden raja on siinä, miten pumput ja sekoittimet kestävät sakeita syötteitä. Korkeamman kuiva-ainepitoisuuden prosessissa eli ns. kuivaprosessissa kuiva-ainepitoisuus on 20–50 %. Siinä syötettä ei voi pumpata, vaan siirto ja sekoitus tapahtuvat muulla tavalla. Suomessa märkäprosessi on selvästi yleisempi, ja toistaiseksi Suomeen on rakennettu vasta yksi kuivaprosessia käyttävä koelaitos. Euroopan kuivaprosessilaitokset ovat pääasiassa biojätteen käsittelyyn. (Latvala 2009, 29 ja 32)

Termo- ja mesofiilisella lämpötila-alueilla (taulukko 4) elävät erilaiset orgaanista ainesta hajottavat bakteerikannat (Latvala 2009, 29). Myös alle 20 °C lämpötila, eli psykrofiilinen vaihtoehto on mahdollinen, mutta näitä prosessilämpötiloja käytetään vain harvoin, lähinnä joidenkin jätevesien tapauksissa (Palva ym. (toim.) 2009, 84). Mesofiilinen prosessi ei ole niin

herkkä lämpötilan vaihteluille ja lisälämmityksen tarve on 10-30 % pienempi kuin termofiilisessä prosessissa. Termofiilisen prosessin etuja ovat parempi hygienisointi sekä mahdollisuus käyttää korkeampaa kuormitusta ja nopeampaa käsittelyaikaa jolloin reaktoritilan tarve vähenee. (Latvala 2009, 34)

Prosessin monivaiheistamisen (taulukko 4) syynä on, että eri hajoamisketjun vaiheiden optimiolosuhteet vaihtelevat hieman. Kun monivaiheistuksessa säädetään sopivat olosuhteet eri , reaktoreihin eri hajoamisvaiheita varten, voidaan tehostaa hajotusta ja kaasuntuottoa. Yleensä jako tehdään kahteen vaiheeseen, jolloin ensimmäisessä tapahtuu happokäyminen ja toisessa metaanimuodostus eli metanogeneesi. Monivaiheisessa prosessissa voidaan käyttää myös samoja olosuhteita. Tuolloin tarkoitus on välttää riskiä oikovirtaukseen, eli tilannetta, jossa osa materiaalista virtaisi nopeasti sisään ja ulos, jolloin se ei tule mädätetyksi. (Lehtomäki ym. 2007, 34–35; Palva ym. (toim. 2009, 84).

2.6 Mädätysjäännöksen mekaaninen kuivaus

Märkäprosessissa mädätysjäännöksen kuiva-ainepitoisuus ennen kuivausta on noin 3–15 % (Latvala 2009, 51). Yhteismädätyslaitoksilla mädätysjäännös kuivataan tyypillisesti ensin mekaanisesti, jonka jälkeen sitä voidaan jatkokäsitellä esimerkiksi kompostoimalla tai termisesti kuivaamalla (Latvala 2009, 51). On myös mahdollista että märkäprosessilla toimivalla yhteiskäsittelylaitoksella ei ole mekaanista kuivausta. Mädätysjäännöstä, jota ei ole mekaanisesti kuivattu, hyödynnetään ainakin Biovakan Vehmaan (Biovakka Suomi 2010b) sekä Vambio:n laitoksella (Watrec 2010).

Märkäprosessin mädätysjäännöksen kuivausta voidaan verrata muiden vastaavan kuiva-ainepitoisuuden omaavien lietteiden kuivaukseen (Latvala 2009, 51). Lietteen poisto ja loppusijoittaminen edellyttää yleisesti, että liete on ainakin puolikiinteässä muodossa, eli ”lapioitavissa”, joka vastaa vähintään 20 % kiinto-ainepitoisuutta (Karttunen 2004, 569). Taulukkoon 5 on koottu käytössä olevat tekniikat lietteiden mekaaniseen kuivaukseen.

Taulukko 5. Lietteen mekaaniset kuivausmenetelmät (Karttunen 2004, 566–569).

Tekniikka	Toimintaperiaate	Saavutettava kiinto-ainepitoisuus (maksimi)
Imusuodattimet	Pumpun imu vetää lietteen viiran päälle ja imee lietteestä vapautuvan veden rummun pyöriessä	20 - 30 %
Suotonauhapuristimet	Vesi puristetaan viirojen läpi	20 - 40 %
Lingot	Liete erottuu keskipakovoiman avulla	20 - 30 %

Mekaanisella kuivauksella voidaan päästä enintään 40 % kuiva-ainepitoisuuteen (taulukko 1). Lietteenkuivauslaitteiston valintaan vaikuttavat lietteen kuiva-ainepitoisuus, käytettävissä oleva energia ja sen hinta, tilavaatimukset sekä kuivatun lietteen haluttu laatu ja laitteen kapasiteetti (Latvala 2009, 51). Uusissa laitoksissa lietteenkuivauksessa yleinen tekniikka on ollut linkokuivaus (Karttunen 2004, 569). Lietteen mekaanisessa kuivauksessa käytetään käsittelytuloksen parantamiseen usein kuivausta edistäviä polymeerejä (Latvala 2009, 51). Polymeerejä on useita erilaisia ja lietteen laatu vaikuttaa siihen, mikä polymeeri on tehokkain sekä mikä on sopiva polymeerin käyttömäärä (Karttunen 2004, 578).

Kuiva-ainepitoisuuden lisäksi myös muut lietteiden tekijät vaikuttavat niiden kuivattavuuteen. Esimerkiksi solunsisäistä nestettä sisältävä liete (esim. bioliete) on vaikeampaa kuivata kuin kuitupitoinen liete (esim. primääri- eli raakaliete). Puhdistamolietteissä vesipitoisuus jakautuu seuraavasti: 70 - 75 % on vapaata vettä, 20–25 % adheesio- ja kapillaarivettä ja noin 2 % on adsorptio- ja solunsisäistä vettä. Näistä vapaa vesi voidaan poistaa sakeutuksella, mutta adheesio- ja kapillaarivesi on partikkeleihin sitoutunutta, joten sen poistamiseen tarvitaan mekaanista kuivausta. Adsorptio- ja solunsisäinen vesi voidaan poistaa mekaanisesti ja termisesti kemiallisen kunnostuksen jälkeen. (Lohiniva ym. 2001, 52.)

2.7 Rejektiveden käsittely ja hyödyntäminen

Käsittelyjäännöksen kuivauksessa syntyy väkeviä vesiä, eli rejektivesiä. Mekaanisessa kuivauksessa syntyy rejektivettä noin 75–90 % ja mekaanista kuivausta mahdollisesti seuraavassa

termisessä kuivauksessa noin 70 % kuivausyksikössä kuivattavan lietteen määrästä. (Latvala 2009, 55.)

Yhteiskäsittelylaitosten rejektivedet voivat soveltua sellaisenaan orgaaniseksi lannoitteeksi, mikäli laitoksen syötteet ovat vain eläin- ja kasviperäistä materiaalia (MMMa 12/07, liite I). Toisaalta tämä tarkoittaa sitä, että puhdistamolietettä sisältävä rejektivesi ei sovellu lannoitteeksi. Latvalan (2009) mukaan laitoksen käsitellessä puhdistamolietteitä, rejektivedet ovatkin poikkeuksetta käsiteltävää jätevettä. Rejektivesien käsittely tehdään fysikaalis-biologis-kemiallisesti puhdistamalla tai muuten soveltuvasti. Jätevedenpuhdistamon yhteydessä olevalla biokaasulaitoksella rejektivedet voidaan yleensä johtaa suoraan takaisin jätevedenpuhdistamon alkupäähän. (Latvala 2009, 55 ja 75-76.) Lakeuden Etapin laitospäällikkö E. Yli-Rahnaston (henkilökohtainen tiedonanto 28.10.2010) mukaan puhdistamolietettä sisältävästä rejektivedestä voitaisiin myös ottaa typpeä talteen strippausprosessilla hyödynnettäväksi esim. kuivajakeesta valmistetun lannoitevalmisteen ravinnepitoisuuksien nostamiseen. Ongelmana tässä on Yli-Rahnaston mukaan kuitenkin strippausprosessin korkeat investointi- ja käyttökustannukset. Typen erottaminen jätevedestä strippaamalla tapahtuu siten, että veden pH nostetaan yli 7:ään, jolloin ammoniumtyppi muuntuu kaasumaiseksi ammoniakiksi, joka voidaan erottaa kaasun strippauksella (Metcalf & Eddy 2003, 1163). Tuotteena saatavalle ammoniumvedelle tai ammoniumsuolaliuokselle on lannoitekäytön lisäksi käyttökohteita myös teollisuudessa (Latvala 2009, 81).

Biovakan Vehmaan sekä Turun biokaasulaitoksilla on ollut käytössä rejektiveden käsittelyssä ammoniakin strippausmenetelmä. Vehmaalla stripattu ammoniakki pestään vedellä ja Turussa rikkihapolla. Tällöin saatavat tuotteet eroavat siten, että Vehmaan laitokselta saadaan puhdasta ammoniumtyppeä (tuotenimi N5) ja Turun laitoksella mukana on myös rikkiä (tuotenimi N5S). Nämä tuotteet ovat epäorgaanisiksi lannoitteiksi soveltuvia ja tavoite on, että ne saadaan lannoitekäyttöön keväällä 2011. Molemmissa tuotteissa liukoisen typen pitoisuus on noin 5 %. Kuljetus- ja levityskustannusten kannalta pitoisuutta olisi tarpeellista saada vielä korkeammaksi, mutta tuolloin tarvittaisiin erillinen väkevöintilaitteisto. (M. Isotalo, tuoteasiantuntija / Biovakka Suomi Oy, henkilökohtainen tiedonanto 11.11.2010.)

3 MEKAANISESTI KUIVATUN MÄDÄTYSJÄÄNNÖKSEN OMINAISUUDET HYÖTYKÄYTÖN KANNALTA

3.1 Jäännöksen määrä ja kuiva-ainepitoisuus

Kuivatun mädätysjäännöksen määrä riippuu biokaasulaitoksen raaka-ainemäärän lisäksi orgaanisen aineksen häviämästä mädätyksessä sekä jäännöksen kuivauksen tehokkuudesta. Taulukossa 6 on esitetty kaksi esimerkkiä kuivatun jäännöksen määrästä. Loppuosa jäännöksestä on rejektivettä, jota taulukon 6 esimerkeissä on siis valtaosa jäännöksestä (81 % tai 59 %).

Taulukko 6. Esimerkkejä mekaanisesti kuivatun mädätysjäännöksen määrästä. Osuudet ovat massaosuuksia.

	Biovakan Vehmaan prosessi (Isotalo 2009, 8)	**Yhteismädätyslaitosesimerkki (Latvala 2009, 56)**
Kuivatun jäännöksen määrä suhteessa kuivaamattomaan	19 %	41 %
Kuivatun jäännöksen määrä suhteessa raaka-ainemäärään	17 %	37 %

Märkäprosessin jälkeen linkokuivatun biomassan kuiva-ainepitoisuuden vaihteluksi ilmoitetaan noin 25–33 %, ja massa on tuolloin olomuodoltaan kiinteää (Myllymaa ym. 2008, 23a). Pieni osa lietteen kuiva-aineesta siirtyy mekaanisessa kuivauksessa rejektiveteen. Lietteen mekaanisessa kuivauksessa kuiva-aineesta saadaan kuiva-osaan talteen noin 90–95 %, imusuodattimen ollessa tässä paras vaihtoehto (Karttunen 2004, 569).

Kuiva-ainepitoisuudella on merkitystä mm. mädätysjäännöksen käsiteltävyyteen, siirrettävyyteen ja teholliseen lämpöarvoon. Mekaanisessa kuivauksessa kuivausta edistäviä polymeerejä käyttämällä lingolla ja suotonauhapuristimella päästään tyypillisesti noin 15–25 %:n sekä ruuvipuristimella noin 15–35 % kuiva-ainepitoisuuteen (Latvala 2009, 51-52). Esimerkiksi Biovakan Vehmaan laitoksella mädätysjäännöksen kuiva-ainepitoisuus nousee linkoamalla kuitenkin noin 30 %:iin (Peltonen & Harmoinen (toim.) 2009, 36).

3.2 Orgaanisen aineksen pitoisuus

Orgaanisen aineksen pitoisuudella on merkitystä sekä jäännöksen energiasisältöön että maanparannusarvoon. Biokaasuprosessissa ei pystytä hajottamaan kaikkea käsiteltävässä materiaalissa olevaa hiiltä metaaniksi (Lehtomäki ym. 2007, 9), joten osa orgaanisesta aineksesta jää jäljelle käsittelyjäännökseen. Orgaanisen aineksen häviämä riippuu siitä, kuinka hyvin materiaali hajoaa biokaasuksi. Esitetty muunnos biokaasuprosessissa materiaalien orgaanisesta aineesta metaaniksi ja hiilidioksidiksi on 30–80 % (Lehtomäki ym. 2007, 44; Palva ym. (toim.) 2009, 86). Myös hiilen häviämä kuvaa orgaanisen aineksen häviämää. Joonan (2010, 66) keräämien tietojen mukaan hiilen häviämä mädätyksessä on noin 27–75 %, ollen jonkin verran kompostointiprosesseja suurempaa.

Mekaanisesti kuivatussa mädätysjäännöksessä orgaanisen aineksen pitoisuus on raaka-aineista ja prosessista riippuen noin luokkaa 30–50 % kuiva-aineesta. Esimerkkeinä yhteismädätyslaitoksista mekaanisesti kuivatun mädätysjäännösten orgaanisen aineksen pitoisuus oli Biovakan Vehmaan laitoksella keväällä 2010 31,8 % kuiva-aineesta (Biovakka Suomi 2010a) ja Satakierron laitoksella keväällä 2009 40 % kuiva-aineesta (Satakierto 2009). Jätevedenpuhdistamon yhteydessä olevan Biovakan Turun laitoksen mekaanisesti kuivatun orgaanisen aineksen pitoisuus keväällä 2010 puolestaan oli 46,5 % kuiva-aineesta (Biovakka Suomi 2010a).

3.3 Ravinteet

Kasvien pääravinteiksi kutsutaan yleisesti typpeä (N), fosforia (P) ja kaliumia (K), sillä niiden pitoisuudet ovat yleensä kasvua rajoittavia, ns. kasvun minimitekijöitä. Kalsiumia (Ca), magnesiumia (Mg) sekä rikkiä (S) puolestaan kutsutaan sivuravinteiksi. Pää- ja sivuravinteita vähemmän tarvittavia hivenravinteita on lisäksi seitsemän: rauta (Fe), mangaani (Mn), sinkki (Zn), kupari (Cu), molybdeeni (Mo), boori (B) ja kloori (Cl). (Peltonen & Harmoinen (toim.) 2009, 9.)

Kasvit hyödyntävät typen epäorgaanisessa muodossa joko nitraattityppenä (NO_3^-) tai ammoniumtyppenä (NH_4^+). Suomessa käytettävissä keinolannoitteissa typpi on nitraatti- ja/tai ammoniumtyppenä, jolloin se on heti käyttökelpoista liuettuaan veteen maaperässä (Peltonen & Harmoinen (toim.) 2009, 16–17 ja 41). Typen osalta biokaasuprosessin aikana suuri osa materiaalin orgaanisesta typestä muuntuu ammoniumtypeksi, eli kasveille käyttökelpoiseen muotoon (Lehtomäki ym. 2007, 9). Muuntuminen riippuu raaka-aineista sekä prosessiteknologiasta (Palva ym. (toim.) 2009, 86). Biokaasutuksessa voi hävitä hyvin pieni osa typestä, mutta muuten biokaasutus ei hävitä ravinteita, joten kuivaamattoman käsittelyjäännöksen ravinnepitoisuudet sekä suhteet riippuvat raaka-aineiden ravinnepitoisuuksista, koostumuksesta ja vesipitoisuudesta (Peltonen & Harmoinen (toim.) 2009, 34 ja 36). Koska osa orgaanisesta aineksesta muuntuu biokaasuksi, ravinteiden pitoisuudet kuiva-ainetta kohden kasvavat melko selvästi mädätyksessä. Yhteismädätyksessä syötteiden valinta on pääasiallinen menetelmä vaikuttaa mädätysjäännöksen ravinnepitoisuuksiin sekä myöhempiin mahdollisuuksiin tuottaa jalostettuja tuotteita mädätysjäännöksestä (Paavola ym. 2009, 223). Typen pitoisuutta ei saa kuitenkaan pyrkiä nostamaan syötteessä rajattomasti. Typpi voi nimittäin liiallisina pitoisuuksina olla biokaasuprosessia inhiboiva tekijä (Lehtomäki ym. 2007, 26).

Mekaaninen kuivaus muuttaa mädätysjäännöksen ravinnepitoisuuksia olennaisesti ja muutokset ovat erilaisia eri ravinteilla. Pääravinteiden osalta pääosa raaka-aineiden typestä ja kaliumista päätyy käsittelyjäännöksen nesteosaan, fosforista taas suurin osa jää käsittelyjäännöksen kiintoainekseen (Peltonen & Harmoinen (toim.) 2009, 34). Tilannetta havainnollistaa typen ja fosforin osalta taulukon 7 esimerkki.

Taulukko 7. Esimerkki lantaa ja biojätteitä käsittelevän yhteismädätyslaitoksen jäännöksen[a] typen ja fosforin kokonaispitoisuuksia mekaanisen kuivauksen jälkeen. Osuudet perustuvat Isotalon (2009, 8) esittämiin tietoihin, jotka on koottu liitteeseen 1.

	Pitoisuus		**Osuus jäännöksen ravinteista**	
	Kuivajae	**Nestejae**	**Kuivajae**	**Nestejae**
Typpi	0,95 %	0,61 %	27 %	73 %
Fosfori	0,55 %	0,07 %	65 %	35 %

[a] kuivajakeen osuus 19 % ja nestejakeen 81 %

Taulukon 7 mukainen tilanne, jossa valtaosa typestä on nestejakeessa ja valtaosa fosforista puolestaan kuivajakeessa, on ilmeisen yleispätevä sääntö. Esimerkiksi Luostarinen (2010, 6) yleistää asian siten, että jos käsittelyjäännös separoidaan, eli kuivataan mekaanisesti, typpi on nesteessä ja fosfori kiinteässä.

Taulukon 7 fosforin jakautumisessa kuivaosaan ja rejektiveteen mekaanisessa kuivauksessa täytyy kuitenkin huomata, että laitoksen raaka-aineissa ei ole mukana puhdistamolietettä vaan perusraaka-aineena on sianlanta (Kuittinen & Huttunen 2009, 39). Lannassa fosfori ei ole puhdistamolietteen tapaan sakeutettu, joten mikäli yhteismädätyksen perusraaka-aine on puhdistamoliete, fosforin jääminen kuiva-osaan on selvempää. Tätä raaka-aineiden merkitystä ravinnepitoisuuksiin voi tarkastella vertaamalla eri mädätysjäännösten ravinteita. Taulukossa 8 on vertailtu pääravinteiden pitoisuuksia kolmessa eri mekaanisesti kuivatussa mädätysjäännöksessä.

Taulukko 8. Mekaanisesti kuivatun mädätysjäännöksen pääravinnepitoisuudet kahdessa eri yhteismädätyslaitoksessa sekä vertailuna puhdistamolietemädättämössä (TS 26–36 %). Pitoisuudet ovat kuiva-aineessa.

		Yhteismädätyslaitos (ilman puhdistamolietettä)	**Yhteismädätyslaitos (puhdistamoliete mukana)**	**Puhdistamoliete-mädättämö**
Typpi (N)	kokonais-pitoisuus	2,8 %	2,3 %	4,1 %
Typpi (N)	vesiliukoisen osuus kokonais-typestä	35 %	11 %	7,6 %
Fosfori (P)	kokonais-pitoisuus	1,9 %	2,0 %	3,1 %
Fosfori (P)	vesiliukoisen osuus kokonais-fosforista	3,6 %	0,3 %	0,4 %
Kalium (K)	kokonais-pitoisuus	0,5 %	0,17 %	0,29 %

Huom: Tarkemmat raaka-ainetiedot, lähdetiedot sekä tuoteselosteessa ilmoitetut pitoisuudet, joiden perusteella nämä pitoisuudet on laskettu, ovat liitteessä 2.

Huomattavaa taulukon 8 mukaan on se, että puhdistamolietettä sisältävien jäännösten vesiliukoisen typen sekä fosforin osuudet ovat selvästi alemmat kuin jäännöksessä, jossa ei ole puhdistamolietettä. Toisaalta kokonaisfosforipitoisuus on puhdistamolietepohjaisessa jäännöksessä melko selvästi korkeampi kuin jäännöksessä, jossa ei ole puhdistamolietettä mukana.

Vesiliukoisten ravinteiden määrällä on merkitystä siksi, että vesiliukoiset ravinteet ovat valmiiksi kasveille käyttökelpoisessa muodossa. Tarkemmin asiasta on luvussa 4.5.2.

Puhdistamolietteen alhainen liukoisen fosforin määrä johtuu jätevedenpuhdistamoprosessista. Jätevedenpuhdistuksessa jäteveden fosfori nimittäin saostetaan kemiallisesti esimerkiksi rauta- tai alumiinisulfaattiin (Lohiniva ym. 2001, 18). Saostetun fosforin liukoisuus on luonnollisesti alhainen ja puhdistusprosesseissa rautayhdisteisiin sidottu fosfori onkin heikosti käyttökelpoista kasveille. Jotta kasvit pystyisivät hyödyntämään puhdistamolietteen metalliyhdisteisiin sidotun fosforin, maan pH:n pitäisi olla alle viisi (Peltonen & Harmoinen (toim.) 2009, 38). Alle viiden oleva pH on kuitenkin muiden kasvuolosuhteiden kannalta liian alhainen. Esimerkiksi viljoilla maan pH:n tulisi maalajista riippuen olla vähintään 5,5–6,5 (Tamminen ym. (toim.) 1999, 15).

Huomattavaa on myös että liukoisesta fosforista valtaosa menee mädätysjäännöksen separoinnissa eli mekaanisessa kuivauksessa nesteosaan. Kapuisen ym. (2010, 7) kokeissa tyypillisesti nestejakeen vesiliukoisen fosforin osuus oli noin kolmannes ja kuivajakeen selvästi alle 1 % niiden sisältämistä kokonaisfosforista. Myös biokaasuprosessissa syntyvästä liukoisesta typestä, eli ammoniumtypestä valtaosa siirtyy mekaanisessa kuivauksessa rejektiveteen (Vesilind (toim.) 2003, 15-22).

Taulukon 9 tietojen mukaan liukoisen fosforin ja typen osuus kokonaisfosfori tai -typpipitoisuudesta on selvästi pienempi puhdistamolietettä sisältävissä jäännöksissä kuin lantaan ja teollisuuslietteisiin perustavassa jäännöksessä.

Taulukko 9. Vesiliukoisten ravinteiden osuus kokonaisravinnepitoisuuksista mädätysjäännöksessä tuoteselosteiden tietojen mukaan.

Laitos	Raaka-aineet	TS	Kuivaus	N, vesiliukoisen osuus	P, vesiliukoisen osuus	Tietojen lähde
Biovakka Turku	puhdistamoliete	25,9 %	mekaaninen[a]	7,7 %	0,4 %	Biovakka Suomi 2010a
Satakierto	puhdistamoliete, teollisuuslietteet, rasvat, biojäte	36 %	mekaaninen[a]	10,9 %	2,9 %	Satakierto 2009
Biovakka Vehmaa	sianlanta, teollisuusjätteet	31,8 %	linkokuivaus[b]	34,8 %	3,7 %	Biovakka Suomi 2010a
Biovakka Vehmaa	sianlanta, teollisuusjätteet	8,5 %	ei kuivausta[b]	77,6 %	24 %	Biovakka Suomi 2010b

[a] pääteltävissä kuiva-ainepitoisuudesta
[b] lähde: M. Isotalo, tuoteasiantuntija / Biovakka Suomi Oy, henkilökohtainen tiedonanto 4.10.2010

Vehmaan laitoksen tietojen perusteella näyttää siltä, että mekaanisessa kuivauksessa kuiva-osaan tulevassa mädätysjäännöksessä liukoisten ravinteiden osuus on selvästi kuivaamatonta jäännöstä pienempi (taulukko 9). Kun otetaan lisäksi huomioon samaan laitokseen perustuvat tiedot siitä, että mekaanisessa kuivauksessa typestä noin 75 % ja fosforista noin neljäsosa siirtyy rejektiveteen (taulukko 9), voidaan arvioida, että biokaasureaktorin jälkeisen jäännöksen liukoisesta typestä sekä fosforista valtaosa päätyy mekaanisessa kuivauksessa rejektiveteen. Mädätysjäännöksen liukoinen typpi on pääosin ammoniumtyppeä, joka siirtyy linkokuivauksessa pääosin rejektiveteen (M. Isotalo, tuoteasiantuntija / Biovakka Suomi Oy, henkilökohtainen tiedonanto 11.11.2010).

Mekaanisen kuivauksen jälkeisten jakeiden koostumukseen voi tulla jonkin verran vaihtelua kuivauksen tehokkuuden vaihtelun vuoksi. Biovakka Suomi Oy:n tuoteasiantuntija M. Isotalon (henkilökohtainen tiedonanto 11.11.2010) mukaan hiekkaa sisältävät jäännökset kuluttavat linkokuivauksessa laitteiston osia niin, että kuivauksen erotustehokkuus heikkenee, jolloin rejektiveteen päätyy suurempi kiintoainemäärä. Tällä on Isotalon mukaan merkitystä esimerkiksi fosforimäärään kuivajakeessa, sillä pääosa fosforista on sitoutunut kuiva-aineeseen. Tämän tyyppisessä tapauksessa lingon osia joudutaan aika ajoin vaihtamaan, jotta erotustehokkuus saadaan palautumaan jälleen paremmaksi. Lopputuotteiden laatuvaihtelun kannalta on edullis-

ta, että tuote-erä ei ole tuolloin kovin pitkältä ajalta. Biovakan osalta tuote-erä vaihdetaan parin kuukauden välein, jolloin pitoisuusvaihtelut tuote-erissä pysyvät hyvin sallituissa rajoissa. (M. Isotalo, tuoteasiantuntija / Biovakka Suomi Oy, henkilökohtainen tiedonanto 11.11.2010.) Tuote-erä on erä, josta on analysoitu ominaisuudet lannoitevalmisteasetuksen (MMMa 12/07) mukaista tuoteselostetta varten. Tällöin erän ominaisuudet eivät saa poiketa tuoteselosteesta sallittua enemmän. Sallitut poikkeamat annetaan asetuksen liitteessä III. Lannoitevalmistelainsäädäntöä käydään tarkemmin läpi luvusta 4.1 eteenpäin.

Jäteveden typestä ja kaliumista taas pääosa jää puhdistusprosessissa jäteveteen, josta typpi haihdutetaan edelleen ilmaan ja kalium päätyy pääosin vesistöön (Peltonen & Harmoinen (toim.) 2009, 38). Typen osalta jäteveden typestä puhdistamolietteeseen päätyy noin 30-40 % (Keskitalo & Kettunen 2007, 16). Niinpä puhdistamolietteiden typen ja kaliumin pitoisuudet ovat yleensä kasvin tarpeeseen nähden liian alhaisia (Peltonen & Harmoinen (toim.) 2009, 38).

3.4 Raskasmetallit ja orgaaniset haitta-aineet

Raskasmetalleilla on sekä ihmisen terveydelle että ympäristölle haitallisia vaikutuksia (Al Seadi 2002, 13). Etenkin yhdyskuntalietteiden on perinteisesti pelätty sisältävän peltokäyttöä ajatellen liiallisia määriä raskasmetalleja. Nykyään tämä pelko on kuitenkin yleensä turha, etenkin jos puhdistamoiden jätevesi tulee pääosin yksityistalouksista, eikä teollisuuslaitoksilta. (Peltonen & Harmoinen (toim.) 2009, 38.) Mädätysjäännöksessä raskasmetallien pitoisuus on kuitenkin hieman syötettä korkeampi, koska mädätys muuntaa osan orgaanisesta aineksesta biokaasuksi, mutta raskasmetallit jäävät jäännökseen jäljelle.

Koska puhdistamolietteen raskasmetallipitoisuudet ovat viime aikoina selvästi vähentyneet, puhdistamolietteen merkitys yhteismädätyslaitoksen mädätysjäännöksen raskasmetallipitoisuuksiin ei ole enää ratkaiseva. Myös muissa yhteismädätyslaitoksella käytettävissä raaka-aineissa on raskasmetalleja. Vapo Oy:n kompostituotteiden tuotepäällikkö E. Mäntylän (henkilökohtainen tiedonanto 10.11.2010) mukaan biojätteestä valmistetuissa komposteissa raskasmetallipitoisuudet ovat samaa suuruusluokkaa kuin samalla kompostointitekniikalla val-

mistetuissa puhdistamolietepohjaisissa komposteissa. Koska biojätteen raskasmetallit ovat pääosin peräisin ravinnosta, voidaan todeta että raskasmetallien kertyminen puhdistamolietteisiin ei ole enää erityisen suurta.

Myös pysyvät orgaaniset yhdisteet (Persistent Organic Pollutants - POP) ovat merkittäviä haitta-aineita mädätysjäännöksen laatua arvioidessa. Orgaanisia haitta-aineita tulee jäännökseen niin maatalouden jätteiden (esim. torjunta-ainejäämät sekä antibiootit) kuin yhdyskuntalietteen ja teollisuuden sivutuotteiden myötä. (Al Seadi 2002, 9 ja 15-16.) Joidenkin orgaanisten haitta-aineiden, kuten fenoleiden ja ftalattien on todettu hajoavan biokaasuprosessissa (Palva ym. (toim.) 2009, 86). Niemen (2010, 12) mukaan viime aikoina huomiota herättänyt orgaanisten haitta-aineiden ryhmä on bromatut palonestoaineet, joita esiintyy yleisinä mm. kotitalouksissa ja ne rikastuvat siivous- ym. jätevesien myötä puhdistamolietteisiin. Bromattujen palonestoaineiden hajoaminen luonnossa on hidasta, ne ovat eliöille myrkyllisiä ja niiden kertymisestä eliöihin on viitteitä. Kohua bromatuista palonestoaineista on syntynyt etenkin Ruotsissa, jossa niiden merkittävimmiksi leviämisreiteiksi ympäristöön arvioidaan kaukolaskeuman lisäksi puhdistamolietteiden levitystä maahan. (Niemi 2010, 12.)

Orgaanisille haitta-aineille ei ole Suomessa raja-arvoja, mutta joissakin muissa Euroopan maissa on rajoituksia puhdistamolietteen orgaanisille haitta-aineille hyötykäyttöä varten (Rantanen ym. 2008, 30). Orgaanisia haitta-aineita koskeva tutkimus on kuitenkin vilkasta (Rantanen ym. 2008, 30), ja Suomessa aihetta tutkitaan ainakin Biosafe-hankkeessa (MTT 2009b). Esimerkiksi Joona (2010, 86) esittää, että orgaanisia haitta-aineita, kuten puhdistus- ja kasvinsuojelujäämiä sekä hormoneja tulisi jatkossa kontrolloida orgaanisissa lannoitevalmisteissa nykyistä laajemmin.

3.5 Hygienia, hajut sekä muut epäpuhtaudet

Biokaasulaitoskäsittely hygienisoi materiaaleja ja esimerkiksi mikrobit vähenevät tuntuvasti biokaasuprosessissa. Mesofiilisissä olosuhteissa (n. 35 °C) raaka-aineiden mikrobeista tuhoutuu noin 99 % ja termofiilisissä (n. 55 °C) mikrobien määrät ovat vielä pienempiä, usein alle

määritysrajojen (Palva ym. (toim.) 2009, 86). Sivutuoteasetuksen mukaisessa hygienisoinnissa (70 °C, 1h) suurin osa mikrobeista tuhoutuu alle 10 minuutissa (Palva ym. (toim.) 2009, 86).

Biokaasulaitoksen lopputuotteiden hygienialle on lannoitekäyttöä varten rajat salmonellalle (ei tule olla todettavissa 25 g näytteessä) sekä *E.coli*-bakteerien määrälle (alle 1000 pmy[1]/g) (MMMa 12/07, liite IV). Näistä salmonella säilyy mesofiilisen käsittelyn jälkeen useita viikkoja, mutta termofiilisessä käsittelyssä salmonella tuhoutuu täysin (Paavola 2010, 2). Termofiilisen käsittelyn jälkeen indikaattobakteerien, eli E.coli-bakteerien pitoisuudet ovat alle 50 pmy/g (Paavola 2010, 2), eli siis selvästi alle rajoituksen.

Käsittelyn tuloksena syötteistä tulee hajuttomampia (Latvala 2009, 30). Deubleinin & Steinheuserin (2008, 403) mukaan käsittelyjäännöksenkin hajut häviävät yleensä 12–24 tunnin mädätyksen jälkeen, joten jos mädätysprosessi on riittävä, erillistä hajunpoistoa ei yleensä enää tarvita. Esimerkiksi Forssan yhteiskäsittelylaitoksen mädätysjäännös on lähes hajutonta (Envor Biotech). Halsualla toimivassa maatilan biokaasulaitoksessa hajuhaittojen vähenemistä puolestaan pidetään yhtenä laitoksen tärkeimmistä hyödyistä (Palva ym. (toim.) 2009, 87).

Muita ongelmia aiheuttavia tekijöitä mädätysjäännöksessä hyötykäytön kannalta voivat olla rikkaruohonsiemenet, tuholaiset sekä erilaiset muut epäpuhtaudet. Biokaasuprosessi hajottaa jonkin verran syötteiden rikkaruohonsiemeniä sekä tuholaisia (Paavola 2010, 2). Muita epäpuhtauksia jäännöksessä voivat olla esimerkiksi muovi, metalli ja lasi. Näitä muita epäpuhtauksia vähennetään parhaiten syntypaikkalajittelulla sekä syötteiden esikäsittelyllä. (Al Seadi 2002, 10 ja 17-18.)

[1] pmy = pesäkkeitä muodostava yksikkö.

4 MÄDÄTYSJÄÄNNÖKSEN TUOTTEISTAMINEN LANNOITEVALMISTEEKSI

Koska biokaasuprosessissa ravinnehäviöt ovat pienet ja prosessi hygienisoi käsiteltävää materiaalia, mädätysjäännös soveltuu usein hyvin lannoite- ja maanparannuskäyttöön (Paavola ym. 2009, 221; Lehtomäki ym. 2007, 9). Terminologiassa on huomioitava, että käsitteet *lannoite, maanparannusaine* sekä *lannoitevalmiste* käsitetään eri yhteyksissä hieman eri tavoilla. Suomen lannoitteisiin liittyvässä lainsäädännössä erotellaan lannoite ja maanparannusaine, jotka molemmat sisältyvät mm. kalkitusaineiden kanssa lannoitevalmisteisiin (L 539/2006 4 §). Maanparannusaineita ovat lainsäädännön termeissä mm. kompostit. Termiä lannoite käytetään kuitenkin yleisesti siten, että se sisältää myös maanparannusaineet (esim. Peltonen & Harmoinen (toim.) 2009, Joona 2010). Tässä työssä termi lannoite sisältää myös maanparannusaineet, elleivät kyseessä ole erikseen lainsäädännön määrittelemät luokitukset.

Mädätysjäännös sekä siitä jalostetut tuotteet ovat eloperäisiä eli orgaanisia. Muita orgaanisia lannoitteita tai lannoiteraaka-aineita ovat esimerkiksi karjanlanta, biojätekompostit sekä puhdistamolietteet (Peltonen & Harmoinen (toim.) 2009, 32–38). Toistaiseksi jätebiomassojen valmistaminen lannoitevalmisteiksi on ollut lähinnä jätteenkäsittelyä, jossa lannoitevalmisteiden myyntihinnalla ei saada katettua käsittelykuluja. Valmistettaessa jätebiomassoista lannoitevalmisteita, yhtenä tavoitteena tulisi kuitenkin pyrkiä valmistamaan sellaisia tuotteita, joilla voisi osaltaan kattaa käsittelykustannuksia. (Joona 2010, 85.)

Valmistettaessa biokaasulaitoksen lopputuotteista ravinnetuotteita olennaista on, että tuotteelle löydetään juuri sille soveltuvat käyttökohteet (Isotalo 2009, 6). Lisäksi tuotteen laadunvarmistus vaikuttaa olennaisesti asiaan. Mädätysjäännöksen laadunvalvontaan on monissa Euroopan maissa standardeja sekä niihin perustuvia merkintöjä takaamaan tuotteen laadun maanparannuksessa (Siebert 2009, 25–27). Suomessa jäännöksen laatu varmistetaan pitkälti lannoitevalmistelainsäädännöllä. Samantyyppinen järjestelmä on käytössä myös Ranskassa ja Virossa (Siebert 2009, 26).

4.1 Lannoitevalmisteita koskeva lainsäädäntö

Orgaanisiin lannoitevalmisteisiin liittyvä keskeinen lainsäädäntö on koottu taulukkoon 10. EU:n lannoiteasetus (EY 2002/2003) ei ole taulukossa mukana, koska se koskee vain epäorgaanisia lannoitteita (Evira 2010e).

Taulukko 10. Orgaanisia lannoitevalmisteita ja niiden käyttöä koskeva keskeinen lainsäädäntö.

Säädös	Soveltamisala / keskeinen sisältö	Huomautukset
Sivutuoteasetus (EY 1774/2002)	Biokaasu- ja kompostointilaitosten käsittelyvaatimukset eläinperäisille sivutuotteille	Uusi sivutuoteasetus (EY 1069/2009) on voimassa 1.3.2011 lähtien
Lannoitevalmistelaki (L 539/2006)	Sovelletaan lannoitevalmisteisiin ja niiden raaka-aineisiin	Sovelletaan sivutuoteasetuksen valvontaan, niiltä osin kuin se koskee lannoitevalmisteita
Lannoitevalmisteasetus (MMMa 12/07)[a]	Säädetään lannoitevalmisteiden tyyppinimistä, lannoitevalmisteiden eräistä vaatimuksista sekä raaka-aineista	Annettu lannoitevalmistelain nojalla
Asetus lannoitevalmisteita koskevan toiminnan harjoittamisesta ja sen valvonnasta (MMMa 13/07)[a]	Säädetään toiminnanharjoittajan velvollisuuksista, laitoshyväksynnästä sekä valvonnasta	Annettu lannoitevalmistelain nojalla
Nitraattiasetus (VNa 931/2000)	Vesien suojelu maataloudesta peräisin olevien nitraattien aiheuttamalta pilaantumiselta	Koskee lannoitevalmisteiden maa- ja puutarhatalouskäyttöä[b]
Päätös puhdistamolietteen maatalouskäytöstä (VNp 282/1994)	Rajoitukset mm. käyttökohteille sekä - määrille.	Koskee sellaisenaan maanparannusaineena käytettävää käsiteltyä puhdistamolietettä[c]
Asetus maatalouden ympäristötuen perus- ja lisätoimenpiteistä ja maatalouden ympäristötuen erityistuista (MMMa 503/07)[a]	Mm. lannoittamiseen liittyviä rajoituksia	Koskee viljelijöitä jotka ovat sitoutuneet maatalouden ympäristötukeen

[a] lisäksi asetuksia asetuksen muuttamisesta [b]lannoitevalmistelain 11 § mukaan [c]asia selvennettään luvuissa 4.1.2 ja 4.5.1

Taulukon 10 säädöksistä sivutuoteasetuksen merkitys orgaanisiin lannoitevalmisteisiin käsiteltiin hygienisointia koskevassa luvussa 2.4. Nitraattiasetuksen (VNa 931/2000), puhdistamolietteen maatalouskäyttöä koskevan päätöksen (VNp 282/1994) sekä ympäristötukeen liittyvän asetuksen (MMMa 503/07) merkitykset mädätysjäännöksen hyötykäytön kannalta käsitellään tarkemmin lannoitteiden maanviljelykäyttöä käsittelevässä luvussa 4.5..

Lannoitevalmistelain 6 § mukaan orgaanisella lannoitteen tyyppinimen tulee kuulua kansalliseen tyyppinimiluetteloon. Kansalliseen lannoitevalmisteiden tyyppinimiluetteloon voidaan

lisätä tietyin edellytyksin uusia tyyppinimiä Eviran hyväksymänä. Haettaessa uutta tyyppinimeä, tulee osoittaa valmisteen lannoitus- tai maanparannusvaikutus sekä sen turvallisuus riittävällä dokumentaatiolla (O. Venelampi, ylitarkastaja / Evira, henkilökohtainen tiedonanto 8.9.2010). Tällä hetkellä lannoitevalmisteasetuksessa (MMMa 12/07) ja sen muutosasetuksissa MMMa 9/08, MMMa 9/09 ja MMMa 19/09 on tarkemmat vaatimukset ja tiedot näistä lannoitevalmisteiden tyyppinimiryhmistä sekä tyyppinimistä.

Lannoitevalmisteasetuksessa on myös kaikkia lannoitevalmistetyyppinimiä koskevia säädöksiä. Asetuksessa annetut rajat taudinaiheuttajien sekä epäpuhtauksien enimmäispitoisuuksista on koottu liitteeseen 3. Taudinaiheuttajien rajat ovat kaikille lannoitevalmisteille samat, mutta epäpuhtauksien rajat riippuvat jonkin verran tuotetyypistä sekä siitä onko tuote pakattu vai ei. Pakatussa tuotteessa on tiukemmat rajat epäpuhtauksille kuin pakkaamattomassa tuotteessa. Lisäksi annetaan rajat haitallisille metalleille. Nämä rajat käsitellään jäljempänä luvussa 4.1.2. Pitoisuusvaatimusten lisäksi lannoitevalmisteasetuksessa on käyttörajoituksia ravinnemäärien sekä kadmiumin määrän mukaan. Nämä rajat vaihtelevat eri käyttökohteissa selvästi (taulukko 11).

Taulukko 11. Lannoitevalmisteasetuksen käyttörajoitukset käytöstä aiheutuvien ravinne- ja kadmium-määrien mukaan (MMMa 12/07 5 § ja 11 §).

	Maatalous	**Puutarhatalous**	**Metsätalous**	**Maisemointi ja viherrakentaminen**
Vesiliukoinen typpi				1 250 kg/ha/5v
Liukoinen fosfori	400 kg/ha/5v	600 kg/ha/5v		750 kg/ha/5v
Kadmium	6 g/ha/4v	6 g/ha/4v	60 g/ha/40v	15 g/ha/10v[b]

[a] ei koske tyyppinimiryhmiä maanparannusaineet ja kasvualustat.

4.1.1 Mahdolliset tyyppinimet mädätysjäännökselle

Lannoitevalmisteasetuksessa tyyppinimiryhmät jakautuvat kuuteen pääryhmään (IA-IF), jotka jälleen jakautuvat tarkempiin ryhmiin (esim. IA1-IA6), joihin itse tyyppinimet kuuluvat. Yhteensä tyyppinimiä on useita kymmeniä. Taulukkoon 12 on koottu tyyppinimistä ne, jotka ovat mekaanisesti kuivatulle mädätysjäännökselle mahdollisia. Mädätysjäännöksen kuivauksen rejektivesi voidaan ehtojen täyttyessä tuotteistaa tyyppinimellä rejektivesi, joka kuuluu luokkaan IB4 Orgaanisina lannoitteina sellaisenaan käytettävät sivutuotteet. Tuon luokan ehtoihin kuu-

luu muun muassa se, että tuote tulee olla eläin- tai kasviperäinen (MMMa 12/07, liite I). Tämän vuoksi esimerkiksi biojätettä mädättävän laitoksen rejektivesi voidaan käyttää lannoitteena, mutta puhdistamolietettä mädättävän laitoksen rejektivettä ei voida käyttää.

Taulukko 12. Mahdolliset lannoitevalmistetyyppinimet yhteismädätyslaitoksen biojätettä sisältävälle mekaanisesti kuivatulle mädätysjäännökselle tai siitä jalostetulle tuotteelle (MMMa 12/07; MMMa 19/09[a]).

Tyyppinimiryhmä	Mahdolliset tyyppinimet
Jäännös sisältää puhdistamolietettä:	
ID Maanparannusaineet - ID2 Orgaaniset maanparannusaineet	1 Maanparannuskomposti 3 Tuorekomposti 6 Kuivarae tai -jauhe
ID Maanparannusaineet - ID5 Maanparannusaineena sellaisenaan käytettävät sivutuotteet	2 Mädätysjäännös
IF Kasvualustat - IF2 Seosmullat	2 Kompostimulta 4 Pakattu kukkamulta 5 Pakattu seosmulta
Lisämahdollisuudet, jos jäännös ei sisällä puhdistamolietettä:	
IB Orgaaniset lannoitteet - IB1 Orgaaniset eläinperäiset lannoitteet	1 Orgaaninen eläinperäinen kivennäislannoite 2 Orgaaninen eläinperäinen lannoite

[a] asetus MMMa 19/09 on asetusta MMMa 12/07 koskeva muutosasetus

Mikäli puhdistamolietettä on mukana, mahdollisia tyyppinimiä on seitsemän (taulukko 12). Näistä pakattu kukkamulta ei ole teknis-taloudellisesti järkevä vaihtoehto biokaasulaitoksen mädätysjäännöksen käyttöön, kun ottaa huomioon jäännöksen volyymit. Tästä tyyppinimestä ei ole myöskään tiedossa esimerkkejä mädätysjäännösten käytöstä. Jäljelle jääviä kuutta vaihtoehtoa tarkastellaan jatkossa tarkemmin. Tyyppinimien valmistusmenetelmät sekä esimerkit niiden käytöstä on koottu taulukkoon 13. Huomattavaa on, että mädätysjäännös-tyyppinimen tuotteet eivät ole välttämättä mekaanisesti kuivattuja.

Taulukko 13. Mädätysjäännökselle mahdollisten tyyppinimien valmistusmenetelmät (MMMa 12/07, MMMa 19/09) sekä tuotteistusesimerkit.

Tyyppinimi	Valmistusmenetelmä	Tuotteistettuja mädätysjäännöksiä
Mädätysjäännös	Mesofiilisen tai termofiilisen biokaasuprosessin hygienisoitu mädätysjäännös sellaisenaan tai mekaanisesti kuivattuna	Satakierto (Satakierto 2009)[a] Biovakka, Vehmaa (Biovakka Suomi 2010a) Biovakka, Turku (Biovakka Suomi 2010a) Vambio (Vambio 2010b)
Tuorekomposti	Kompostointi tai mädätys ja vanhennus tai jälkikompostointi, riittävän stabiili ja hygieeninen	Stormossen (Latvala 2009, 90–93)
Maanparannuskomposti	Mädätys ja riittävä jälkikompostointi	Stormossen (Latvala 2009, 90–93; Stormossen 2010a) HSY (HSY 2010c)
Kompostimulta	Irtomultana myytävä, kompostia, vanhennettua puhdistamolietettä tai stabiloitua sienimöalustaa sisältävä seosmulta. Voi olla lisäksi kalkittu ja lannoitettu	Stormossen (Stormossen 2010a) HSY (Metsäpirtin multa 2010; HSY 2010a & 2010b)
Pakattu seosmulta	Turpeen ja kivennäismaan seos, johon voi olla lisättynä lannoitteita, kalkitusainetta ja kasvualustavaatimukset täyttävää kompostia.	Tiedossa ei esimerkkejä
Kuivarae tai -jauhe	Lämpökuivaus (esim. 80 °C, 2 h), rakeistus tai muu vastaava hyväksytty lämpökäsittely. Teknisen käsittelyn aikana voi lisätä ravinteita tai rakeistamista edistäviä aineita.	Lakeuden Etappi (Latvala 2009, 98–99; Lakeuden Etappi 2010b)

Huom: Mukana ovat pakattua kukkamultaa lukuun ottamatta kaikki tyyppinimet, jotka ovat mahdollisia biojätettä ja puhdistamolietettä sisältävälle yhteismädätyslaitoksen jäännökselle (taulukko 12).

Huom: Tyyppinimet ovat suuntaa-antavasti yksinkertaisuusjärjestyksessä, ensimmäisenä vähiten jatkokäsittelyä vaativa tyyppinimi.

Mekaanisesti kuivattu mädätysjäännös soveltuu lannoitevalmisteeksi sellaisenaan (tyyppinimellä mädätysjäännös). Muilla tarvittavilla jatkokäsittelyillä voidaan siitä tuotteistaa lannoitevalmisteita muilla tyyppinimillä. Eri tyyppinimien vaatimaa jatkokäsittelyä mädätysjäännökselle ovat vanhennus (tuorekomposti), kompostointi (tuorekomposti, maanparannuskomposti, kompostimulta, pakattu seosmulta) tai lämpökuivaus (kuivarae- tai jauhe). Näitä valmistusmenetelmiä tarkastellaan luvuissa 4.2–4.4. Puhdistamolietteen stabilointiin soveltuvia muita jatkokäsittelymenetelmiä, kuten kalkkistabilointia tai kemiallista hapetusta ei sisälly näihin valmistusmenetelmiin, joita tarvitaan yhteiskäsittelylaitoksen mädätysjäännöksen tuotteistamiseksi lannoitevalmisteeksi.

Pakattu seosmulta on ainoa mahdollisista tyyppinimistä, joista ei ole tiedossa markkinoille saatettuja tuotteita (taulukko 13). Pakattu seosmulta -tyyppinimen lannoitevalmisteen valmistamista on harkittu ainakin Stormossenin mädätysjäännöksen osalta (Penttinen-Källroos 2009, 21). Pakattua seosmultaa ei ole kuitenkaan siellä alettu valmistaa pakkaamisen aiheuttamien kustannusten tähden (J. Penttinen-Källroos, ympäristöinsinööri/Stormossen, henkilökohtainen tiedonanto 2.9.2010).

Mikäli yhteismädätyslaitoksen mädätysjäännös poltetaan, syntyvälle tuhkalle ei ole soveltuvaa lannoitevalmiste-tyyppinimeä. Syy on raaka-aineissa, sillä lannoitetuhkissa (tyyppinimet *peltotuhka*, *metsätuhka* ja *eläinperäinen tuhka*) voi olla biokaasutuotannon raaka-aineista vain peltobiomassaa tai lantaa (MMMa 12/07 & 19/09).

Käyttökohteiden osalta valtaosa mahdollisista tyyppinimistä on tarkoitettu maanparannuskäyttöön (taulukko 14). Ainoa lannoitekäyttöön – siten kun se määritellään lannoitevalmisteasetuksessa – soveltuva on orgaaninen eläinperäinen lannoite. Kasvualustoiksi käyvät kompostimulta ja pakattu seosmulta sekä nurmien osalta myös tuorekomposti. (Taulukko 14.)

Taulukko 14. Tyyppinimien käyttökohteet ja niiden rajoitteet (MMMa 12/07, MMMa 19/09). Tyyppinimien rajaus sekä esitysjärjestys kuten taulukossa 13.

Tyyppi	Tarkoitettu käyttökohde	Käyttörajoitteet
Mädätysjäännös	Maanparannusaineena mm. vilja- ja energiakasveille.	Mikäli sisältää yhdyskuntalietettä, käyttörajoitteita[a].
Tuorekomposti	Maanparannusaineena mm. vilja- ja energiakasveille sekä maisemointiin. Kasvualustaksi siirtonurmille.	Ei erikseen käyttörajoitteita
Maanparannuskomposti	Maanparannusaineena	Ei erikseen käyttörajoitteita
Kompostimulta	Kasvualustaksi	Rajoituksia raaka-aineiden käyttörajoitusten mukaan
Pakattu seosmulta	Kasvualustaksi	Käyttörajoituksia käytettävän kompostin tai orgaanisen lannoitteen käyttörajoitusten mukaan
Kuivarae tai -jauhe	Maanparannusaineena mm. vilja- ja energiakasveille sekä maisemointiin ja viherrakentamiseen	Ei erikseen käyttörajoitteita

[a]Mikäli sisältää yhdyskuntalietettä, ei saa käyttää tuoreiden vihannesten, yrtti- ja juurimausteiden, kotipuutarhojen sekä taimituotannon maanparannukseen, varoaikana 5 vuotta. Mahdollisia käyttökohteita maanviljelyssä tarkennetaan myös valtioneuvoston päätöksessä 282/1994.

4.1.2 Raskasmetalleja koskevat rajoitukset

Raskasmetalleihin liittyvät rajat ovat lietteen käytöstä aiheutuva keskimääräinen raskasmetallikuormitus sekä pitoisuuksien maksimiarvot peltomaassa, johon käsiteltyä puhdistamolietettä levitetään. Nämä rajoitukset on koottu taulukkoon 15.

Taulukko 15. Raskasmetalleja koskevat raja-arvot puhdistamolietettä sisältävästä mädätysjäännöksestä valmistetuille lannoitevalmisteille.

	Kaikkia tyyppinimiä koskevat raja-arvot		**Tyyppinimeä mädätysjäännös koskevat raja-arvot**		
	Enimmäispitoisuus [mg/kg ka]	**Keskim. kuormitus [g/ha/v]**	**Pitoisuus viljelymaassa johon tuotetta levitetään [mg/kg ka]**	**Keskim. kuormitus peltokäytössä [g/ha/v]**	**Metsätaloudessa enimmäispitoisuus [mg/kg ka]**
	MMMa 12/07 4 §	**MMMa 12/07 5 §**	**VNp 282/1994 6 §**	**VNp 282/1994 7 §**	**MMMa 12/07 4 § sekä 19/09**
Arseeni (As)	25				30
Kadmium (Cd)	1,5[a]	1,5 [b]	0,5	3,0	15
Kromi (Cr)	300		200	300	300
Kupari (Cu)	600[c]		100	600[c]	700
Elohopea (Hg)	1,0		0,2	2,0	1,0
Nikkeli (Ni)	100		60	100	150
Lyijy (Pb)	100		60	150	150
Sinkki (Zn)	1500[c]		150	1500[c]	4500[c]

[a] jos lannoitteessa on vähintään 2,2 % fosforia, kadmiumia voi olla enintään 30 mg fosforikiloa kohden (metsätaloudessa 50 mg).

[b] tarkastelujaksona maa- ja puutarhataloudessa 4 v, maisemoinnissa ja viherrakentamisessa 10 v ja metsätaloudessa 40 v.

[c] ylitys voidaan sallia, jos kuparista tai sinkistä on puutetta. Ylitysmahdollisuuksista on tarkemmat rajat.

Tyyppinimeä mädätysjäännös koskee selvästi useammat metalleja koskevat rajoitukset kuin muita tyyppinimiä (taulukko 15). Rajaus siitä, että nämä rajoitukset eivät koske enää kompostituotteita tai kuivaraetta, selvennetään viljelyyn liittyvien täydentävien ehtojen oppaassa (Maaseutuvirasto 2010, 18). Maanviljelykäyttöä koskevan päätöksen 282/1994 rajoissa keskimääräisistä kuormituksista ei anneta jaksoa, millä kuormitus lasketaan (taulukko 15). Tämän vuoksi jakson voi tulkita joustavasti useammaksi vuodeksi sen mukaan miten usein lietettä käytetään (A. Seppänen, ylitarkastaja/Ympäristöministeriö, henkilökohtainen tiedonanto

20.10.2010). Jaksona on laskennassa käytetty ainakin neljän vuoden jaksoa (esim. Vihersaari (toim.) 2004, 25), mikä ei kuitenkaan ole lainsäädännön perusteella ainoa vaihtoehto laskennalle. Myöskään täydentävissä ehdoissa, joissa esitetään samat rajat puhdistamolietteen käytölle maanviljelyssä, ei määritellä tiettyä tarkastelujaksoa (Maaseutuvirasto 2010, 19).

4.1.3 Lannoitevalmisteen markkinoille saattaminen

Mikäli yhteismädätyslaitoksen mädätysjäännös tuotteistetaan lannoitevalmisteena markkinoille, asiaan liittyy tiettyjä lakisääteisiä velvoitteita. Velvollisuuksien myötä orgaanista lannoitevalmistetta valmistavan ja markkinoivan toiminnanharjoittajan tulee ilmoittautua Eviran rekisteriin (ilmoittautumisvelvollisuus), pitää tiedostoa tuotteiden jäljittävyyden vuoksi (kirjanpitovelvollisuus), varmistaa omavalvontajärjestelmällä lainsäädännön täyttäminen sekä hakea tuotantolaitokselle Eviralta laitoshyväksyntää (Evira 2010i).

Jos laitos käsittelee eläinperäistä ainesta ja valmistaa orgaanisia lannoitevalmisteita tai niiden raaka-aineita, laitoksen tulee täyttää sekä sivutuoteasetuksessa että lannoitevalmistelaissa toiminnalle ja tuotteelle asetetut vaatimukset (Evira 2010d). Lannoitevalmisteita voidaan tietyin ehdoin saattaa markkinoille ennen hyväksyntäpäätöksen antamista. Tässä tapauksessa laitoshyväksyntää hakeneille laitoksille Evira voi hakemuksesta antaa eräkohtaisen luovutusluvan käsitellyn aineksen markkinoille saattamiseksi. Luovutusluvan edellytyksenä on, että erä täyttää lannoitevalmistelaissa ja sivutuoteasetuksessa määrätyt vaatimukset. (Evira 2010f.) Esimerkiksi Stormossenin tapauksessa tätä menettelyä käytettiin ja maanparannuskompostin myynti pääsi alkamaan jo toukokuussa 2008, kun laitoshyväksyntä saatiin marraskuussa 2008 (Penttinen-Källroos 2009, 11).

4.2 Tuorekompostin valmistaminen vanhentamalla

Tuorekompostia voidaan valmistaa mädätyksen jälkeen myös pelkästään vanhentamalla ilman kompostointia. Tuorekompostin vaatimuksena on stabiilisuutta kuvaava hiilidioksidin tuotto

alle 6 mg CO2-C/g VS/vrk sekä maanparannusvaikutusta kuvaava orgaanisen aineksen pitoisuus vähintään 25 % kuiva-aineesta. (MMMa 19/09.) Vanhentamisella tarkoitetaan lietteen käsittelymenetelmää, jossa liete varastoidaan pitkäaikaisesti (Lindsberg & Vilpas 2009, 5). Vanhentaminen ja kompostointi ovat periaatteeltaan samanlaisia. Molemmissa annetaan materiaalin hajota edelleen aerobisten mikrobien toimesta ja humustua (Latvala 2009, 54). Näin myös vanhentaminen stabiloi tuotetta, mutta se on kuitenkin aktiiviseen kompostointiin verrattuna yksinkertaisempaa. Esimerkiksi Mikola ym. (2007, 25) kutsuvat vanhentamista varastoinniksi.

Eviran ylitarkastaja O. Venelammen (henkilökohtainen tiedonanto 1.9.2010) mukaan lainsäädännön terminologiassa on haluttu tehdä selvä ero vanhentamisen ja kompostoinnin välille, jotta huonosti toteutettua kompostointia ei turhaan kutsuttaisi kompostoinniksi, vaan kyse olisi pikemmin vanhentamisesta. Mikäli tuorekomposti valmistetaan mädätysjäännöstä vanhentamalla, Venelammen mukaan tuorekompostin stabiilisuusvaatimus määrää käytännössä varastoinnin pituuden. Mikäli varastoinnilla ei päästä stabiilisuusvaatimukseen, tuote tulee kompostoida. Stormossenin tuorekomposti on ainoa tiedossa oleva mädätysjäännöksestä tuotteistettu tuorekomposti (taulukko 13). Siellä mädätysjäännös aumakompostoitiin tuorekompostia varten (Latvala 2009, 92). On siis hyvin mahdollista, että pelkällä mädätysjäännöksen varastoinnilla ei tuorekompostin stabiilisuusvaatimukseen päästä. Tuorekompostin orgaanisen aineksen pitoisuusvaatimus ei ole todennäköisesti ongelma, jota varten pelkkä vanhentaminen ei riittäisi.

4.3 Kompostituotteiden valmistus

Kompostoimalla voidaan mädätysjäännöksestä valmistaa tuorekompostia tai maanparannuskompostia (taulukko 13). Maanparannuskompostia voidaan edelleen käyttää kompostimullan tai pakatun seosmullan yhtenä raaka-aineena. Esimerkiksi Myllymaa ym. (2008, 34) pitävät kompostointia välttämättömänä mädätystä seuraavana vaiheena, mikäli jäännös on tarkoitus hyödyntää lannoitteena maanviljelyssä tai viherrakentamisessa. Kun mädätysjäännös jälki-

kompostoidaan, se voidaan tuotteistaa tuorekompostina sekä maanparannuskompostina tuotteen stabiilisuudesta riippuen (taulukko 16).

Taulukko 16. Mädätysjäännöksestä valmistettujen kompostituotteiden tyyppinimikohtaiset pitoisuus- ja sisältövaatimukset (MMMa 12/07, MMMa 19/09).

Tyyppinimi	Pitoisuusvaatimukset	Muut sisältövaatimukset
Tuorekomposti	Orgaanista ainesta vähintään 25 % kuiva-aineesta (hehkutushäviö)	Stabiilisuus: CO_2 tuotto < 6 mg CO_2-C/g VS/vrk[a]
Maanparannus-komposti	Orgaanista ainesta vähintään 25 % kuiva-aineesta (hehkutushäviö)	Kypsyys: juurenpituus-indeksi yli 80 % NO_3-N/NH_4-N suhde yli 1 CO_2 tuotto < 3 mg CO_2-C/g VS/vrk[a]
Kompostimulta	Kompostin tulee olla maanparannuskompostia	Johtokyky alle 100 mS/m
Pakattu seosmulta	Kompostin tulee olla maanparannuskompostia	Johtokyky alle 60 mS/m

Huom: Mukana ovat pakattua kukkamultaa lukuun ottamatta kaikki tyyppinimet, jotka ovat mahdollisia biojätettä ja puhdistamolietettä sisältävälle yhteismädätyslaitoksen jäännökselle (taulukko 12).

[a] VS = haihtuva aines (volatile solids)

Jotta mädätysjäännöstä voidaan käyttää kompostimullassa tai pakatussa seosmullassa, se tulee kompostoida siten, että se täyttää maanparannuskompostin vaatimukset (MMMa 12/07). Pakatun seosmullan vaatimus kompostin kasvualustana kelpaavuudesta (taulukko 13) tarkoittaa käytännössä tätä (O. Venelampi, ylitarkastaja / Evira, henkilökohtainen tiedonanto 1.9.2010).

Kompostoinnissa pyritään nopeuttamaan varsin hidasta luonnollista hajoamista sekä takaamaan mikrobeille riittävästi hiiltä, ravinteita, happea ja vettä. Kompostoinnissa tai vanhentamisessa annetaan aerobisten bakteerien hajottaa ja humustaa käsittelyjäännöstä. Humustamisen seurauksena käsittelyjäännöksessä, eli kompostissa ei ole enää kasvien kasvulle haitallisia, eli fytotoksisia yhdisteitä, se on stabiilia eikä sisällä enää taudinaiheuttajia eikä rikkakasvien siemeniä. (Latvala 2009, 54.)

Kompostoinnin onnistuminen riippuu kompostissa toimivien mikrobien hyvinvoinnista sekä niiden vaatimien ravinteiden sekä olosuhteiden huomioon ottamisesta (Tontti & Mäkelä-Kurtto 1999, 20). Kompostiin lisätään yleensä seosainesta tasapainottamaan kompostoitavan materiaalin hiili-typpi-suhdetta, kuohkeuttamaan kompostia ilmanvaihdon parantamiseksi sekä usein myös kuivatuksen tähden (Tontti & Mäkelä-Kurtto 1999, 17-18). Kompostin sopiva hiili-typpisuhde on 25–35:1, jolloin ei synny liiallisesti typestä johtuvaa mikrobeille haitallista

ammoniakkia, mutta typpeä on mikrobien ravinteeksi kuitenkin riittävästi (Tontti & Mäkelä-Kurtto 1999, 17-18).

Koska käsittelyjäännöksessä on jäljellä enää hyvin vähän helposti hajoavaa ainesta, saattaa siihen olla tarpeen lisätä uutta seosainesta kompostointia varten (Latvala 2009, 54). Linkokuivatun mädätysjäännöksen jälkikompostoinnissa seosaineena käytetään yleisesti turvetta (Lehto & Ekholm 2001, Myllymaan ym. 2008, 23 mukaan). Kun otetaan huomioon myös mädättämättömän materiaalin kompostointi, kompostointilaitoksilla yleisimmät tukiaineet ovat olleet hake (osuus 71 %) ja turve (osuus 24 %) (Jaakko Pöyry Infra 2001, Myllymaan ym. 2008, 38 mukaan). Muita seosaineita kompostoinnissa voidaan käyttää esimerkiksi lehti- ja neulaskariketta, kutterilastua, olkea, sahajauhoa tai eri tukiaineiden seoksia (Latvala 2009, 54; Jaakko Pöyry Infra 2001, Myllymaan ym. 2008, 38 mukaan). Turpeen käytössä seosaineena on kuitenkin haittana massan tiivistyminen sekä se, että se ei enää hajoa kompostoinnissa, jolloin se ei auta lämmönnousussa (Latvala 2009, 54). Suhteena turpeen tai hakkeen lisäyksessä on 1:1 (Lehto & Ekholm 2001, Myllymaan ym. 2008, 23 mukaan). Mikäli tukiaine on haketta, valmis komposti voidaan seuloa ja näin voidaan palakooltaan suurikokoinen hake kierrättää takaisin kompostointiin (Paatero ym. 1984, 100–101). Samalla tuotteesta saadaan myös tasalaatuisempaa.

Osa orgaanisesta aineksesta häviää kompostoinnissa. Materiaalin haihtuvasta orgaanisesta aineksesta noin 20 - 30 % muuntuu hiilidioksidiksi ja vedeksi (Karttunen 2004, 575). Ravinteista kompostoinnissa haihtuu jonkin verran typpeä ilmaan ammoniakkina ja typpioksiduulina sekä syntyvien jätevesien kautta ammoniumtyppenä (Keskitalo & Kettunen 2007, 16). Typpihäviö on hyvin merkittävä tekijä kompostin lannoitusarvon kannalta, ja häviö voi olla niin suurta että kompostoinnin vaikutus tuotteen ravinnepitoisuuteen on negatiivinen (Paatero ym. 1984, 202). Joonan (2010, 75) keräämien tietojen mukaan typen häviäminen kompostoinnissa vaihtelee välillä n. 6–67 %. Typen häviäminen on suurinta tilanteessa, jossa kompostoitavan aineen C/N-suhde on alhainen ja vastaavasti pienin tilanteessa, jossa typpeä on vähän sekä typen vapautumisnopeus on hidas (Paatero ym. 1984, 203–205). Latvalan (2009, 54) mukaan ammoniumtypen sitomiseen etenkin turve on hyvä seosaine. Mädätysjäännöksessä hiilen osuus on vähentynyt biokaasutuksessa, mutta toisaalta kuivatussa mädätysjäännöksessä myös

typen pitoisuus on melko alhainen, koska suuri osa typestä menee kuivauksessa rejektiveteen. Typpihäviötä voidaan kompostoinnissa vähentää käyttämällä seosaineena helposti hajoavaa hiiltä sisältävää ainesta, kuten olkea (Joona 2010, 80).

Kompostoinnin haittoina ovat mm. tilantarve, ilmastusaineen tarve sekä hajupäästöt (Latvala 2009, 54). Hajuhaittojen vuoksi aumakompostointi tulisi tehdä kaukana asutuksesta (Lohiniva 109). Asutuskeskusten läheisyydessä taas kompostointi on usein tarpeellista tehdä suljetussa tilassa, esimerkiksi tunneli- tai reaktorikompostointina, tämä taas lisää investointikustannuksia (Latvala 2009, 54). Kompostointialueen suoto- ja valumavedet on kerättävä hallitusti jotta niiden laatu ja käsittelytarve voidaan määritellä (Latvala 2009, 54).

4.3.1 Höyrykäsittely ennen aumakompostointia

Aumakompostoinnin tehokkuutta ja lopputuotteiden hygieniaa voi varmistaa tekemällä kompostin ilmastamisen lisäksi ennen kompostointia materiaalin höyrykäsittelyn. Menetelmässä kompostoitava aines kuljetetaan hihnakuljettimella käsittelyrumpuun, jossa materiaaliin johdetaan kuumaa höyryä. Materiaali lämpenee rummussa, jonka jälkeen se puretaan kuljettimilla ja siirretään kauhakuormaajilla jälkikypsytysaumoihin. (UUS-2008-Y-53-111, 6, 10 ja 34.)

Helsingin Seudun Ympäristöpalvelun Vesi-osaston (HSY Vesi, aiemmin Helsingin Vesi) menetelmässä höyrykäsittelyä käytettiin mädätetyn puhdistamolietteen hygienisointiin Metsäpirtin kompostointikentällä ennen kompostointia. Sittemmin laitoksella ollaan luovuttu höyrykäsittelystä kompostointia edeltävänä vaiheena. Syynä tähän oli se, että myös tehokkaalla ainesosien mekaanisella sekoituksella ja massan ilmastamisella sekä huolellisella aumakompostoinnilla pystytään saavuttamaan hygienisointivaatimukset ilman kallista höyrykäsittelyä. Lisäksi menetelmä tuotti vaikeasti hallittavissa olevan hajuongelman. (Y. Lundström, ympäristöpäällikkö /HSY, henkilökohtaiset tiedonannot 13.9.2010 & 9.11.2010.)

4.3.2 Kompostin jatkojalostus

Valmista kompostia voidaan myös käsitellä edelleen ennen loppusijoitusta tai hyödyntämistä sekoittamalla se muihin sopiviin materiaaleihin. Kompostituotteen laatua voidaan parantaa hienontamalla sitä tai lisäämällä siihen esimerkiksi hiekkaa, kalkkia, erilaisia lannoitteita tai multatuotteita (Paatero ym. 1984, 102-103). Seosmultiin kuuluvat kompostimulta ja pakattu seosmulta ovat maanparannuskompostista jatkojalostettuja tuotteita, joita voi valmistaa sekoittamalla maanparannuskompostiin esim. ruokamultaa, turvetta tai kalkkia ja täydentää koostumusta tarvittaessa hiekalla tai muulla lannoitevalmisteella (Penttinen-Källroos 2009, 21). Esimerkiksi Stormossenin mädätysjäännöksestä valmistettuun kompostiin sekoitetaan ruokamultaa, hiekkaa ja kalkkia ja valmistetaan näin kompostiseosta (Stormossen 2010b, 5). Myös jätemateriaalien käyttö muina materiaaleina voi olla mahdollista. Esimerkiksi lentotuhkan sekoittamista on kokeiltu biojäte- ja puhdistamolietekomposteihin lannoitukseen soveltuvien rakeiden valmistukseen (Orava ym. 2006). Ennen markkinoille saattamista komposti voidaan vielä seuloa. Näin tehdään esimerkiksi Stormossenin kohdalla kompostimullan laadun varmistamiseksi (Penttinen-Källroos/Stormossen, sähköpostiviesti 3.9.2010).

Mikäli kompostista valmistetaan kasvualustaa viherrakentamiseen, sen pH-arvoa voidaan nostaa kalkitsemalla. Mahdollisia kalkitusaineita ovat kalkkikivijauhe, dolomiittikalkki sekä erilaiset tuhkat. Paikallisesti voi olla mahdollista saada edullisesti metsäteollisuuden meesakalkkia tai terästeollisuuden masuunikuonaa, jotka voivat käydä kasvualustojen kalkitsemiseen. Myös sammutettu kalkki käy varauksin kasvualustojen kalkitsemiseen, ei kuitenkaan olemassa olevan kasvuston ylläpitokalkitukseen. (Sirviö (toim.) 2009, 86-87.) Nordkalkin tuotepäällikkö T. Kanervan (henkilökohtainen tiedonanto 9.9.2010) mukaan kompostin pH-arvoa nostetaan kalkilla, koska komposti on itsessään hapanta ja kalkitsemisella saadaan kompostin pH-arvo kasvualustaksi riittävän korkeaksi, ei jotta kompostille saataisiin kalkitusarvoa maaperään.

4.4 Kuivarakeen valmistus

Tyyppinimestä kuivarae tai -jauhe tiedossa oleva tuotteistaminen koskee kuivaraetta (Latvala 2009, 99). Tämän vuoksi kuivajauheen valmistustekniikkaa ei tässä käsitellä. Lannoitevalmis-

teasetuksen mukaan kuivarakeen kosteuden tulee olla enintään 10 % tai tuotteen hygienisoituminen on erikseen validoitava.(MMMa 12/07)

Kuivaraetta voidaan valmistaa kuivaamalla mädätysjäännös termisesti ja sen jälkeen rakeistamalla se. Tätä tekniikkaa käytetään Lakeuden Etapin yhteismädätyslaitoksella (Latvala 2009, 102). Termistä kuivausta ja rakeistusta on kokeiltu myös Biovakan Vehmaan laitoksella (Peltonen & Harmoinen (toim.) 2009, 36). Tekniikkaa on suunniteltu käytettäväksi ainakin kahdessa yhteiskäsittelylaitosten tapauksessa: VamBion laitoksella suurimman kapasiteetin vaihtoehdossa (Watrec 2007, 29-32) sekä Envor Biotech Oy:n laitoslaajennuksessa (Jyväskylän yliopiston ympäristöntutkimuskeskus 2010, 26-27). Termistä kuivausta ja sen jälkeistä rakeistusta voidaan lannoitevalmistetuotannon lisäksi käyttää myös polttoa edeltävänä vaiheena (Latvala 2009, 52). Mädätysjäännöksen terminen kuivaus toteutetaan samalla tekniikalla kuin puhdistamolietteiden terminen kuivaus. Jätevedenpuhdistamolaitoksien biokaasulaitoksilla mädätysjäännöksen terminen kuivaus on käytössä ainakin Joensuun Veden laitoksella (Kuittinen & Huttunen 2009, 18).

4.4.1 Terminen kuivaus

Termisessä kuivauksessa lietteestä haihdutetaan vettä lämmön avulla ja näin päästään alhaisempaan kosteuspitoisuuteen kuin perinteisillä kuivausmenetelmillä. Tekniikassa liete on joko suoraan tai epäsuorasti kontaktissa lämmönsiirtoon käytetyn väliaineen kanssa. Suorassa kuivauksessa väliaineena on ilma ja epäsuorassa höyry tai öljy, jolloin kuivattavan lietteen ja väliaineen erottaa lämmönvaihtopinta. Menetelmiä kutsutaan myös lämmönvaihdon mukaan konvektio- (em. jaossa suora kontakti) ja kontaktikuivaukseksi (epäsuora kontakti). (Metcalf & Eddy 2003, 1579–1584.)

Termisesti kuivattu liete on helppo varastoida vähentyneen mikrobitoiminnan vuoksi (Lohiniva ym. 2001, 110). Termisestä kuivurista saadaan tuotteena hienojakoista ainetta, raetta tai pientä pellettiä, riippuen lietteen laadusta (Lohiniva ym. 2001, 110). Tuotteen kuiva-ainepitoisuus voi vaihdella välillä 65–95 % (Metcalf & Eddy 2003, 1582–1585). Holmbergin

& Liljan (1999, 35) mukaan termisesti kuivattuna markkinoitavan lannoitevalmisteen kuiva-ainepitoisuuden tulee olla vähintään 85 %, jotta valmiste ei homehdu varastoitaessa. Joka tapauksessa termisen kuivauksen lopputuote vaatii katetun varaston (Lehto 2009, 14). Kuivarakeen valmistuksessa tavoiteltavana kuiva-ainepitoisuutena voidaan kuitenkin pitää lannoitevalmisteasetuksen mukaista 90 %:ia, jotta tuotteen hygienisyyttä ei tarvitse muuten varmistaa. Lakeuden Etapin kuivarakeen kuiva-ainepitoisuus on 92 % (Lakeuden Etappi 2010b).

Kun termistä kuivausta käytetään hygienisointitarkoitukseen, lämpötilan noston pitää olla alkuvaiheessa nopea, jotta mikrobien tuhoutuminen varmistuu (Latvala 2009, 52). Kun kuivauksessa päästään noin 90 %:n kuiva-ainepitoisuuteen, liete on stabiilia eli biologinen aktiivisuus on loppunut (Latvala 2009, 53). Biokemiallinen hajoaminen voi kuitenkin termisen kuivauksen jälkeen jatkua myöhemmin, jos täysin uusi mikrobikanta leviää siihen (Karttunen 2004, 579). Käytännössä näin voi tapahtua esimerkiksi varastoinnin yhteydessä, jos tuotetta ei pidetä suojassa kosteudelta. Samoin kun kuivarae levitetään käyttökohteeseen, kuivarakeessa olevan orgaanisen aineksen hajoaminen humukseksi jatkuu maassa.

Termisen kuivauksen haittoja ovat korkeat pääoma- ja käyttökustannukset ja suuri ylläpitotarve (Latvala 2009, 52). Terminen kuivaus onkin suhteellisen kallis investointi ja edullisempi aina suuremmassa kokoluokassa (Lohiniva ym. 2001, 92). Termisestä kuivauksesta syntyy myös haihtuvan höyryn lauhdutuksessa sekä poistokaasun pesusta rejektivesiä (Kangas 2009, 2). Käyttökustannuksissa merkittävää on kuivauksen energiantarve. Nurmen (2010, 22) mukaan puhdistamolietteen termisen kuivauksen rajoitukseksi muodostuu rejektivesien käsittelyn lisäksi käytännössä energiatalous. Syynä tässä on Nurmen mukaan prosessin lämpöhäviöt, sillä lauhteesta saadaan vain osa kuivauksen kuluttamasta huomattavasta lämpömäärästä.

Termisessä käsittelyjäännöksen kuivauksessa syntyy hajukaasujen lisäksi myös muita kaasuja ja pölyjä. Termisessä kuivauksessa höyrystyy myös orgaanisia aineita, joista monet aiheuttavat jo pieninä pitoisuuksina hajuja. Termisessä kuivauksessa muodostunut höyry voidaan lauhduttaa tai johtaa lauhtumattomana polttoon. Termisen kuivauksen poistoilma pääsääntöisesti käsitellään. Hajupäästöjen tyypillisin käsittelytapa on biosuodatin. (Latvala 2009, 61.)

Koska termisessä kuivauksessa haihtuu pääosa jäännöksen vedestä, ravinteiden pitoisuus tuoretonnia kohden kasvaa siinä merkittävästi. Ravinnepitoisuudet kuiva-aineessa laskevat kuitenkin ilmeisesti hieman. Lakeuden Etapin laitospäällikkö E. Yli-Rahnaston (henkilökohtainen tiedonanto 4.10.2010) mukaan laitoksella saatujen kokemusten perusteella termisessä kuivauksessa häviää jonkin verran ravinteita. Tämä näkyy siinä, että kuivurin kaasuista lauhdutetussa vedessä on selvästi etenkin typpeä ja kyseessä lienee pääosin liukoinen typpi. Ainakin Lakeuden Etapin tapauksessa jäännöksen linkokuivausvaiheessa häviää silti todennäköisesti enemmän ravinteita kuin termisessä kuivauksessa. Raskasmetalleja termisessä kuivauksessa ei käytännössä häviä. (E. Yli-Rahnasto, laitospäällikkö/Lakeuden Etappi, henkilökohtainen tiedonanto 4.10.2010.) Biovakan Vehmaan laitoksella yksi syy, miksi termistä kuivausta ja rakeistusta ei otettu tuotantokäyttöön oli se, että termisessä kuivauksessa haihtui ammoniumtyppi (M. Isotalo, tuoteasiantuntija / Biovakka Suomi Oy, henkilökohtainen tiedonanto 4.10.2010). Ammoniumtyppi on kasveille käyttökelpoinen typen muoto (asiasta tarkemmin luvussa 4.5.2), joten sen häviäminen vähentää olennaisesti tuotteen lannoitusarvoa.

4.4.2 Rakeistus termisen kuivauksen jälkeen

Kuivarae-lannoitevalmisteen valmistuksessa termistä kuivausta seuraa rakeistus. Rakeistus voidaan tehdä usealla tavalla: puristamalla kuivattu liete matriisin tai suulakkeen läpi, muodostamalla rae kuivatun ytimen ympärille pyörivässä rummussa tai lautasella tai puristamalla liete murenevaksi levyksi kahden telan välissä. Rakeistuksessa lietteeseen lisätään yleensä rakeistumista tai rakeiden kestämistä edistäviä lisäaineita. Nämä aineet voivat vähentää rakeessa olevien ravinteiden liukoisuutta ja näin vähentää ravinteiden käyttökelpoisuutta kasveille. (Latvala 2009, 53 ja 87.)

Menetelmistä matriisipuristimella saadaan yleensä laadultaan paras, homogeeninen tuote, johon voi seostaa esimerkiksi lisäravinteita (Holmberg & Lilja 1999, 34). Rakeistus on käytössä Lakeuden Etapilla ja tekniikkana siellä on matriisipuristus (Latvala 2009, 98). Vehmaan yhteismädätyslaitoksella termisesti kuivattu liete rakeistettiin sopivan kokoiseksi useampivaiheisen seulonnan avulla (Hakala 2008). Biovakka Suomi Oy:n tuoteasiantuntija M. Isotalon

(henkilökohtainen tiedonanto 11.11.2010) mukaan Vehmaan laitoksella jäännöksen terminen kuivaus ja rakeistus oli lyhyt pilotti-tyyppinen koe. Prosessin lopputuotteena saatiin noin 12–15 mm kokoista kuivaraetta, jota olisi voinut levittää pellolle kalkkivaunuilla. Tuote oli varsin kevyttä (arviolta suuruusluokkaa 500 kg/m^3) ja suurimpana ongelmana Isotalon mukaan prosessissa oli pölyäminen.

Lakeuden Etapin laitospäällikkö E. Yli-Rahnaston mukaan laitoksella on kokeiltu eri kokoisia matriiseja ja nykyinen, halkaisijaltaan n.6 mm:n pellettiä tuottava matriisi on todettu tuotannon kannalta parhaaksi. Pellettiä pienempää raetta voisi mädätysjäännöksestä tehdä granulointitekniikalla, jota käytetään mm. tuhkien rakeistuksessa. Pienessä rakeessa on pienempi tilavuuspaino kuin pelletissä, koska granuloinnissa ei tule pelletointia vastaavaa puristusta. Pienempi tilavuuspaino puolestaan on ongelmallista sen tähden, että tuolloin tuotteen rahtikustannukset nousevat. (E. Yli-Rahnasto, laitospäällikkö/Lakeuden Etappi, henkilökohtaiset tiedonannot 28.10.2010 & 9.11.2010.)

4.4.3 Ravinteiden lisäys rakeeseen

Lannoitekäyttöön kuivaraetta valmistettaessa voi olla kannattavaa lisätä rakeeseen erikseen muita ravinteita. Lilja ym. (1998, Lohiniva ym. 2001, 82 mukaan) esittävät, että puhdistamolietteestä peltokäyttöä varten tehtyyn raemaiseen lannoitevalmisteeseen tulisi lisätä ainakin typpeä ja kaliumia. Myös lannoitevalmistelainsäädännön mukaan kuivarakeeseen on mahdollista lisätä ravinteita (MMMa 12/07). Eviran ylitarkastaja O.Venelammen mukaan kuivarakeen tyyppinimi pysyy samana, vaikka siihen lisätään ravinteita. Lisättävän ravinteen tulee kuitenkin olla lannoitevalmisteeksi soveltuvaa, jolloin sen tulee täyttää jonkin tyyppinimen vaatimukset. Jos kuivarakeeseen lisätään ravinteita, esimerkiksi urea voisi olla yksi vaihtoehto. (O. Venelampi, ylitarkastaja / Evira, henkilökohtaiset tiedonannot 5.10.2010 & 9.11.2010.) Ravinteiden lisäämistä termisesti kuivattuun mädätysjäännökseen on suunniteltu Envor Biotech Oy:n laitoksen laajennussuunnitelmissa. Suunnitelman mukaan ravinteiden lisäys tehtäisiin erillisessä lannoitevalmistusyksikössä ja lannoitteiden valmistamisessa enintään 2/3 raaka-

aineista olisivat muita lannoitteita tai lannoiteraaka-aineita kuin termisesti kuivattua mädätysjäännöstä. (Jyväskylän yliopiston ympäristöntutkimuskeskus 2010, 26–27).

Lakeuden Etapin E. Yli-Rahnaston mukaan myös rejektiveden typpeä voitaisiin lisätä rakeeseen, kun typpeä on ensin erotettu rejektivedestä ammoniakkia strippaamalla. Jos strippauksella saadussa typpinesteessä typen pitoisuus on riittävän suuri (kymmeniä prosentteja), tätä nestettä voisi lisätä termisen kuivauksen jälkeen ennen rakeistusta. Tällä hetkellä Lakeuden Etapin prosessissa lisätään ennen rakeistusta hieman vettä, jotta pelletistä saadaan lujempi. Ongelmana stripatun typen lisäyksessä olisivat kuitenkin ammoniakin strippauksen korkeat investointi- ja käyttökustannukset. (E. Yli-Rahnasto, käyttöpäällikkö/Lakeuden Etappi, henkilökohtaiset tiedonannot 28.10.2010 & 9.11.2010.)

Edellä kuvatun tyyppisessä tapauksessa typen strippauksen jälkeen lauhdutettu typpineste olisi lainsäädännöllisesti epäorgaaninen lannoite, koska siinä olevat ravinteet ovat kokonaan epäorgaanisessa muodossa (esim. rejektivedestä haihdutettua ammoniumtyppeä). Tämän lannoitteen valmistuksessa on mahdollista hyödyntää myös rejektivettä, jossa on mukana puhdistamolietettä. Tämä edellyttää, että strippauksessa ei haihdu ammoniumtypen ohella puhdistamolietteen (tai muun raaka-aineen) epäpuhtauksia niin paljoa, etteivät typpinesteelle soveltuvan tyyppinimen puhtausvaatimukset täyty. Vaikka typpinestettä käytettäisiin pelkästään kuivarakeen lannoitukseen, typpinesteen tulee kuitenkin olla myös erikseen valvottavissa. (O. Venelampi, ylitarkastaja / Evira, henkilökohtainen tiedonanto 9.11.2010.) Tässä yhteydessä huomattavaa on, että puhdistamolietettä sisältävä rejektivesi ei siis sovellu sellaisenaan lannoitevalmisteeksi (ks. luku 4.1.1).

4.5 Lannoitevalmiste maanviljelyyn

Mädätysjäännöksen keskeisessä hyötykäyttökohteessa, eli maanviljelyssä käyttö on ollut vähäistä, sillä maanviljelyssä käytetään lannoitukseen pääosin keino- eli mineraalilannoitteita. Karjanlantaa lukuun ottamatta muita orgaanisia lannoitteita on käytetty maatiloilla suhteellisen vähän (Peltonen & Harmoinen (toim.) 2009, 32). Mineraalilannoitteisiin verrattuna orgaanisis-

sa lannoitteissa on tyypillisesti pienemmät ravinnepitoisuudet. Useimmat orgaaniset lannoitteet vaativatkin tueksi lisälannoitusta typen ja kaliumin osalta. (Peltonen & Harmoinen (toim.) 2009, 38–40.) Maanviljelyssä on lannoitekäytön suurimmat volyymit käyttökapasiteetissa, joten luultavaa on, että nimenomaan peltokäyttö on jatkossa orgaanisten lannoitevalmisteiden merkittävin käyttökohde (Saarinen 2010, 10). Viime aikoina mineraalilannoitteiden hintojen noustua sekä orgaanisten lannoitteiden saatavuuden parantuessa kiinnostus orgaanisia lannoitteita kohtaan mineraalilannoitteiden vaihtoehtoina onkin kasvanut (Peltonen & Harmoinen (toim.) 2009, 32).

Keinolannoitteiden edullinen hinta on silti edelleen suurin este biokaasulaitosten lopputuotteiden menekille (Saarinen 2010, 9). Mineraalilannoitteiden etuja tehokkuuden lisäksi ovat rakeisen olomuodon myötä tuleva helppokäyttöisyys sekä tasainen laatu ja alhaiset raskasmetallipitoisuudet hyvin kontrolloitavissa olevan valmistusprosessin vuoksi (Peltonen & Harmoinen (toim.) 2009, 32 ja 40). Biojätteitä käsittelevien laitosten lopputuotteita on toistaiseksi jouduttukin tarjoamaan viljelijöille peltokäyttöön ilmaiseksi (Saarinen 2010, 9). Kevään 2010 listauksessa peltokäyttöön soveltuvista orgaanisten lannoitevalmisteista valtaosa oli joko ilmaisia tai hinnaltaan vain muutamia euroja tonnilta (Käytännön Maamies 2010). Joonan (2010) mukaan eräs haaste jäteperäisten lannoitevalmisteiden maatalouskäytölle on ollut myös puutteellinen neuvonta. Viljelijäneuvonnassa ei osata tarjota vaihtoehtoja keinolannoitteiden käytölle. Tehokas tutkimustiedon levittämistapa viljelijöille olisi kuitenkin nimenomaan viljelyneuvojien kautta. (Joona 2010, 85.)

Biovirta-hankkeen hankevastaava T. Paavolan mukaan maatalouskäyttöä ajatellen järkeviä mädätysjäännöksen jalostusvaihtoehtoja ovat tällä hetkellä lähinnä käyttö sellaisenaan sekä jäännöksen fraktiointi eli erottaminen neste- ja kuivajakeeseen. Lisäksi rakeistus voi olla käyttötarkoituksesta riippuen hyvä vaihtoehto. Paavolan mukaan mädätysjäännöksen kompostointi ei ole tarpeellista maatalouskäyttöä varten, koska usein kompostoinnissa osa typestä menetetään ilmaan sekä ravinnepitoisuudet laimenevat lisättävän seosaineen myötä. (T. Paavola, tutkija / MTT, henkilökohtaiset tiedonannot 17.9.2010 & 15.10.2010.)

T. Paavolan mukaan peltokäytössä kompostoimattoman mädätysjäännöksen epästabiilius ei ole myöskään ongelma, sillä kun jäännös levitetään peltoon, se sekoitetaan muokkauskerrokseen joko multaamalla tai sijoituslevityksellä, jolloin peltomaan sekä mädätysjäännöksen seos on stabiilia. Esimerkiksi raakalantaan - jota käytetään yleisesti maanviljelyssä - verrattuna jo pelkkä mädätysjäännös on huomattavasti stabiilimpaa. Kompostituotteissa stabiilius on olennaista sen vuoksi, että niitä voidaan käyttää suoraan kasvualustoina. (T. Paavola, tutkija / MTT, henkilökohtaiset tiedonannot 17.9.2010 & 15.10.2010.)

Joonan (2010, 72–73 ja 77) mukaan komposti sopii kuitenkin mädätysjäännöstä paremmin viljelykäyttöön, koska kompostissa on humus stabiloitunut. Mädätysjäännöksen Joonan toteaa sisältävän hajoamatonta ja epävakaata hiiltä sekä hajoamisen välituotteita, jotka haittaavat kasvien kasvua. Mädätysjäännöksistä tuotteistetuista komposteista maanviljelyssä on käytetty ainakin HSY:n maanparannuskompostia (Y.Lundström, ympäristöpäällikkö / HSY, henkilökohtainen tiedonanto 10.9.2010). Lisäksi Stormossenin maanparannuskompostilla on tehty ainakin kasvukokeita ohralla sekä rypsillä (Tontti ym. 2010,10–12).

Myöhemmin Joona toteaa että separoidun mädätysjäännöksen kuivajaetta voisi käyttää sellaisenaan maanviljelyssä mailla, joissa on runsas hiilipitoisuus. Tuolloin kuivaosa kompostoituisi maassa ja tarvitsisi eloperäistä ainesta tukiaineeksi jottei typpi haihdu. Vähähiilisillä mailla kompostoituminen vähentäisi jo ennestään vähäisiä hiilivaroja, joten tämän vuoksi tuotteen tulisi olla tuolloin jo valmiiksi kompostoitua, jolloin tuotteella olisi sekä maanparannus- että fosforilannoitusvaikutusta. Kompostointi olisi Joonan mukaan myös järkevää, kun halutaan varmistua lopputuotteen hygieniasta ilman kallista biokaasulaitoksen hygienisointiprosessia sekä hajottaa ja sitoa kompostissa muodostuvaan humukseen tuotteen epäpuhtauksia, kuten raskasmetalleja ja orgaanisia haitta-aineita. Tämä voisi olla tarpeen etenkin jos raaka-aineena on puhdistamoliete tai biojäte. (J. Joona, henkilökohtaiset tiedonannot 16.10.2010, 4.11.2010 & 11.11.2010).

Maatalouskäytössä olennaisia ovat etenkin lannoitevalmisteen kasveille käyttökelpoisen typen ja fosforin pitoisuudet. Mikäli lannoitevalmisteeksi valmistetaan kuivarae, arvo maanviljelykäytössä on lähinnä fosforilannoituksessa, sillä typpilannoitusarvo häviää, vaikka raaka-

aineissa olisi runsaasti liukoista typpeä (Kapuinen 2008, 23). Ohran lannoituskokeissa havaittiinkin sekä maanparannuskompostin että kuivarakeen soveltuvan ohran lannoitukseen, kun lisänä käytetään helppoliukoisen typen täydennystä (Tontti ym. 2010, 51 ja 54).

Typen lisälannoituksen lisäksi peltojen typpivaroja voi lisätä viljelemällä typensitojakasveja ja käyttämällä ne viherlannoitteena (Peltonen & Harmoinen (toim.) 2009, 32). Viljelykäytössä olevia typensitojakasveja ovat esimerkiksi sinimailanen, apilat, virnat, herne sekä härkäpapu, jotka sitovat typpeä biologisesti (Rajala 2004, 202–203). Palkokasvien typensidontaa voi tehostaa lisäämällä siemeniin typpibakteerivalmistetta (Rajala 2004, 203). Typpibakteerivalmiste on yksi mikrobivalmiste-tyyppinimistä (MMMa 12/07)

4.5.1 Käyttökohderajoitukset sekä käyttömäärien määräytyminen

Mädätysjäännöksestä valmistettujen tuotteiden käyttökohteita rajoitetaan ns. puhdistamolietepäätöksessä, luonnonmukaisen (luomu) tuotannon ehdoissa sekä sivutuoteasetuksessa. Mikäli mädätysjäännös-tyyppinimessä on puhdistamolietettä, sitä koskee valtioneuvoston päätöksen 282/1994 6 §:ssä mainitut käyttökohderajoitukset. Päätöksen mukaan puhdistamolietettä voi käyttää vain viljalle, sokerijuurikkaalle tai öljykasveille, taikka sellaisille kasveille, jota ei käytetä ihmisen ravinnoksi tai eläimen rehuksi, varoajan ollessa viisi vuotta. Peltomaan pH:n tulee olla lisäksi vähintään 5,8 kun puhdistamolietettä sisältävää mädätysjäännöstä levitetään. Lisäksi käyttöä koskevat erilliset raskasmetallirajoitukset, jotka ovat aiemmassa taulukossa 15 (luku 4.1.2).

Luonnonmukaisessa tuotannossa eli luomutuotannossa on lisäksi erilliset ehdot lannoitevalmisteiden käytölle. Luomutuotannossa ei voi käyttää mitään lannoitevalmistetta joka sisältää jätevedenpuhdistamolietettä. Syynä tässä on se, että jätevedenpuhdistamoliete ei ole mukana luomutuotannon täydennyslannoitteisiin hyväksyttävissä raaka-aineissa (Evira 2010a, liite 1). Kompostoitu tai mädätetty kotitalouksien biojäte sen sijaan käy luomutuotannon täydennyslannoitteisiin tietyin edellytyksin (Evira 2010a, liite 1). Biokympin Kiteen yhteismädätyslaitos on tavoittelemassa lopputuotteen luomukäyttömahdollisuutta. Biokymppi tulee käsittelemään

puhdistamolietettä vain toisessa reaktorissa, ja näin se voi hakea toisen reaktorin mädätysjäännöksen tuotteelle luomuhyväksyntää (Kuittinen ym. 2010, 26).

Eläinperäisten sivutuotteiden käyttö lannoitevalmisteen raaka-aineina tuo käyttöön lisäehtoja. Sivutuoteasetuksen täytäntöönpanosta annetun asetuksen 181/2006/EY luokan 2 ja 3 sivutuotteita sisältävien lannoitteiden (lantaa lukuun ottamatta) käytöllä on 21 vrk varoaika tuotantoeläinten laiduntamiselle ja kasvillisuuden keräämiseen rehukäyttöön. Rajoitus tulee mainita myös tuotteen pakkauksissa sekä kaupallisissa asiakirjoissa eli tuoteselosteissa. (EY 181/2006.)

Lannoitevalmisteen maatalouskäytössä mahdolliset käyttömäärät määräytyvät paljolti sallittujen lannoitusmäärien mukaan. Lannoitusmääriä rajoitetaan nitraattiasetuksessa, täydentävissä ehdoissa sekä maatalouden ympäristötuen sitoumusehdoissa. Täydentävät ehdot viljelyyn ovat joukko vaatimuksia, jotka ovat useimpien viljelytukien ehtoina (Maaseutuvirasto 2010). Mädätysjäännöksen käytön kannalta täydentävissä ehdoissa olennaista on, että niissä selkeytetään puhdistamolietteen käyttöä sekä nitraattiasetuksen tulkintaa. Täydentävien ehtojen mukaan puhdistamolietteen maatalouskäyttöä koskeva päätös (VNp 282/1994) koskee vain maanparannusaineena sellaisenaan käytettäviä sivutuotteita, joihin kuuluu tässä tarkasteltavista tyyppinimistä vain mädätysjäännös (Maaseutuvirasto 2010, 18).

Maatalouden ympäristötuet on maatalouden vesisuojeluun tähtäävä keskeinen toimenpide Manner-Suomen maaseudun kehittämisohjelmassa vuosille 2007–2013 (MMM 2008). Ympäristötukien tavoite on maatalouden sekä puutarhatalouden harjoittaminen kestävästi ja kattavuuden tavoitteena on, että ympäristötukijärjestelmään osallistuu 93 % viljelijöistä ja peltoalasta 98 % olisi järjestelmän piirissä (MMM 2008, 116–117). Vuonna 2008 julkaistujen tietojen mukaan 94 % aktiivitiloista ja 98 % peltopinta-alasta on sitoutunut ympäristötukijärjestelmään (Ympäristöministeriö 2008). Ympäristötukeen liittyy asetus MMMa 503/07 ja lisäksi tarkemmat sitoumusehdot ympäristötuen saamiseksi julkaistaan vuosittain. Ympäristötuen saaminen edellyttää maatalouden täydentävien ehtojen noudattamista (Maatalouden ympäristötuen sitoumusehdot 2010, 8). Ympäristötuen ehdoissa on lisäksi monia muita ehtoja ja olen-

naista mädätysjäännöksen käytön kannalta niissä on typen ja fosforin lannoitusmääriä koskevat rajoitukset (taulukko 17). Ympäristötuen lannoitusrajat ovat melko selvästi lainsäädännön asettamia minimirajoja tiukemmat (vrt. taulukot 11 ja 17) ja ne vaihtelevat paljon eri kohteissa. Lisätoimenpiteitä on tässä esitettyjen lisäksi myös muitakin, mutta ne eivät vaikuta lannoitekäyttömääriin. Viljelijä valitsee lisätoimenpiteitä mm. alueesta riippuen ja ne vaikuttavat maksetun tuen määrään. (Maatalouden ympäristötuen sitoumusehdot 2010, 4–7). Maaseutuvirasto on julkaissut oppaan ympäristötuen mukaisesta lannoituksesta (Maaseutuvirasto 2009).

Taulukko 17. Peltolannoituksessa olevat ympäristötuen sitoumusehtojen mukaiset enimmäislannoitusmäärät ja niiden vaihteluvälit. Yksikkönä kaikissa rajoissa on kg/ha/v. (Maatalouden ympäristötuen sitoumusehdot 2010, 8, 13-15 ja 32-36)

		Perustoimenpiteet			**Lisätoimenpiteet**	
	Vähimmäisehdot	**Luonnonhoitopellot - perustaminen**	**Peltolannoitus**	**Puutarhalannoitus**	**Vähennetty lannoitus**	**Typpilannoituksen tarkentaminen peltokasveilla**
Typpi	170 / 130 - 250[a]	40 - 240	20 - 240	20 - 240	20 - 180	(0-180)[b]
Typen huomioiminen	Kokonaistyppi / liukoinen typpi[c]	(Liukoinen typpi)	Liukoinen typpi	Liukoinen typpi	Liukoinen typpi	Liukoinen typpi
Fosfori	80 (pelto) 120 (puutarha)	0 - 70	0 - 70	0 - 110	0 - 35	ei erillisiä rajoja
Fosforin huomioiminen[d]	Sama tulkinta kuin perustoimenpiteissä[d]	Lanta: 85 % kokonaisfosforista Puhdistamolietepohjainen: 40 % kokonaisfosforista Muut orgaaniset (esim. biojätekomposti): vesiliukoinen				

Huom: Vaihteluvälit johtuvat mm. kasvi- ja maalajista sekä fosforin viljavuusluokasta. Huomioimisperusteet ovat orgaanisille lannoitevalmisteille.

[a] Vähimmäisehtona on nitraattiasetuksen (VNa 931/2000) rajoitukset. Asetuksessa on kaksi rajoitusta: 5 § antaa lannan käytössä enimmäistyppimäärät (170) ja 6 § kasvikohtaiset rajat (130–250)

[b] Typpilannoitukseen tehdään vähennys, joka riippuu peltomaasta analysoidun typen määrästä

[c] Huomioimisperuste lannan rajoituksen osalta kokonaistyppi ympäristöministeriön (2001, 11) ohjeen mukaan. Kasvikohtaisiin rajoihin huomioidaan liukoinen typpi maatalouden täydentävien ehtojen oppaan mukaan (Maaseutuvirasto 2010, 17).

[d] Lähde: A.Unnaslahti, ylitarkastaja/Maaseutuvirasto, sähköpostiviesti 1.10.2010.

Vaikka lannoitteiden todellinen käyttömäärä suhteessa enimmäiskäyttömääriin vaihtelee viljelijäkohtaisesti, ympäristötuen rajat kuvaavat melko hyvin todellisen lannoituksen määriä. Peltolannoituksen sekä vähennetyn lannoituksen fosforirajojen laskennassa on kaksi eri vaihtoehtoa yhteismädätyslaitoksen lannoitevalmisteiden fosforin huomioimisessa, eli joko 40 % ko-

konaisfosforista tai vesiliukoinen fosfori (taulukko 17). Koska vesiliukoisen fosforin osuus yhteismädätyksen mekaanisesti kuivatuissa mädätysjäännöksissä on alle prosentin luokkaa kokonaisfosforista (ks. luku 3.3 ja liite 2), on suuri merkitys sillä, kumman tavan mukaan fosfori lasketaan.

Maaseutuviraston ylitarkastaja A. Unnaslahden mukaan ympäristötuen ehdoissa sovelletaan tyyppinimestä riippumatta 40 % kokonaisfosforin huomiointia, jos tuotteen suurimpana fosforilähteenä on puhdistamoliete. Muissa orgaanisissa lannoitevalmisteissa huomioidaan vesiliukoinen fosfori. (A. Unnaslahti, ylitarkastaja / Maaseutuvirasto, pinta-alatukiyksikkö, sähköpostiviesti 1.10.2010.)

Fosforin määriin kaikissa rajoissa voi soveltaa fosforintasausta, jossa useamman (enintään viiden) vuoden sallittu määrä annetaan kerralla (Maatalouden ympäristötuen sitoumusehdot 2010, 8, 13-15). Fosforilannoituksen rajoihin viljoilla sekä öljykasveilla vaikuttaa myös saavutettu satotaso. Jos saavutettu satotaso on ollut perussatotasoa korkeampaa, fosforilannoitusta voidaan nostaa tiettyjen tarkennusten mukaan. Perussatotaso määritellään erikseen kasveille ja esimerkiksi muilla viljoilla kuin rukiilla, taso on 4 000 kg/ha. (Maaseutuvirasto 2009, 15–16).

Etenkin ympäristötuen fosforirajoitukset rajoittavat mädätysjäännöksen käyttöä peltohehtaaria kohden (Pakkala 2010, 23). Fosforirajoitus ovat melko merkittävä etenkin puhdistamolietteen levityksessä, sillä mikäli levitysmäärät jäävät pieneksi, vähenee samalla orgaanisen aineen lisäyksen maan rakennetta ja vedenpidätyskykyä parantava vaikutus olennaisesti (Puolanne 2002, 7). Jos viljelijä käyttää samalla peltolohkolla mädätysjäännöksen lisäksi keinolannoitteita ja/tai lantaa, mahdolliset levitysmäärät hehtaaria kohden laskevat edelleen. Esimerkiksi Toivasen (2008) Kiteen aluetta koskevissa mädätysjäännöksen levityspinta-alalaskelmissa todettiin alueella syntyvän lannan sisältämän fosforin muodostavan miltei puolet ympäristötuen sallimasta fosforilannoitusmäärästä. Typen osalta laskelmissa lanta muodosti alle 20 % nitraattiasetuksen sekä ympäristötuen enimmäismääristä (Toivanen 2008, 48–52).

Tulkinta siitä, että otetaanko orgaanisista lannoitevalmisteista nitraattiasetuksen rajoihin liukoinen typpi vai kokonaistyppi on keskeneräinen asia. Ympäristöministeriön ohjeen mukaan

väkilannoitteesta otetaan huomioon liukoinen typpi ja lannasta kokonaistyppi (Ympäristöministeriö 2001, 13). Ohjeessa ei siis tarkenneta miten typpi huomioidaan orgaanisten lannoitevalmisteiden osalta. Esimerkiksi Kapuinen ym. (2010) käsittelevät nitraattiasetuksen tulkintaongelmia. Nitraattiasetuksen 5 §:ssä lannalle asetettua rajoitusta 170 kg/ha kokonaistypelle on myös pyritty soveltamaan orgaanisiin lannoitevalmisteisiin. Mikäli orgaanisista lannoitevalmisteista otetaan huomioon kokonaistyppi, niiden käyttö on ongelmallista, koska orgaanisissa lannoitevalmisteissa on liukoista typpeä vain hyvin vähän ja näin tuotteiden käytöllä ei saataisi juuri mitään typpilannoitusvaikutusta. Mikäli nitraattiasetuksen käsitteet yhtenäistettäisiin lannoitevalmistelainsäädännön käsitteiden kanssa, tilanne ei olisi yhtä epäselvä. (Kapuinen ym. 2010, 1–3.)

4.5.2 Kasveille käyttökelpoinen typpi ja fosfori

Orgaanisten lannoitevalmisteiden ravinteiden käyttökelpoisuutta kasveille on vaikeampi arvioida kuin mineraalilannoitteiden sekä karjanlannan osalta. Näitä ongelmia ovat käsitelleet laajemmin Kapuinen ym. (2010). Mineraalilannoitteiden ravinteet arvioidaan kokonaispitoisuuksien mukaan ja tähän menetelmään ei liity olennaisia ongelmia. Myös lannan ravinteiden määritykseen on olemassa perinteinen menetelmä, eli lanta-analyysi. Vaikka lanta-analyysiin käyttöön liittyy hieman tulkintaeroja, suuremmat ongelmat kasveille käyttökelpoisen typen ja fosforin määrittämisessä ovat muissa orgaanisissa lannoitevalmisteissa. Näiden muiden orgaanisten lannoitevalmisteiden ravinteiden arviointia ei aiemmin ole juuri tarvinnut maataloudessa tehdä, sillä pelloilla on käytetty vain mineraalilannoitteita sekä lantaa. Kun näitä muita orgaanisia lannoitevalmisteita on tullut markkinoille, asia on noussut ajankohtaiseksi ja on tarve tarkentaa niiden sisältämien typen ja fosforin huomiointia. (Kapuinen ym. 2010, 2.)

Käyttökelpoisen typen määrittämisessä lannoitevalmistelainsäädännön mukaisella vesiuutolla, suhteella 1:5, kuvaa orgaanisista lannoitevalmisteista vain osaa lannoitevalmisteen sisältämästä liukoisesta typestä. Tämä johtuu siitä, että vesiuutolla saadaan määritettyä lannasta vain nitraattityppi kokonaan, mutta ammoniumtypestä vain osa. Ammoniumtyppi saadaan määritettyä tehokkaammin lanta-analyysissä kalsiumkloridilla sekä suolahapolla. (Kapuinen ym. 2010, 4.)

Kasveille käyttökelpoiset typen muodot ovat juuri nämä nitraattityppi (NO_3^-) sekä ammoniumtyppi (NH_4^+). Yleensä ammoniumtyppi ehtii muuntua maassa bakteeritoiminnan myötä nitraatiksi nitrifikaatiossa, ennen kuin kasvit hyödyntävät sen. Myös osa orgaanisesta typestä vapautuu maan mikrobitoiminnan myötä kasvien käyttöön, kun se vapautuu eloperäisestä aineksesta joko ammoniakkina (NH_3) tai ammoniumtyppenä. Tapahtumaa kutsutaan typen mineralisoitumiseksi eli ammonifikaatioksi. Ammoniakki muuntautuu maassa ammoniumtypeksi, joka siis nitrifikoituu pääosin nitraatiksi, jossa muodossa kasvit pääosin ottavat typen. Osa orgaanisesta typestä voi muuntua myös muotoihin, jotka haihtuvat kaasumaisina yhdisteinä (kuten typpikaasuna N_2, dityppioksidina N_2O tai typpioksidina, NO) ilmakehään. (Peltonen & Harmoinen (toim.) 2009, 16–17.)

Typen mineralisoitumisnopeutta ei voida arvioida tarkasti, joten tämän vuoksi typpilannoituksessa orgaanisen typen huomioiminen on hyvin vaikeaa (Sirviö (toim.) 2009, 32). Orgaanisten lannoitevalmisteiden typen käyttökelpoisuutta tutkitaan parhaillaan MTT:n Uudet lannoitevalmisteet -hankkeessa (T. Tontti, tutkija / MTT, henkilökohtainen tiedonanto 12.10.2010). Kivennäismaan muokkauskerroksessa on pääosin orgaanisessa muodossa olevaa typpeä valmiina jo yli 5 000 kg/ha (Peltonen & Harmoinen (toim.) 2009, 14). Tämän vuoksi orgaanisen lannoitevalmisteen tuoma lisäys maan orgaanisen typen määrään on yleensä varsin vähäistä. Esimerkiksi, jos orgaanisessa lannoitevalmisteessa olisi kokonaistyppeä 10 kg tonnissa (1 %), josta orgaanista typpeä olisi 90 %, tulisi lannoitevalmistetta lisätä 55 t/ha, jotta orgaanisen typen lisäys olisi edes 10 % (500 kg/ha) aiemmin mainitusta muokkauskerroksen kokonaistypen määrästä.

J.Joonan mukaan juuri pidemmällä aikavälillä tarkasteltuna orgaanisten lannoitevalmisteiden sisältämällä orgaanisella typelläkin on arvoa typpilannoitteena. Osa liukoisesta typestä on orgaanisissa lannoitevalmisteissa löyhästi sitoutunut orgaaniseen ainekseen, jolloin sen liukeneminen kasvien käyttöön on hitaampaa ja hallitumpaa kuin keinolannoitteista, jolloin typpeä riittää myös kasvukauden loppuosalle vaikka kaikki lannoite levitettäisiin jo keväällä. Kun viljellään kasveja, jotka tarvitsevat typpeä myös kasvukautensa lopulla, pelkkiä keinolannoitteita käyttämällä pitää typpilannoitetta levittää kevätlannoituksen lisäksi vielä kasvukauden aikana toinen annos hyvän kasvutuloksen varmistamiseksi. Orgaaniseen ainekseen sitoutunut typpi on

myös vähemmän herkkää huuhtoutumille kuin keinolannoitteiden typpi. Jotta orgaanisen typen lisäyksestä on hyötyä, käytön tulee olla säännöllistä, sillä etu ei näy kunnolla vielä ensimmäisenä käyttövuonna. Toistuva orgaanisten lannoitteiden lisääminen kerryttää kuitenkin pidemmän päälle vapautuvan typen määrää. (J. Joona, henkilökohtaiset tiedonannot 4.11. & 9.11.2010.) Keinolannoitteiden käytöllä esimerkiksi viljalla ongelmana on usein se, että keväällä liukoista typpeä on ylimäärä ja myöhemmin viljan voimakkaimman kasvun aikana liukoisesta typestä on puutetta (Tamminen ym. (toim.) 1999, 38–40).

Lainsäädännön sekä ympäristötuen ehtojen lisäksi käyttökohteisiin vaikuttaa myös lannoitevalmisteesta saatava hyöty eri kasveille. Soveltuvuus eri kasveille vaihtelee ainakin sen mukaan, miten paljon orgaanisesta typestä on hyötyä. Syysviljoilla sekä pidemmän kasvukauden kasveilla, joilla typen kokonaistarve on suuri, keinolannoitetyppi on yleensä tarpeellista levittää useampana ajankohtana, jotta typpeä menetetään mahdollisimman vähän huuhtoutumina tai haihtumisena (Peltonen & Harmoinen (toim.) 2009, 41–42). Yleisistä viljelykasveista näitä kasveja ovat esimerkiksi vehnä ja öljykasvit. Etenkin näille kasveille orgaanisen lannoitevalmisteen orgaaninen typpi voi olla hyödyksi, sillä toinen keinolannoitetypen levityskerta voidaan välttää orgaanisella typellä, jonka lannoitusvaikutus jakautuu pidemmälle aikavälille kuin keinolannoitetypen. Ohra puolestaan hyödyntää liukoisen typen jo kasvukauden alussa tehokkaammin. (J. Joona, henkilökohtainen tiedonanto 4.11.2010.)

Liukoista typpeä tarvitaan kasvukauden alussa, jolloin maan mikrobitoiminta ei ole vielä aktivoitunut, eikä eloperäistä typpeä mineralisoidu. Tämän vuoksi keväällä käytettävä typpi tulisi olla valmiiksi liukoisessa muodossa, mutta kasvukauden edetessä orgaanista typpeä vapautuu paremmin kasvien käyttöön. (J. Joona, henkilökohtainen tiedonanto 4.11.2010.)

Kasvit ottavat myös fosforin epäorgaanisessa muodossa ($H_2PO_4^-$). Orgaaniset lannoitteet sisältävät sekä kasveille valmiiksi käyttökelpoista fosforia että orgaaniseen ainekseen sitoutunutta fosforia, josta fosforia mineralisoituu maaperässä kasveille hyödynnettäväksi. (Peltonen & Harmoinen (toim.) 2009, 18.) Typen määritystä isommat ongelmat ovat fosforin määrityksessä orgaanisista lannoitevalmisteista. Kapuisen ym. (2010, 1) mukaan kiinteiden orgaanisten lannoitevalmisteiden kasveille käyttökelpoinen fosfori on kymmeniä prosentteja kokonaisfosfo-

rista, kun lannoitevalmisteasetuksen mukaisella vesiuutolla suhteessa 1:5 antaa jopa alle 1 % osuuksia kokonaisfosforista. Kapuisen ym. (2010, 7) mukaan käyttökelpoisen fosforin määritys niistä on hyvin vaikeaa yhdellä uuttoliuoksella. Heidän suosituksensa on toistaiseksi määrittää kokonaisfosfori ja arvioida kasveille käyttökelpoinen fosfori olemassa olevaan tietoon perustuvalla kertoimella kokonaisfosforista. Puhdistamolietteestä 40 % kokonaisfosforin huomioiminen ei myöskään ole ongelmatonta. Kapuisen (2009) mukaan kasveille käyttökelpoisen fosforin laskeminen suoraan lietteen kokonaisfosforin määrästä on vaikeaa, koska käyttökelpoisuus vaihtelee huomattavasti. Nykyinen 40 % osuuden huomioiminen lietetuotteiden kokonaisfosforista kasveille käyttökelpoiseksi on kuitenkin paremmin kuvaava kuin aiemmin huomioitu osuus, joka oli 75 %. (Kapuinen 2009, 62–63.)

Esimerkiksi viherrakentamisessa suositellaan, että orgaanisia lannoitevalmisteita käytettäessä perustamishetken lannoitus kannattaa suunnitella pelkästään liukoisten ravinteiden mukaan ja että kasvualustan ravinnetilaa tulee seurata jatkossa maa-analyysien avulla (Sirviö (toim.) 2009, 32). Samaa menetelmää voi soveltaa myös maanviljelyyn. Maatalouden ympäristötuen mukaisessa typpilannoituksessa mädätysjäännöksestä sekä muista orgaanisista lannoitteista otetaankin huomioon vain liukoinen typpi (Maaseutuvirasto 2009, 12). Ympäristötuen ehtojen mukaan viljeltävien peltolohkojen maaperästä tulee tehdä viljavuustutkimus vähintään viiden vuoden välein (Maaseutuvirasto 2009, 7). Tässä vaadittavassa viljavuustutkimuksessa ei kuitenkaan määritetä maan liukoisen typen määrää. Liukoisen typen määrällä maassa ei myöskään ole merkitystä ympäristötuen perustoimenpiteiden mukaisessa lannoituksessa (Maaseutuvirasto 2009, 24–25).

Ympäristötuen lisätoimenpiteessä *typpilannoituksen tarkentaminen peltokasveilla*, liukoisen typen määrällä maassa kuitenkin on merkitystä ja sitä tulee analysoida (Maaseutuvirasto 2009, 19). Näin orgaanisen lannoitevalmisteen käyttö voisi olla järkevää yhdistää tähän lisätoimenpiteeseen, jossa liukoista typpeä tulee seurata muutenkin. Tarkennetussa typpilannoituksessa analysoidaan maan liukoisen typen pitoisuus ennen lannoitusta, ja mikäli liukoista typpeä on maassa yli 20 kg/ha, vähennetään typpilannoitusta ylimenevän osan mukaan (Maaseutuvirasto 2009, 20). Tässä analyysituloksessa olisi näin mukana aikaisemmin (edellinen/edelliset vuodet) maahan lisätyn orgaanisen typen mineralisoitumista, jolloin tuloksesta näkee, paljonko

orgaanisen lannoitteen käyttö vähentää typpilannoituksen tarvetta. Toisaalta tuloksen käyttökelpoisuutta vähentää se, että kun liukoisen typen näyte otetaan maasta jo keväällä, typen mineralisoituminen on tuolloin vähäisempää kuin myöhemmin kasvukauden aikana.

Orgaanisen fosforin lannoitusvaikutuksen seuraaminen on hieman erilaista kuin typen seuraaminen. Viljavuusanalyysissä on mukana maan liukoisen fosforin analysointi, jonka mukaan maan fosforin viljavuusluokka määritetään (Viljavuuspalvelu 2005b). Ympäristötuen perustoimenpiteiden mukaisessa lannoituksessa tällä fosforin viljavuusluokalla on merkitystä (Maaseutuvirasto 2009, 12). Koska viljavuusanalyysi tulee tehdä vähintään joka viides vuosi, orgaanisen fosforin tuoma lisäys maan fosforin viljavuuteen näkyy vähintään tällä aikajaksolla.

4.5.3 Raskasmetallien vaikutus

Pidempiaikaisella raskasmetalleja sisältävän lannoitevalmisteen käytöllä voi olla haitallisia vaikutuksia maaperään. Esimerkiksi Lehtosen ym. (2003, 115) mukaan biojäte- tai lietekompostien jatkuvassa käytössä yksi riskitekijä voi olla raskasmetallikuormitus maahan. Toisaalta Vapo Oy:n E. Mäntylän (kompostituotteiden tuotepäällikkö, henkilökohtainen tiedonanto 5.11.2010) mukaan humus sitoo tehokkaasti raskasmetalleja siten, etteivät ne siirry kasveihin. Syynä tähän on Mäntylän mukaan humuksen korkea kationinvaihtokapasiteetti, joka on kaksinkertainen esimerkiksi turpeeseen verrattuna, jonka kationinvaihtokapasiteetti on tunnetusti korkea. Esimerkiksi Vapon komposteilla puutarhamarjojen tuotannossa tehdyissä kokeissa kompostituotteilla lannoitetuilla koealoilla kasveissa oli vähemmän raskasmetalleja kuin keinolannoitteilla lannoitetuilla koealoilla. Otoskoot kokeissa olivat tosin liian pieniä tilastollista merkittävyyttä osoittamaan. (E. Mäntylä, kompostituotteiden tuotepäällikkö / Vapo Oy, henkilökohtainen tiedonanto 5.11.2010.)

4.5.4 Orgaanisen aineksen maanparannusvaikutus

Orgaanisten lannoitteiden käyttö lisää maan humuspitoisuutta, joten mineraalilannoitteista poiketen niiden käyttö ei köyhdytä maaperää. (Lehtomäki ym. 2007, 44). Väkilannoitteiden

käyttö ja yksipuolinen yksivuotisten viljakasvien käyttö ovatkin vähentäneet eloperäisen aineksen määrää peltomaassa (Pakkala 2010, 18). Eloperäinen aines parantaa myös savimaiden mururakennetta sekä maan biologista aktiivisuutta ja vähentää maan eroosioherkkyyttä, mikä on vesiensuojelun kannalta hyvä asia (Pakkala 2010, 18).

Lisäksi maaperän orgaanisen aineen pitoisuuden kasvu vähentää esimerkiksi raskasmetallien liukenemista ja kulkeutumista (Huhtinen ym. 2007, 63). J. Joonan mukaan humuksen lisäyksen etu korostuukin lannoitevalmisteissa, joissa on orgaanisia haitta-aineita tai raskasmetalleja. Näissä lannoitevalmisteissa, kuten puhdistamolietettä sisältävissä tuotteissa, humus pidättäisi haitta-aineita sekä raskasmetalleja siten, etteivät ne siirry kasveihin. Tämä on Joonan mukaan yksi syy, miksi puhdistamolietettä sisältävä mädätysjäännös kannattaisi kompostoida ennen peltokäyttöä. (J. Joona, henkilökohtainen tiedonanto 4.11.2010.)

Jotta orgaanisen lannoitevalmisteen käytöllä olisi edullista vaikutusta maan rakenteeseen, tulisi käyttömäärien olla varsin suuria tai käytön jatkuvaa (Paatero ym. 1984, 224). Mädätysjäännöksen orgaanisen aineksen tuomaa etua saattaa vähentää se, että aines ei ole kovin stabiilia. Joonan (2010) keräämien tutkimustulosten mukaan epästabiilia mädätysjäännöstä maahan lisätessä hajoaminen jatkuu maaperässä ja maan hiilipitoisuus saattaa jopa vähentyä. Syynä tähän on, että epästabiili aines kiihdyttää maan mikrobitoimintaa ja näin myös maassa ennen eloperäisen aineksen lisäystä ollutta hiiltä voi hajota ja haihtua hiilidioksidina. (Joona 2010, 77-78.)

4.5.5 Lannoitteen levitys maanviljelyssä

Lannoitteen olomuoto vaikuttaa olennaisesti valmisteen levitystapaan. Suuren märkäpainon omaavan lannoitteen käyttö on logistiikan kannalta vaikeaa (Keskitalo & Kettunen 2007, 16). Esimerkiksi viljanviljelyssä tilavuudeltaan suuret maanparannusaineet vaativat erillisen levityskerran sekä -kaluston ja tämä vähentää niiden houkuttelevuutta, sillä keinolannoitteet pystytään yleensä levittämään suorakylvön yhteydessä (Niemi 2009, 19). Näitä tilavuudeltaan suuria lannoitevalmisteita on mahdollisista tyyppinimistä käytännössä kaikki muut paitsi kuivarae- tai jauho. Lakeuden Etapin kuivaraetta levitetään pelloille joko kalkkivaunuilla tai kes-

kipakoislevittimillä (E. Yli-Rahnasto, laitospäällikkö/Lakeuden Etappi, henkilökohtainen tiedonanto 17.9.2010). Keskipakoislevitin on pintalannoitukseen käytettävä laite, ja pintalannoitusta käytetään etenkin nurmien ja syysviljojen lannoitukseen (Tiainen (toim.) 2005, 80). Pintalannoitus on kiinteille keinolannoitteille sopiva menetelmä sijoituslannoituksen sekä suorakylvön lisäksi (Peltonen & Harmoinen (toim.) 2009, 68-76). Lakeuden Etapin tapauksessa alkuvaiheessa tehtiin koelevityksiä yhteistyössä alueen urakoitsijoiden kanssa. Tällöin urakoitsijat saattoivat säätää laitteistoaan kuivarakeen levitykselle sopivaksi ja nykyään alueen urakoitsijat tarjoavat itse maanviljelijöille kuivarakeen levityspalveluita. (E. Yli-Rahnasto, laitospäällikkö/Lakeuden Etappi, henkilökohtainen tiedonanto 28.10.2010.)

Lakeuden Etapin kuivaraetta varastoidaan pääosin omissa tiloissa siten, että varasto on mitoitettu kattamaan reilun puolen vuoden tuotannon. Osa kuivarakeesta varastoidaan suursäkeissä. Varastointi tiloilla ei ole myöskään ongelma, sillä pidemmässä varastoinnissa riittää kun rakeet ovat kuivassa tilassa. Lyhytaikaisesti ennen levitystä raetta voidaan pitää kasoissa myös pellon laidalla. Tuolloin sateet vaikuttavat pääosin vain pintakerroksen rakeisiin. (E. Yli-Rahnasto, käyttöpäällikkö/Lakeuden Etappi, henkilökohtainen tiedonanto 28.10.2010.)

Mädätysjäännöksen levityksessä yli 50 t/ha määrällä ongelmaksi tulee se, että jäännöstä on tuolloin vaikeaa mullata peltoon. Mikäli jäännöstä ei saada mullattua, syntyy selvät typpihäviöt koska ammoniumtyppeä haihtuu. Koska mädätysjäännöksen käytössä levityskustannukset ovat viljelijälle merkittävät, tuotteesta saatavan hyödyn kannalta on olennaista, että typpihäviöt ovat mahdollisimman pienet. (M. Isotalo, tuoteasiantuntija / Biovakka Suomi Oy, henkilökohtainen tiedonanto 28.10.2010.)

Tuotteen kilpailukykyisyyden kannalta paras orgaaninen lannoitevalmiste olisi sellainen, joka voitaisiin levittää peltoon keinolannoitteiden tapaan kylvölannoittimella. Tuolloin olisi mahdollista että ei tarvittaisi ylimääräistä ajokertaa. (T. Paavola, tutkija / MTT, henkilökohtainen tiedonanto 15.10.2010.) Ylimääräisen ajokerran välttämisessä etuna olisi ylimääräisten levityskustannusten sekä maan tiivistymisen välttäminen. Ongelma kuivarakeen levityksessä kylvön yhteydessä kylvölannoittimella on kuitenkin se, että kuivaraetta ei saa kylvölannoitintek-

niikalla levitettyä ravinnepitoisuuden kannalta tarpeeksi suuria määriä (E. Yli-Rahnasto, laitospäällikkö / Lakeuden Etappi, henkilökohtainen tiedonanto 17.9.2010).

Sijoituslannoitusmenetelmässä lannoitteet sijoitetaan muutaman sentin päähän siemenistä, joka toisen siemenrivin välille. Se on Suomessa yleisin kasvuston perustamistapa ja se helpottaa kasvien ravinteiden ottoa sekä johtaa suurempaan ravinteiden hyväksikäyttöasteeseen hajalevitykseen verrattuna. Tämä korostuu etenkin kuivissa oloissa. (Peltonen & Harmoinen (toim.) 2009, 71-73).

Myös typen tähden mädätysjäännöksestä valmistettujen lannoitevalmisteiden levityksessä sijoituslannoitus on edullista. Biokaasuprosessin lopputuotteiden liukoinen typpi on väkilannoitteista poiketen kokonaan ammoniumtyppenä, joka on väkilannoitteissa olevaa ammoniumnitraattia heikommin liikkuva (Paavola 2010, 3). Tämän vuoksi sijoituslannoituksen etu korostuu myös typen osalta (Paavola 2010, 3). Toki on huomioitava, että etenkin kuivatun mädätysjäännöksen lannoitusarvoissa fosfori on typpeä merkittävämpää.

Mikäli lannoitteen tarkoitus on fosforilannoitus, sitä ei välttämättä tarvita vuosittain samalle peltolohkolle. Peltosen & Harmoisen (toim. 2009, 64) mukaan fosforin vuosittaisesta lannoituksesta vain noin 10 % päätyy kasveihin ja loppu kasvien ottamasta fosforista tulee maan varastoista. Näin runsas fosforilannoitus nostaa maan fosforivarastoja siten, että kasveilla on riittävästi fosforia käytössä ilman vuosittaista lannoitustakin. Viljavuusanalyysi varmistaa fosforilannoitteen poisjätön mahdollisuuden. (Peltonen & Harmoinen (toim.) 2009, 64.)

Kompostityyppisen valmisteen levitys onnistuu kuivalannan levitysmenetelmillä, vaikkakin tarkkuuslevitin on tarpeen, jos levitysmääristä tulee pienet rajoituksista johtuen (Joona 2008, 32). Mädätysjäännös, joka on mekaanisesti kuivattu n. 30 % kuiva-ainepitoisuuteen, muistuttaa kompostia olomuodoltaan. Näin sen levittämiseen voidaan myös käyttää kuivalannan levitysmenetelmiä. Kasvintuotantotiloilla ei ole yleensä lannanlevityskalustoa, joten kustannustehokkainta on yleensä mädätysjäännöksen levitys urakoitsijan toimesta (Pakkala 2010, 21).

Kuivalanta levitetään hajalevityksenä pellon pinnalle. Hajalevityksessä käytettävät levityslaitteet ovat kehittyneet ja nykyään suositeltavin levitysvaunu on sellainen jossa murskaintelat repivät ensin lannan hienommaksi, jonka jälkeen lanta levitetään tarkkuuslevittimiksi kutsutuilla levityslautasilla. Näiden tarkkuuslevittimien käyttöä edellytetään ympäristötuen ehdoissa kasvukauden aikana oraille tai nurmille tapahtuvassa kuivikelannan levityksessä. Ravinteiden hyväksikäytön kannalta suositellaan silti kevätlevitystä sekä myös nopean multauksen käyttöä. (Palva & Ala-Suutari (toim.) 2009, 79).

Mikäli tuotetyyppi on mädätysjäännös, sen levitystä koskevat samat täydentävien ehtojen rajoitteet kuin lannan levitystä (Maaseutuvirasto 2010, 19). Tämän vuoksi mädätysjäännöksen levitys on kielletty välillä 15.10. - 15.4. Poikkeuksena, jos maa on sula ja kuiva eikä ole vaaraa valumisesta tai maan tiivistymisestä, levitystä voi jatkaa 15.11. asti ja aloittaa jo 1.4. Jos lantaa tai muuta orgaanista lannoitetta levitetään syksyllä heti sadonkorjuun jälkeen, pitää lannoite mullata välittömästi, viimeistään vuorokauden kuluessa. (Maaseutuvirasto 2010, 17.) Multausvaatimus koskee ilmeisesti muitakin mahdollisia tyyppinimiä kuin mädätysjäännöstä. Paateron ym. (1984, 223) mukaan lannoitevalmisteen, jonka ravinteet ovat pääosin vaikealiukoisessa muodossa, levittämisajankohdalla ei ole niin suurta merkitystä kuin väkilannoitteiden tai karjanlannan levityksessä. Näistä tuotteista ei nimittäin tapahdu juuri ravinteiden huuhtoutumista vaikka levitys tehtäisiin syksyllä tai talvella. Syyslevitys on perusteltua tuotteella, jossa on jäljellä helposti hajoavaa hiiltä, eli sen stabiilisuus on alhaisempi. (Paatero ym. 1984, 223.)

4.5.6 Alueellisten tekijöiden vaikutus

Ympäristötuen fosforirajoitusten vuoksi etenkin maan fosforin viljavuusluokalla on olennainen merkitys mädätysjäännöksen käyttömahdollisuuksiin. Mikäli fosforia on maassa paljon, fosforipitoisia lannoitteita voi käyttää vain hyvin vähän tai ei lainkaan. Suomessa korkeimmat liukoisen fosforin pitoisuudet ovat Ahvenanmaalla, lounaisessa Suomessa ja osassa Pohjanmaata (Mäntylahti 2003, 10). Tämä korkea fosforin pitoisuus on vaikuttanut ainakin Biovakan laitosten mädätysjäännöksen lannoitekäyttöön. Vehmaan laitoksen lähialue on fosforikylläistä ja fosforin konsentroiminen siellä kuljetuksen kannalta edullisempaan muotoon on erityisen

tärkeää (Peltonen & Harmoinen (toim.) 2009, 36). Isotalo (2009, 12) toteaakin Biovakan mädätysjäännösten loppukäytön yhdeksi haasteeksi kuljetusetäisyydet.

Myös alueen maatalousrakenne vaikuttaa tuotteen tarpeeseen sekä kysyntään peltokäytössä. Kysyntää vähentää, jos lähialueella on ylipäätään vähän maanviljelyä ja peltopinta-alaa. Mikäli alueella on suuria eläintiloja, lantaa on paljon tarjolla ja nämä tilat saattavat tarvita jopa oman kunnan peltoalaa suuremman pinta-alan lannan levitykseen (Keskitalo & Kettunen 2007, 15). Viljelijät myös ottavat vastaan ensin eläintilojen lannan ja vasta sitten harkitsevat muita orgaanisia vaihtoehtoja, kuten puhdistamolietetuotteita (Kapuinen 2009, 59).

4.6 Lannoitevalmiste metsälannoituskäyttöön

Metsäkäyttöön voi käyttää etenkin rakeistettua lannoitevalmistetta. Esimerkiksi ainoa mädätysjäännöksestä tuotteistettu kuivarae, eli Lakeuden Etapin kuivarae menee paljolti metsälannoitukseen (Lakeuden Etappi 2010a, 13). Lisäksi Pohjois-Karjalassa on mädätysjäännöksestä termisesti kuivatun tuotteen metsälannoitus ollut koekäytössä (Myllymaa ym. 2008b, 108). Ecolan markkinoi Lakeuden Etapin kuivaraetta metsänkasvatukseen sellaisenaan käytettäväksi tai typpilannoitteella täydennettäväksi. Turvemailla sitä voidaan käyttää yhdessä metsätuhkan kanssa. (Ecolan.)

Metsälannoituksessa kuljetuskustannukset ovat korkeat ja käytön kannattavuus riippuu siitä, kuinka paljon metsänomistajat ovat valmiita maksamaan lietelannoituksesta. Jos pelletistä halutaan kilpailukykyinen metsälannoite, tulisi pelletin ravinnekoostumusta vaihdella eri käyttökohteisiin sopivaksi. (Lilja ym. 1998, Lohinivan ym. 2001, 82 mukaan)

Metsälannoituksessa käytetään rautafosfaattipohjaisia lannoitteita, joista kemiallisesti saostunut fosfori vapautuu vähitellen kasvillisuuden käyttöön maaperän mikrobitoiminnan myötä (Keskitalo & Kettunen 2007, 15). Näin puhdistamolietteen fosforin heikkoliukoinen olomuoto ei ole välttämättä metsäkäytössä yhtä iso haitta kuin peltokäytössä. Metsäkäytössä voidaan

käyttää myös kompostituotteita ainakin kivennäismailla sekä maanottoalueilla (Mäntylä 2009, 23).

4.7 Lannoitevalmiste viherrakentamiseen

Yksi käsittelyjäännöksen loppusijoitusvaihtoehto etenkin kompostoinnin jälkeen on viherrakentaminen (Latvala 2009, 50). Viherrakentamisella tarkoitetaan yleensä kasvualustan perustamista maisemoitavaan tai peitettävään kohtaan (Myllymaa ym. 2008a, 28). Viherrakentaminen on osa yhdyskuntarakentamista ja sen merkitys asuin- ja työympäristön viihtyisyyden ja toimivuuden lisääjänä on jatkuvasti lisääntynyt (Soini 2009, 10). Viherrakentaminen on etenkin asumisessa syntyvien sivuvirtojen, eli biojätteen ja yhdyskuntalietteen osalta yleinen hyödyntämismuoto (Niemi 2009, 18). Viherrakentamisessa käytetään yleisesti kompostimenetelmällä valmistettuja kasvualustoja (Soini 2009, 165). Kompostien merkitys viherrakentamisen kasvualustoissa on lannoitusvaikutus sekä kasvualustan rakenteen parantaminen siten, ettei synny haitallista tiivistymistä (Niemi 2007). Viherrakentamisessa kompostien yleisiä käyttökohteita ovat olleet tienpientareet, golf-kentät, saastuneet maa-alueet, kaatopaikat, meluvallit ja yksityiset ja julkiset nurmialueet (Myllymaa ym. 2008a, 38).

Viherrakentamisen kannalta jätevesilietekomposti saattaa sisältää jopa turhan paljon ravinteita, ja pitoisuuksia voidaan laimentaa esimerkiksi sekoittamalla kompostiin lannoittamatonta hienoa hiekkaa (Soini 2009, 165). Yleinen kasvualusta viherrakentamisessa onkin puhdistamolietteestä valmistettu komposti, jota on parannettu hiekalla (Soini 2009, 165). Lietekompostia voi olla viherrakentamisen kasvualustassa yli puolet seoksen tilavuudesta (Niemi 2007). Kompostiin voidaan lisätä hiekkaa sekä saviainesta myös lisäämään aineksen tilavuuspainoa, sillä erityisesti puuistutuksille pelkkä komposti on liian kevyttä kasvualustaksi (Soini 2009, 165). Liian suuri eloperäisen aineksen osuus kasvualustaseoksessa voi tehdä kasvualustasta myös liian märän ja kylmän syksyllä, jolloin kasvien talvenkestävyys heikkenee (Niemi 2007).

Viherrakentamisessa olennainen ero peltokäyttöön on, että maan rakennetta ei muokata vuosittain kuten peltomaata (Niemi 2007). Lannoitevalmistelaki sekä -asetus koskevat nykyään lan-

noitevalmisteiden käyttöä myös viherrakentamisessa (Soini 2009, 152). Aiempaan lainsäädäntöön nähden lannoitevalmisteasetuksen myötä esimerkiksi puhdistamolietteen käytön vaatimukset viherrakentamisessa ovatkin kiristyneet (Kapuinen 2009, 60).

Viherrakentamiseen käytettävien lietekompostien orgaanisista haitta-aineista ollaan myös huolissaan, ja asiaa tutkineessa Bioliete-projektissa esiin nousivat mm. palonestoaineiden pitoisuudet (Priha ym. 2009). Lisäksi liiallinen lannoitus aiheuttaa myös viherrakentamisessa ravinteiden joutumista vesistöihin (Sirviö (toim.) 2009, 118). Viherrakentamiseen on tämän vuoksi rajat typen ja fosforin käytölle. Nämä rajat kuitenkin ovat melko selvästi maatalouskäyttöä väljemmät (taulukko 11, luku 4.1), etenkin kun rajoituksia vertaa maatalouden kasvikohtaisiin ympäristötuen rajoituksiin. Kokonaisuutena viherrakentamisen ravinnetarve on kuitenkin esimerkiksi puhdistamolietteen määriin nähden vähäinen (Keskitalo & Kettunen 2007, 15). Viherrakentamisessa on kasvualustoille suositukset seitsemälle eri käyttöryhmälle (Viherympäristöliitto 2009). Suosituksissa on arvot johtoluvulle, pH:lle, tilavuuspainolle, orgaaniselle ainekselle, ravinteille sekä ohjeelliset rakeisuuskäyrät.

Mädätysjäännöksistä tehtyjä lannoitevalmisteita käytetään viherrakennukseen ainakin muutamassa tapauksessa. Stormossenin tapauksessa vuonna 2008 valtaosa myydystä mädätysjäännöksistä valmistetuista komposteista, eli n.1 300 tonnia n. 1 600 tonnista meni viherrakennuskäyttöön (Penttinen-Källroos 2009, 20). Stormossenin maanparannuskompostilla on tehty kasvukokeita viherrakennusnurmikon perustamisessa (Tontti ym. 2010). Kokeiden mukaan maanparannuskomposti sopi nurmikon perustamiseen melko hyvin jo pienillä käyttömäärillä (Tontti ym. 2010, 54). Nykyään Stormossen valmistaa myös pidemmälle jalostetumpaa tuotetta eli kompostimultaa, ja tätä markkinoidaan juuri viherrakennuskäyttöön (Stormossen 2010c). HSY Veden tapauksessa mädätetystä puhdistamolietteestä valmistettuja kompostimultia menee paljon viherrakentamisen kasvualustoiksi, vähemmän jalostetun maanparannuskompostin mennessä maatalouskäyttöön (Y.Lundström, ympäristöpäällikkö / HSY, henkilökohtainen tiedonanto 10.9.2010). Myös Lakeuden Etapin kuivarakeen on todettu soveltuvan ainakin viherrakennusnurmien perustamiseen sekä lannoitukseen (Tontti ym. 2010, 51).

5 MÄDÄTYSJÄÄNNÖKSEN MUUT HYÖDYNTÄMIS- JA LOPPUSIJOITUSVAIHTOEHDOT

Lannoitekäytön pääasialliset vaihtoehdot mädätysjäännöksen hyödyntämiseen tai loppusijoitukseen ovat sen poltto tai sijoitus kaatopaikalle. Kaatopaikkasijoitusta tai polttoa voidaan tarvita esimerkiksi biokaasuprosessin häiriötilanteessa, tai jos käsittelyjäännös sisältää siinä määrin haitallisia aineita tai epäpuhtauksia, ettei sitä voi hyödyntää muuten (Latvala 2009, 50). Lopullinen hyötykäyttö- tai loppusijoituskohde biokaasulaitosten lopputuotteille riippuu etenkin laitoksen raaka-ainepohjasta (Isotalo 2009, 7).

5.1 Energiahyödyntäminen

Mädätysjäännöksessä jäljellä olevan energiasisällön hyödyntäminen polttamalla on teknisesti mahdollista, mutta ei välttämättä järkevää (Lohiniva ym. 2001, 97 ja 109). Latvalan (2009, 81) mukaan kuivatun mädätysjäännöksen poltto on perusteltua lähinnä, jos materiaalisisällön hyödyntämiseen ei ole mahdollisuuksia. Orgaanisen aineksen väheneminen biokaasutuksessa vähentää tuotteen energiasisältöä, joten mädätys ei ole siis energiataloudellisesti järkevä esikäsittely ennen polttoa (Lohiniva ym. 2001, 97; Latvala 2009, 81). Lähinnä mädätystä ennen polttoa pelkän polton sijaan voisi perustella vain siinä tapauksessa että energiaa halutaan jostain syystä nimenomaan myös kaasumaisessa muodossa (Latvala 2009, 81).

Mikäli mädätysjäännös kuitenkin halutaan polttaa, sitä kannattaa kuivata mekaanisen kuivauksen lisäksi lämpöarvon nostamiseksi. Mekaanisesti kuivatun mädätysjäännöksen poltto vaatii nimittäin merkittävää tukipolttoaineen käyttöä (Jyväskylän yliopiston ympäristöntutkimuskeskus 2010, 24). Kuivausta voidaan jatkaa joko termisellä kuivauksella tai kompostoimalla.

5.1.1 Poltto termisen kuivauksen jälkeen

Termisen kuivauksen periaate käsiteltiin aiemmin luvussa 4.4.1. Kun termistä kuivausta käytetään polttoa edeltävänä vaiheena, kuivauksessa ei tarvitse päästä yhtä korkeaan kuiva-ainepitoisuuteen kuin lannoitteeksi valmistettaessa ja lisäksi rakeistus ei ole yhtä tarpeellista. Jos termisesti kuivattu pelletti voidaan polttaa ilman välivarastointia, termisessä kuivauksessa tavoiteltava kuiva-ainepitoisuus on 70 % (Lilja ym. 1998, Lohiniva ym. 2001, 61 mukaan). Latvalan (2009, 53) mukaan mädätysjäännöksen termisessä kuivauksessa polttoa varten riittää 40 - 60 %:n kuiva-ainepitoisuus ja Holmberg & Lilja (1999, 35) ilmoittavat minimiksi 60 % kuiva-ainepitoisuuden. Poltettavaa ainesta ei tarvitse hygienisoida (Latvala 2009, 38). Tämä selittää osaltaan kuiva-ainepitoisuuden alhaisempaa vaatimusta lannoitteeksi valmistamiseen nähden. Holmbergin & Liljan (1999) mukaan polttoa varten voi riittää terminen kuivaus ilman rakeistusta. Ilman erillistä pelletointia tuote on melko hyvin koossapysyvää massaa, mutta ongelmaksi voi muodostua sen osittainen mureneminen varastoinnin sekä käsittelyn aikana. (Holmberg & Lilja 1999.) Lakeuden Etapin termisesti kuivatun mädätysjäännöksen polttosuunnitelmissa, polttoon suunniteltiin kuitenkin pellettiä (Finnlund ym. 2010, 18). Mädätysjäännöksen polttoa termisen kuivauksen jälkeen on suunniteltu myös Envor Biotechin biokaasulaitoksen laajennuksessa, mutta suunnitelmissa ei mainita tietoa siitä, rakeistettaisiinko kuivattu jäännös ennen polttoa (Jyväskylän yliopiston ympäristöntutkimuskeskus 2010, 26–27).

Polttoa varten tehdyssä tuotteessa olennaista on tuotteen lämpöarvo. Puhdistamolietteen termisessä kuivauksessa voidaan lietteen lämpöarvoa nostaa niin, että liete ylläpitää itse palamistaan (Nurmi 2010, 21). Termisesti kuivatun lietteen tai mädätysjäännöksen (TS n. 90 %) tehollisiksi lämpöarvoksi ilmoitetaan suomalaisissa lähteissä arvoja välillä 10–15 MJ/kg (Lohiniva ym. 2001, 110; Myllymaa ym. 2008a, 21; Latvala 2009, 81). Myllymaan ym. (2008a, 21) mukaan lämpöarvo vastaa tuolloin sekajätteestä valmistetun RDF-kierrätyspolttoaineen energiasisältöä ja Lohinivan ym. (2001, 110) mukaan lietepelletillä voidaan korvata turvetta ilman tehonmenetystä. Kuiva-ainepitoisuuteen 85 % kuivatun jätevesilietteen tehollinen lämpöarvo Joensuussa puolestaan oli 7,89 MJ/kg (Holmberg & Lilja (1999). Huomattavaa termisesti kui-

vatussa mädätysjäännöksessä on se, että orgaanisen aineksen osuus kuiva-aineessa on raaka-aineita alhaisempi mädätyksen myötä. Lehdon (2009, 7) mukaan yhteismädätyslaitoksen termisesti kuivatun mädätysjäännöksen arvo polttoon onkin kyseenalainen sen korkean tuhkapitoisuuden vuoksi.

Kokonaiskannattavuuden kannalta olennaista on verrata tuotteen lämpöarvoa kuivauksessa tarvittavaan energiamäärään. Envor Biotechille tehdyssä suunnitelmavaihtoehdossa, jossa mädätysjäännös poltetaan termisen kuivauksen jälkeen, arvioitiin energian kulutusta siten että termiseen kuivaukseen käytetään poltossa tuotettua lämpöä. Vaihtoehdossa mädätysjäännös kuivataan ennen polttoa termisesti kuiva-ainepitoisuudesta 28 % kuiva-ainepitoisuuteen 80–90 %. Arvion mukaan termisen kuivauksen ja polton yhdistetty prosessi on tuolloin lämmön suhteen omavarainen, tuottaen ylijäämälämpöä n. 3,75 MWh mädätysjäännöstonnia (TS 28 %) kohden. Sähköä prosessiin kuluisi lisäksi noin 0,11 MWh mädätysjäännöstonnia kohden. (Jyväskylän yliopiston ympäristöntutkimuskeskus 2010, 24–27.) Holmberg & Lilja (1999) päätyivät Joensuun puhdistamolietteen termisen kuivauksen laskelmissa lievästi positiiviseen energiataseeseen.

5.1.2 Poltto kompostoinnin jälkeen

Termisen kuivauksen lisäksi mädätysjäännös voidaan polttaa myös kompostoinnin jälkeen (esim. Latvala 2009, 50). Kun materiaali kompostoidaan polttoa varten, kompostoinnin toteutus sekä tuotteen ominaisuudet eroavat hieman siitä, kun kompostointia tehdään maanparannuskäyttöä varten. Vapo Oy:n kompostituotteiden tuotepäällikkö E. Mäntylän (henkilökohtainen tiedonanto 10.11.2010) mukaan polttoa varten kompostoitaessa kompostin lämpötilan annetaan nousta n. 75 °C:seen normaalin n. 60 °C sijaan, jolloin kompostituote tulee kuivemmaksi. Polttoa varten kompostoidun kompostin kuiva-ainepitoisuus tulisi Mäntylän mukaan olla yli 70 %, kun maanparannuskäyttöön menevän kompostin kuiva-ainepitoisuus on 40 %:n luokkaa. Kompostoinnilla voidaan Mäntylän mukaan saavuttaa parhaimmillaan jopa yli 80 % kuiva-ainepitoisuus. Kompostointia, jonka tavoite on nostaa tuotteen kuiva-ainepitoisuutta esimerkiksi polttoa varten, kutsutaan myös biokuivaukseksi (Lohiniva ym. 2001, 58; Lilja &

Lindberg 1999) tai biotermiseksi kuivaukseksi (Lehtinen 2001). Joissakin yhteyksissä myös kuumaa ilmaan käyttävää termistä kuivausta, eli konvektiokuivausta, on kutsuttu biotermiseksi kuivaukseksi (esim. Hämeen ympäristökeskus 2009, 9 ja 33).

Kompostien polttoa on tehty Suomessa jonkin verran, ja esimerkiksi merkittävä kompostien tuottaja Vapo Oy käytti vuonna 2007 komposteistaan n. 8 % energian tuotantoon (Mäntylä 2009, 5). Nykyään Vapo Oy:n komposteja ei kuitenkaan enää käytetä polttoon, sillä myös kompostien poltto siirtyi lainsäädännöllisesti kiristyneiden jätteenpolttovaatimusten piiriin, jolloin kompostien polton kannattavuus on laskenut olennaisesti (E. Mäntylä, kompostituotteiden tuotepäällikkö / Vapo Oy, henkilökohtainen tiedonanto 10.11.2010).

5.1.3 Soveltuva polttolaitos

Mädätysjäännös on jätepolttoaineeksi luokiteltavaa, joten sen polttoon tarvitaan laitos, jolla on jätteenpolttolupa. Jäte- eli kierrätyspolttoaineet luokitellaan laatuluokkiin REF I-III kansallisen standardin "Jätteen jalostaminen kiinteäksi polttoaineeksi” (SFS 5875) mukaan. Suomessa jätteiden rinnakkaispoltossa käytetään pääosin parempilaatuisia REF I ja REF II luokan kierrätyspolttoaineita (Jätelaitosyhdistys). Heikompilaatuisten REF III/RDF polttoaineiden poltto sen sijaan on rinnakkaispoltossa marginaalista mm. prosessiteknisten syiden tähden (Jätelaitosyhdistys).

Yhteismädätyslaitoksen mädätysjäännöksen poltto voi olla ongelmallista ainakin rinnakkaispolttolaitoksissa sekä sen sisältämän biojätteen että puhdistamolietteen vuoksi. Finnlundin ym. (2010, 22) mukaan biohajoavasta jätteestä jätteiden rinnakkaispolttoon soveltuu lähinnä vain kuitumateriaali (paperi, pahvi ja puu), esimerkiksi keittiöjätteen ollessa soveltumatonta. Rinnakkaispolttolaitosten lisäksi jätteitä poltetaan erillisissä jätevoimalaitoksissa. Niissä polttaminen ei kuitenkaan ole yhtä mielekästä kuin rinnakkaispolttolaitoksissa poltto, sillä jätevoimaloissa poltettavasta materiaalista tulee maksaa voimalaitoksella vastaanottomaksua.

5.1.4 Poltosta syntyvän tuhkan lannoitekäyttö

Polton jälkeinen tuhka on periaatteessa mahdollista käyttää epäorgaanisena lannoitteena. Ravinteiden osalta tuhkassa on hyvin vähän typpeä, sillä valtaosa typestä häviää poltossa typpikaasuna tai typen oksideina savukaasujen mukana (Keskitalo & Kettunen 2007, 16). Jäljellä on silti mm. fosfori ja kalium, joten tuhkasta voidaan valmistaa lannoitevalmisteita. Poltetun mädätysjäännöksen tuhkan käyttöä lannoitevalmisteen raaka-aineena on suunniteltu ainakin Envor Biotechin laajennussuunnitelmissa (Jyväskylän yliopiston ympäristöntutkimuskeskus 2010, 26–27).

Puhdistamolietettä tai biojätettä käsittelevän yhteismädätyslaitoksen mädätysjäännöksen poltosta syntyvä tuhka ei kuitenkaan ainakaan tällä hetkellä sovi mihinkään tuhkille mahdollisista tyyppinimistä (ks. luku 4.1.1.). Tuhkan lannoitehyödyntämisessä huomattavaa on myös se, että polton jälkeisessä tuhkassa raskasmetallipitoisuudet ovat selvästi korkeampia poltettavassa tuotteessa, sillä raskasmetallit eivät käytännössä häviä poltossa. Tämän vuoksi lannoitevalmistelainsäädännön rajat haitallisten metallien pitoisuuksista voivat tulla vastaan tuhkan lannoitekäytössä. Esimerkiksi alkuvuoden 2010 lannoitevalvonnassa kaikki haitallisten metallien rajat ylittäneet ja sen vuoksi kielletyt lannoitevalmisteet olivat juuri tuhkia (Evira 2010j).

5.2 Kaatopaikkakäyttö

Mädätysjäännöstä voidaan käyttää kaatopaikan pintarakenteissa tai ainakin toistaiseksi myös sijoittaa kaatopaikalle ilman hyötykäyttötarkoitusta. Näitä vaihtoehtoja voidaan pitää tarkoituksenmukaisina vain jos lannoite- tai maanparannuskäyttö taikka poltto eivät ole mahdollisia.

5.2.1 Käyttö kaatopaikan pintarakenteisiin

Jos mädätysjäännös kompostoidaan, sitä voidaan hyödyntää kaatopaikan pintarakenteissa. Valmiita komposteja käytetään yleisesti kaatopaikoilla pintarakenteisiin. Esimerkiksi Vapon

komposteista vuonna 2007 käytettiin yli 70 000 m^3 (osuutena 41 %) kaatopaikkojen suodatus- sekä pintakerroksiin (Mäntylä 2009, 5). Vapo Oy:n kompostituotteiden tuotepäällikkö E. Mäntylän (henkilökohtainen tiedonanto 10.11.2010) mukaan vuosi 2007 oli kuitenkin poikkeuksellinen kompostien kaatopaikkakäytössä, koska tuolloin suljettiin paljon vanhoja kaatopaikkoja lainsäädännön velvoitteiden vuoksi. Tällöin komposteja tarvittiin näihin sulkemistöihin. Nykyään Mäntylän mukaan kompostien käyttö kaatopaikkojen eroosionestossa ja kaasujen hapetuksessa on huomattavasti vähäisempää.

Kompostin käyttö suodatuskerroksessa on perusteltua siksi, että kompostin mikrobitoiminta hajottaa kaatopaikkakaasua (Vapo). Kaatopaikkakaasu on biokaasutyyppi, jota syntyy kaatopaikalla orgaanisen aineksen hajotessa. Se sisältää pääosin metaania ja hiilidioksidia ja etenkin metaanin kasvihuoneilmiötä voimistavan vaikutuksen vuoksi kaatopaikkakaasuja on tarpeen hallita. Kaatopaikkakaasuja hallitaan joko passiivisesti tai aktiivisesti, joista aktiivinen keräys tarkoittaa kaasun aktiivista keräämistä poltettavaksi. Mikrobitoiminnan hyödyntäminen kaatopaikkakaasun hajottamiseksi on passiivista hallintaa ja tätä kaasun hallintakerrosta voidaan kutsua myös hapetuskerrokseksi.

Suomessa biologista metaanin hapetusta kaatopaikalla on tutkinut Einola (2010) väitöskirjassaan. Metaanin hapetus kaatopaikalla perustuu aerobisiin metanotrooppisiin bakteereihin, jotka käyttävät metaania hiilen ja energian lähteenä. Ne muuntavat metaanin hiilidioksidiksi ja biomassaksi, vähentäen kaasun ilmastoa lämmittävää vaikutusta. Tehdyissä kenttäkokeissa kompostoidun jätteen todettiin soveltuvan metaanin hapetukseen kaatopaikan pinnalla. Tehokkuus metaanin hapettamisessa riippuu paljon lämpötilasta, lämpimissä olosuhteissa metaanin hapetus on tehokkaampaa. Kenttäkokeissa hapetus oli hyvin tehokasta kesäaikaan (miltei 100 %), mutta talven kylmimpinä aikoina hapetusteho laski alle 25 %:iin. Talvella hapetuskerroksen paksuutta nostamalla esimerkiksi 100 cm:iin, metaanin hapetus voisi olla tehokkaampaa, mikäli hapen saanti sekä muut mikrobien tarvitsemat olosuhteet hapetuskerroksessa olisivat kunnossa. (Einola 2010, 12, 29 ja 85–86.) Vapo Oy:n kompostituotteiden tuotepäällikkö E. Mäntylän (henkilökohtainen tiedonanto 5.11.2010) mukaan hapetustarkoitusta varten kompostin tulee olla kypsää, maanparannuskompostiksi luokiteltavaa, jotta hapetus on tehokasta. Metaanin hapetuksen lisäksi kypsän kompostin käytöllä kaatopaikan pintarakenteissa on Mänty-

län mukaan lisäksi tehokas hajuja eliminoiva vaikutus, sillä kompostin mikrobitoiminta hajottaa tehokkaasti hajuja aiheuttavia yhdisteitä.

Mikäli materiaalia käytetään kaatopaikan sulkemiseen, materiaalin vaatimuksissa on eroa sen mukaan mitä kaatopaikka-alueella tehdään sulkemisen jälkeen. Jos kaatopaikka otetaan lopettamisen jälkeen muuhun käyttöön, sulkemiseen käytettävän ylimmän maakerroksen on täytettävä lannoitevalmisteen vaatimukset. Jos kaatopaikalle ei ole sulkemisen jälkeen yleistä pääsyä, siellä käytettävän käsittelyjäännöksen ei tarvitse olla lannoitevalmistelainsäädännön mukaista lannoitevalmistetta. (Latvala 2009, 50)

5.2.2 Kaatopaikkasijoitus

Biohajoavien jätteiden kaatopaikkasijoitusta tulee vähentää, ja se ollaan mahdollisesti kieltämässä kokonaan. Voimassa olevan biojätestrategian mukaan kaatopaikalle sijoitettavien biohajoavien jätteiden määrän tulee olla vuonna 2016 alle puolet vuoden 2006 määrästä, vastaten enintään 25 % vuonna 2016 syntyvästä biohajoavien jätteiden määrästä (Ympäristöministeriö 2004, 2). Jatkolle esitetään kaatopaikkakieltoa biohajoaville jätteille (Biojäte-energiatyöryhmä 2010, 11). Mädätysjäännös on paljolti biohajoavaa materiaalia, joten sen kaatopaikkasijoitus ei ole biojätestrategian tavoitteen mukaista, ja jatkossa se on siis mahdollisesti myös kokonaan kiellettyä. Mädätysjäännöksen käyttö metaanin hapetukseen lienee kuitenkin hyötykäytöksi laskettavaa, joten tämä mahdollisuus jatkuu todennäköisesti jatkossakin niillä kaatopaikoilla, joilla hapetuskerrosta tarvitaan.

5.3 Hyötykäyttö teollisuudessa

Tekniikan kehittyessä ja lainsäädännön muutosten myötä mädätysjäännöksen hyötykäyttömahdollisuudet todennäköisesti lisääntyvät. Mädätysjäännöstä tai siitä johdettuja jakeita voisi käyttää myös uusissa kohteissa, esimerkiksi biojalostamon raaka-aineina, savukaasunkäsittelyssä sekä metsäteollisuudessa biologisen jätevedenpuhdistamon ravinnelisänä. (Latvala 2009, 49.)

MTT:n Biovirta-hankkeen vastuututkija T.Paavolan mukaan haastavimmista materiaaleista kuten puhdistamolietteistä tai teollisuuden biohajoavista materiaalivirroista valmistettuja biokaasutuotannon lopputuotteita voisi hyödyntää myös teollisuuskäytössä, jos epäillään, että niissä on elintarvikepuolelle haitallisia aineita, tai etteivät ne sovellu peltokäyttöön. Teollisuus ostaa jatkuvasti ravinteita, joita voisi korvata biokaasulaitosten lopputuotteilla. Biovirta -hankkeen loppuvaiheessa onkin tarkoitus testata biokaasulaitoksen lopputuotteita teollisiin käyttökohteisiin. (Saarinen 2010, 10.) Myös Isotalon (2009, 7) esittämässä tulevaisuuden biokaasulaitosmallissa jäännökset ohjataan pelto- ja metsäkäytön sijasta teollisuuteen mikäli syötteessä on mukana puhdistamolietettä. Käsittelyjäännöksen hyötykäytöstä teollisuudessa ei ole vielä tiedossa kokemuksia Suomessa.

6 KYMEN BIOENERGIA OY:N YHTEISMÄDÄTYSLAITOS SEKÄ LAITOKSEN MÄDÄTYSJÄÄNNÖS

Työn kirjoitushetkellä Kouvolan Mäkikylään rakenteilla olevan Kymen Bioenergia Oy:n yhteismädätyslaitokselle annettiin vuonna 2008 ympäristölupa (KAS-2007-Y-228-111). Lisäksi laitokselle on annettu toiminnan muutoksesta ympäristölupapäätös lokakuussa 2010 (ESA-VI/278/04.08/2010). Muutoksessa syötteen koostumusta on tarkennettu ja uutena toimintana on lisätty biojätteen esikäsittely. Laitos saa ympäristöluvan mukaan vastaanottaa ja käsitellä biohajoavaa materiaalia enintään 19 000 t vuodessa (KAS-2007-Y-228-111, 11).

6.1 Laitoksen syötteen koostumus

Taulukkoon 18 on koottu Kymen Bioenergia Oy:n tulevan laitoksen raaka-ainepohja.

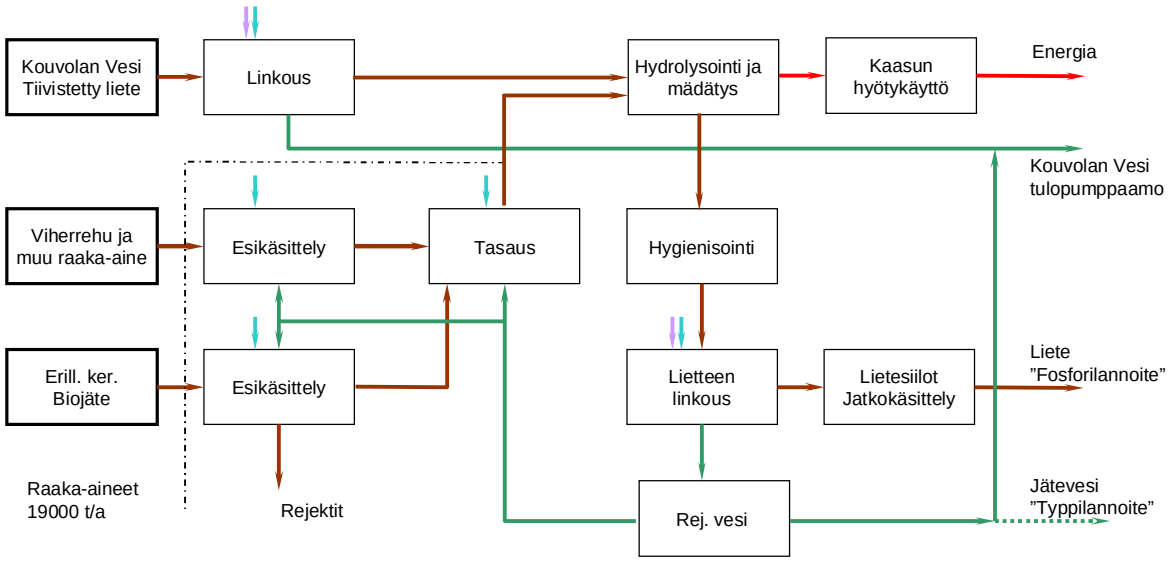
Taulukko 18. Kymen Bioenergia Oy:n Mäkikylän biokaasulaitoksen raaka-ainepohja (KAS-2007-Y-228-111; ESAVI/278/04.08/2010, 4 ja 10).

Raaka-aine	Enimmäismäärä [t/a]	Tarkennus
Yhdyskuntaliete	9 500	Valtaosin Kouvolan Veden lietettä (6 000 t/a). Yhdyskuntaliete muodostaa syötteestä vähintään 50 %
Yhdyskuntien biojäte	7 600	
Teollisuuden ja kaupan biojäte	3 800	
Teollisuuden bio-, kuitu- ja sekaliete	5 700	
Vihermassa ja peltobiomassa	5 700	
Ravintorasvat	2 500	
Syöte yhteensä:	19 000	Keskimääräinen TS 22 %, jolloin kuiva-aineen määrä max. 4 180 t/a

Kouvolan Veden jätevesilietteen lisäksi laitoksella voidaan käsitellä myös muiden kuntien puhdistamolietteitä. (KAS-2007-Y-228-111, 3.) Biojäte tulee laitokselle Kymenlaakson Jäte Oy:n toimittamana. Kymenlaakson Jäte Oy:n toimialueella kerätään erikseen syntypaikkalajiteltua biojätettä alueen rivi- ja kerrostaloista sekä yrityksistä ja laitoksista. Kymenlaakson Jäte Oy ottaa vastaan tätä jätettä ja vuonna 2009 sitä kerättiin 33 kg asukasta kohden. (Kymenlaakson Jäte 2010a, 12–13).

6.2 Laitoksen prosessi

Kouvolan Veden puhdistamoliete pumpataan puhdistamolta putkea pitkin mädätyslaitokselle ja muut raaka-aineet tuodaan autokuljetuksilla (KAS-2007-Y-228-111, 3). Mäkikylän laitoksen mädätysprosessi on kaksivaiheinen märkäprosessi (kuva 3).



Kuva 3. Kaavio Kymen Bioenergia Oy:n Mäkikylän biokaasulaitoksen prosessista (Huhtamäki 2010a). Ruskea kuvaa kiinteämmässä muodossa ja vihreä nestemäisemmässä olomuodossa olevia virtoja. Punainen kuvaa biokaasua.

Mädätysjäännös hygienisoidaan erikseen mädätyksen jälkeen ennen linkousta (kuva 3). Rejektivedestä osa kierrätetään takaisin mädätysprosessiin ravinnelähteeksi ja osa siirretään jätevedenpuhdistamon alkupäähän puhdistettavaksi. Biojätteen esikäsittely laitoksella sisältää murskaamisen, seulonnan sekä pulpperoinnin siten, että materiaalista saadaan poistettua epäpuhtauksia ennen mädätystä (ESAVI/278/04.08/2010, 4).

6.3 Mädätysjäännöksen määrä ja ominaisuudet

Mäkikylän laitoksen ympäristölupamääräysten mukaan laitoksella voidaan varastoida linkokuivattua mädätysjäännöstä enintään 500 m^3 kerralla ja varastointiaika saa olla enintään puoli vuotta (Kaakkois-Suomen ympäristökeskus 2008, 11). Taulukossa 19 on tehty arvio linkokuivatun mädätysjäännöksen muodostuvasta määrästä.

Taulukko 19. Esimerkkiarvio Mäkikylän laitoksen linkokuivatun mädätysjäännöksen määrästä.

Rivi	Suure	Arvo	Lähde/peruste
	Alkuarvot		
1	Syötteen määrä	19 000 t/a	Laitoksen ympäristölupa (KAS-2007-Y-228-111)
2	Syötteen TS	22 %	Laitoksen ympäristölupa (KAS-2007-Y-228-111)
3	Org. aineksen osuus syötteessä	70 % ka:sta	valittu
4	Org.aineksen häviämä mädätysprosessissa	50 %	valittu
5	Kuiva-aineesta linkokuivauksessa kuivaosaan	95 %	valittu
6	Kuiva-osassa TS	30 %	Laitoksen prosessikaavio (CTS Entec 2010)
7	**Välitulokset**		
8	orgaanisen aineksen häviämä mädätysprosessissa	1 463 t/a	laskettu: [rivi 1] x [rivi 2] x [rivi 3] x [rivi 4]
9	tuhkan määrä ennen linkokuivausta	1 254 t/a	[rivi 1] x]rivi 2] - [rivi 1] x [rivi 2] x [rivi 3]
10	kuiva-aineen määrä ennen linkokuivausta	2 717 t/a	[rivi 8] + [rivi 9]
11	**Tulokset**		
12	Kuivatun mädätysjäännöksen kuiva-aineen määrä	2 581 t/a	[rivi 5] x [rivi 10]
13	**Kuivatun mädätysjäännöksen kokonaismäärä**	8 604 t/a	[rivi 6] x [rivi 12]

Koska mädätysjäännöstä syntyy vuodessa useita tuhansia tonneja (taulukko 19) ja varastointiin on lupaa vain 500 m^3, valtaosan laitoksen mädätysjäännöksestä tulee ohjautua laitokselta joko jatkokäsittelyyn tai hyötykäyttöön varastoinnin sijaan.

Huhtamäki (2010b) on tehnyt laskennalliset arviot Mäkikylän mädätysjäännöksen ominaisuuksista. Nämä laskennalliset arviot perustuvat laitoksen suunniteltuun raaka-ainepohjaan, kunkin raaka-aineen ominaisuuksiin sekä arvioituun käyttäytymiseen Mäkikylän mädätyslaitoksella (M. Huhtamäki, Juurocon Oy, henkilökohtainen tiedonanto 1.10.2010). Toinen Mäkikylän laitoksen mädätysjäännöksen ominaisuuksia valottava aineisto on vastaavilla pääraaka-aineilla tehtyjen koemädätysten mädätysjäännöksen analyysitulokset (KCL Kymen Laboratorio 2010a & 2010b). Nämä koemädätykset tehtiin Kouvolan seudun ammattiopiston Biosampo-koulutuskeskuksen koemädättämössä Kouvolan Anjalassa. Perusraaka-aineina kokeissa käytettiin Kouvolan Veden puhdistamolietteitä sekä Kymenlaakson Jäte Oy:n keräämää biojä-

tettä. Koemädätykset aloitettiin talvella 2009/2010 ja niitä jatkettiin kesään 2010. (P. Lindroos, koulutussuunnittelija/KSAO, henkilökohtainen tiedonanto 30.6.2010). Kokeiden lopulla jäljellä ollutta mädätysjäännöstä suotonauhakuivattiin 16.6.2010 analysoitavaksi (H. Alatalo, laatu- ja ympäristöpäällikkö / Kymenlaakson jäte, henkilökohtainen tiedonanto 17.6.2010). Huhtamäen tekemät arviot sekä mädätyskokeiden jäännöksen analyysituloksia on koottu taulukkoihin 20 ja 21.

Taulukko 20. Arvio Mäkikylän linkokuivatun mädätysjäännöksen lämpöarvosta sekä tuhkan ja ravinteiden pitoisuuksista (Huhtamäki 2010b). Taulukossa on lisäksi vastaavilla pääraaka-aineille tehtyjen koemädätysten mädätysjäännöksestä analysoidut ominaisuudet (KCL Kymen Laboratorio 2010a & 2010b).

Ominaisuus	**Huhtamäen (2010b) arvio**	**Koemädätyksen jäännös[a]**
Lämpöarvo	22 MJ/kg org.	26,92 MJ/kg[b]
Tuhka	46 %	5 %[c]
Typpi	2,0 %	1,5 %
Typpi (vesiliukoinen)		0,17 %
Fosfori	2,5 %	0,67 %
Fosfori (vesiliukoinen)		0,02 %
Kalium	0,3 %	0,23 %
Kalsium	1 %	1,4 %
Magnesium	0,2 %	0,4 %

huom: Huhtamäen lämpöarvoarvioita lukuun ottamatta kaikki arvot ja pitoisuudet ovat kuiva-ainetta kohden.
[a] kuiva-ainepitoisuus oli 28,1 %.
[b] saapumistilassa tehollinen lämpöarvo 5,79 MJ/kg kuiva-ainetta kohden
[c] laskettu orgaanisen aineksen osuuden perusteella (95 %)

Taulukko 21. Arvio Kymen bioenergian mädätysjäännöksen raskasmetallipitoisuudesta (Huhtamäki 2010b). Vertailuna on mädätyskokeiden jäännöksen analysoidut (KCL Kymen laboratorio 2010a & 2010b) sekä erään tuotteistetun mädätysjäännöksen pitoisuudet (Biovakka Suomi 2010a).

	Arvio Kymen Bioenergian laitoksen jäännöksestä (Huhtamäki 2010b)		**Biosampo-mädätyskokeiden mädätysjäännös**		**Jätevedenpuhdistamon mädätysjäännös (Biovakka Turku)**	
menetelmä	laskennallinen		mitattu		mitattu	
kuivaus	linkokuivaus (TS 30 %)		suotonauhakuivaus (TS 28 %)		mekaaninen kuivaus (TS 26 %)	
raaka-aineet	puhdistamoliete, biojäte, rasvat, vihermassa		puhdistamoliete, biojäte, glyseroli[b], rasvat[b], sokerit[b]		puhdistamoliete	
tuhkapitoisuus	46 %		5 %		53,5 % [a]	
	pitoisuus [mg/kg ka]	**osuus raja-arvosta[c]**	**pitoisuus [mg/kg ka]**	**osuus raja-arvosta[c]**	**pitoisuus [mg/kg ka]**	**osuus raja-arvosta[c]**
Arseeni (As)	?	?	<2,0	<8 %	6,4	26 %
Elohopea (Hg)	**0,6**	**60 %**	<0,1	<10 %	0,34	34 %
Kadmium (Cd)	0,7	47 %	0,2	13 %	0,6	40 %
Kromi (Cr)	20	7 %	11	4 %	78	26 %
Kupari (Cu)	**300**	**50 %**	120	20 %	230	38 %
Lyijy (Pb)	15	15 %	15	15 %	16	16 %
Nikkeli (Ni)	6	6 %	6	6 %	31	31 %
Sinkki (Zn)	600	40 %	600	40 %	450	30 %

[a] orgaanisen aineksen jälkeen jäävä osuus.

[b] lähde: J. Solio, projektivastaava/KSAO, henkilökohtainen tiedonanto 30.6.2010.

[c] pitoisuuksia on verrattu lannoitevalmisteiden raja-arvoihin (MMMa 12/07, liite IV). Pitoisuudet, jotka ovat vähintään 50 % raja-arvosta, on lihavoitu.

Metallipitoisuuksien osalta järkevin vertailukohta on Biovakan Turun laitos, vaikka se ei olekaan yhteismädätyslaitos. Tämä laitos on nimittäin ainoa, josta on käytössä tuoteseloste, jossa on kaikista metalleista tarkemmat pitoisuudet. Muissa mekaanisesti tai termisesti kuivattua mädätysjäännöstä kuvaavissa tuoteselosteissa (Biovakan Vehmaan, Satakierron sekä Lakeuden Etapin laitoksilta), valtaosa metallipitoisuuksista on ilmoitettu vain karkeammalla tasolla metallien enimmäispitoisuuksina (Biovakka Suomi 2010a; Satakierto 2009; Lakeuden Etappi 2010b).

Huomattavaa on, että miltei kaikki koemädätyksen jäännöksen ominaisuudet eroavat merkittävästi laskennallisista arvioista. Koemädätyksen jäännöksessä on laskennallisia ominaisuuksia matalammat pääravinne sekä raskasmetallipitoisuudet (taulukot 20 ja 21). Koemädätysten edustavuutta todellisen biokaasulaitoksen jäännöksestä heikentävät seuraavat tekijät:

- Raaka-ainepohja ei ollut täysin Mäkikylän laitosta vastaava: puhdistamolietteen ja biojätteen syötesuhteesta ei ole tarkkaa tietoa, mukana ei ollut kaikkia Mäkikylän laitoksen raaka-ainepohjaan suunniteltuja aineksia (vihermassa) ja toisaalta mukana oli myös muita aineksia (sokerit, glyseroli). Rasvojen koostumus oli todennäköisesti myös erilainen.
- Käsittelyjäännös tulee koereaktorista ylivuotoperiaatteella (J. Solio, projektivastaava/KSAO, henkilökohtainen tiedonanto 7.10.2010). Näin raskain aines voi hyvin jäädä prosessiin
- Jäännössäiliössä (14 m^3) ei ole sekoitusta, joten jäännös on kerrostunutta ja raskain aines on pohjalla (J. Solio, projektivastaava/KSAO, henkilökohtainen tiedonanto 7.10.2010). Näytteenotossa pumpattiin säilöstä jäännöstä n. 9 m^3, eli ei koko säiliön sisältöä (H. Alatalo, ympäristö- ja laatupäällikkö / Kymenlaakson Jäte Oy, henkilökohtainen tiedonanto 7.10.2010).

Etenkin kahden viimeisen tekijän myötä on todennäköistä, että näyte kuvastaa jäännöstä, jossa on vähemmän raskasta ainesta kuin koko kokeen jäännöksessä. Tätä tukee myös hyvin alhainen tuhkapitoisuus. Koelaitoksessa biokaasuntuotanto oli kuitenkin melko hyvää kokeen ajan, joten alhaista tuhkapitoisuutta ei selitä se, että orgaaninen materiaali ei olisi hajonnut prosessissa. Raskasmetallien voidaan olettaa sitoutuvan paljolti raskaampaan ainekseen, joten näin metallien pitoisuudet koemädätyksen mädätysjäännöksessä ovat liian pieniä. Metallien käyttäytymisessä on silti eroja, joten pitoisuudet eivät ole samassa suhteessa liian pieniä.

Kokonaisuutena laskennallisia arvioita voidaan pitää todennäköisesti paremmin todellista Mäkikylän laitoksen mädätysjäännöstä kuvaavina, kuin koemädätyksen jäännöksestä analysoituja ominaisuuksia. Arvion mukaan moni raskasmetallipitoisuus on suunnilleen puolivälissä rajaarvoon nähden (taulukko 21). Mädätyskokeiden jäännöksestä mitatut pitoisuudet ovat selvästi

alempia, mutta edellä mainittujen seikkojen vuoksi nämä pitoisuudet voivat hyvin olla selvästi pienempiä kuin Mäkikylän tulevan laitoksen mädätysjäännöksen pitoisuudet.

7 KYMENLAAKSON JÄTE OY:N MAHDOLLISUUDET MÄDÄTYSJÄÄNNÖKSEN JATKOKÄSITTELYYN

Kymenlaakson Jäte Oy voi käsitellä Mäkikylän laitoksen mädätysjäännöstä tuotteistamista tai hyötykäyttöä varten joko kompostoimalla tai termisesti kuivaamalla ja rakeistamalla. Lisäksi mädätysjäännös on mahdollista tuotteistaa sellaisenaan, eli ilman jatkokäsittelyä.

7.1 Käsittelyvaihtoehtojen kuvaus

Yksinkertaisin käsittelyvaihtoehto olisi jäännöksen tuotteistaminen sellaisenaan. Koska Mäkikylän mädätysjäännös hygienisoidaan kokonaisuudessaan biokaasulaitoksella, se täyttää tyyppinimen *mädätysjäännös* käsittelyvaatimukset (MMMa 19/09). Lisäksi on oletettavaa että sen puhtausvaatimukset täyttävät lannoitevalmisteasetuksen vaatimukset, koska biojäte esikäsitellään. Myös raskasmetallipitoisuudet ovat todennäköisesti alle lannoitevalmisteiden rajaarvojen (taulukko 21). Jäännös voidaan siis tuotteistaa todennäköisesti suoraan linkokuivauksen jälkeen lannoitevalmisteena.

Vanhentaminen varastoimalla olisi myös yksinkertainen jatkokäsittelyvaihtoehto. Tuotteistaminen vanhentamalla tuorekompostiksi voi kuitenkin olla vaikeaa tuotteen stabiilisuusvaatimusten tähden. Jos mädätysjäännöstä joudutaan varastoimaan pidempiä aikoja, kannattaa kuitenkin seurata kuinka helposti tuorekompostin stabiilisuusvaatimus täyttyisi. Nykyisen ympäristöluvan (KAS-2009-Y-96-111) mukaan Kymenlaakson Jäte Oy:llä ei välttämättä ole mahdollisuutta varastoida tai vanhentaa mädätysjäännöstä ilman, että lupaan tulisi hakea muutosta.

Mädätysjäännöksen kompostointi puolestaan olisi ympäristöluvan mukaan mahdollista Kymenlaakson Jäte Oy:n omalla alueella. Tällä hetkellä alueella ei ole kompostointilaitosta, mut-

ta vuonna 2009 myönnetyn ympäristöluvan myötä yhtiöllä on mahdollisuus rakentaa kompostointilaitos, jossa voi kompostoida muualta tuotua mädätysjäännöstä. Kompostia voi käyttää jätekeskuksen rakenteissa ja siitä on mahdollista valmistaa myös lannoitevalmisteita Eviran hyväksyttäviksi. (KAS-2009-Y-96-111, 35–36.) Lisäksi jätekeskuksen välittömässä läheisyydessä, eli saman Ekopark -yrityspuiston alueella on toisen toimijan reaktorikompostointilaitos, jossa on lupa kompostoida jätevesilietteitä sekä puutarhajätteitä enintään 19 500 t vuodessa (Kaakkois-Suomen ympäristökeskus 2004). Kymenlaakson Jäte Oy:n kompostointilaitosyksikkö voisi käsitellä materiaalia enintään 20 000 t vuodessa (KAS-2009-Y-96-111, 11). Tästä määrästä koko Mäkikylän laitoksen mädätysjäännösmäärä vastaisi alle puolta (vrt. taulukko 19). Kun tuote olisi kompostoitu maanparannuskompostiksi asti, siitä voisi valmistaa myös kompostimultaa tai pakattua seosmultaa lisäämällä kompostiin tarvittavia ainesosia.

Kymenlaakson Jäte Oy on hakenut ympäristölupaa mädätysjäännöksen termiseen kuivaukseen. Energialähteenä termisessä kuivauksessa olisi alueella kerättävä kaatopaikkakaasu. (Kymenlaakson Jäte 2010b). Alueen kaatopaikalla syntyvän metaanin määrä on ollut nousussa viime vuosina (Kymenlaakson Jäte 2010a, 18). Ympäristöviranomaisen päätöstä hakemuksesta ei vielä työn kirjoittamishetkellä ollut tullut. Alueelle on suunniteltu myös aiemmin termisen kuivauksen laitteistoa jätevesilietteitä varten lietteiden polttoa edeltävänä vaiheena (FCG Planeko 2008, 37). Alueen kaatopaikkakaasun hyödyntämismahdollisuuksia on aiemmin tarkemmin tarkastellut Päivi Karttunen (2007) diplomityössään. Yksi esitetty hyödyntämisvaihtoehto on juuri terminen kuivaus, tosin tuossa vaiheessa suunnitelma koski jätevesilietettä. Vaihtoehdossa haasteena on Karttusen mukaan alueen kaatopaikkakaasun riittävyys. (Karttunen 2007, 127.) Jätevesilietteen terminen kuivaus ei olennaisesti eroa mädätysjäännöksen termisestä kuivauksesta, joten kaasun riittävyys olisi todennäköisesti haasteena myös tässä tapauksessa.

Mäkikylän mädätysjäännös soveltuu todennäköisesti termiseen kuivaukseen. Näin on todennäköistä, että mädätysjäännöksessä ei ole enää jäljellä biojätteen epäpuhtautena muoveja, jotka voisivat haitata termisessä kuivauksessa.

Jos kuivarae valmistettaisiin lannoitekäyttöä varten, tuotteen ravinnepitoisuuksien kannalta siihen voisi olla edullista lisätä liukoista typpeä. Vaihtoehtoina olisivat lähinnä keinolannoitetypen (esim. urea) tai rejektivedestä erotetun ammoniumtypen lisäys. Keinolannoitteiden lisäyksestä vastaavaan tuotteeseen on tiedossa suunnitelmia (ks. luku 4.4.3). Lähinnä esimerkiksi urean lisäyksessä olennaista olisi selvittää lisäyksen kustannukset suhteessa saatuun lisälannoitusarvoon. Jotta tuotteeseen voitaisiin lisätä Mäkikylän laitoksen rejektivedestä erotettua typpeä, tulisi Mäkikylän laitoksen yhteydessä olla ammoniakin strippausprosessi. Tuolloin prosessista olisi hyötyä myös puhdistamolaitokselle rejektivesien esikäsittelynä ja Mäkikylästä Ekopark -alueelle tarvitsisi siirtää vain rikastettu typpinestettä. Tosin Mäkikylän laitoksen rejektivesien arvioitu kuormitus jätevedenpuhdistamolle on todennäköisesti niin pieni, ettei rejektiveden esikäsittelyä vaadita (Lehto 2010, 49). Mikäli ammoniakin strippausprosessi kuitenkin tehtäisiin, typpinesteen liukoisen typen pitoisuus pitäisi olla erittäin korkea. Näin se soveltuisi kuivarakeeseen lisättäväksi siten että se sekä nostaisi typen pitoisuutta merkittävästi, mutta ei kuitenkaan alentaisi kuivarakeen kuiva-ainepitoisuutta alle 90 %:iin. Jos typpinesteen liukoisen typen pitoisuus olisi Biovakan laitosten tapaan 5 % luokkaa tai jonkin verran suurempi, kannattaisi syntyvä typpineste todennäköisesti käyttää sellaisenaan epäorgaanisena lannoitteena.

Jonkin verran typpeä voisi saada kuivarakeeseen lisättäväksi myös Kymenlaakson Jäte Oy:n omalta toimialueelta. Alueella syntyvät jätevedet esikäsitellään tällä hetkellä alueella ennen johtamista kunnalliseen jätevedenpuhdistamoon (Kymenlaakson Jäte 2010a, 17). Alueen jätevesien typpimäärät ovat viime vuosina laskeneet selvästi koska kompostoinnit alueella ovat loppuneet ja tällä hetkellä pääosa jätevesien typestä on peräisin todennäköisesti kaatopaikan suotovesistä (H. Alatalo, laatu- ja ympäristöpäällikkö/Kymenlaakson Jäte Oy, henkilökohtainen tiedonanto 11.11.2010). Toisaalta vaikka termisessä kuivauksesta saataisiin talteen kaikki kuivauksessa haihtuva ammoniumtyppi kuivarakeeseen lisättäväksi, ei lopputuotteen liukoisen typen pitoisuus kuiva-ainetta kohden nousisi kuin enintään sille tasolle, jossa se on mädätysjäännöksessä ennen termistä kuivausta. Jotta tuotteesta saisi typpilannoitusarvoltaan merkittävän, olisi olennaista saada mukaan myös mekaanisen kuivauksen ammoniumtyppeä. Koska typen lisäämismahdollisuutta kuivarakeeseen täytyy pitää epävarmana, seuraavissa laskelmissa kuivarakeen ominaisuuksista ei ole otettu huomioon typen lisäystä.

7.2 Tuotteiden määrät eri käsittelytavoilla

Taulukossa 22 on arvioitu materiaalimääriä eri jatkojalostustavoilla, mikäli mädätysjäännöstä tulisi Kymenlaakson Jätteelle 8 500 t/a. Määrä on valittu sen mukaan, mikä on termiselle kuivaukselle alustavasti mitoitettu määrä (K. Martikainen, toimitusjohtaja/Kymenlaaksonjäte, henkilökohtainen tiedonanto 1.11.2010). Määrä on samaa luokkaa kuin arvio koko Mäkikylän laitoksen mädätysjäännöksen määrästä (vrt. taulukko 19). Tätä määrää voidaan näin pitää enimmäismääränä sille, kuinka paljon Kymenlaakson Jäte Oy käsittelisi Mäkikylän biokaasulaitoksen mädätysjäännöstä.

Taulukko 22. Arvio jatkojalostettujen tuotteiden kuiva-ainepitoisuudesta ja määrästä. Esimerkkimäärät perustuvat vastaanotettavaan mädätysjäännösmäärään 8 500 t/a.

Jatkokäsittely	Tuotteen kuiva-ainepitoisuus	Tuotteen massa suhteessa vastaanotettuun mädätysjäännökseen	Esimerkkimäärä [t/a]
Ei jatkokäsittelyä / pelkkä varastointi (TS 30 %)	30 %	100 %	8 500
Terminen kuivaus ja rakeistus (TS 90 %)	90 %	33 %[a]	2 833[a]
Kompostointi	n. 40 %	110 %[b]	9 350[b]
Kompostimullan valmistus	n. 40 %	165 %[c]	14 000[c]

[a] laskettu kuiva-ainepitoisuuksien muutosten mukaan. Termisessä kuivauksessa tapahtuvan kuiva-ainehäviön on oletettu olevan merkityksetön.

[b] oletus että kompostituotteen määrä on 1,1-kertainen kompostoitavaan materiaalin nähden (orgaanista aineista hajoaa kaasuksi ja tukiainetta lisätään).

[c] oletus että kompostimullan määrä on 1,5-kertainen kompostituotteen määrään nähden (muiden aineksien lisäys).

8 MÄDÄTYSJÄÄNNÖKSEN TUOTTEISTUS- JA HYÖTYKÄYTTÖ-MAHDOLLISUUDET KYMENLAAKSOSSA

8.1 Tarkasteltavien vaihtoehtojen käsittelyn rajaus

Kymenlaakson alueella mädätysjäännöksen pääasiallisena hyötykäyttökohteena voidaan pitää maanviljelyä. Tuotteistaminen energiakäyttöön, viherrakentamiseen tai metsälannoitteeksi on myös mahdollista. Vaihtoehtojen tarkastelussa keskitytään työn tavoitteiden mukaisesti maanviljelykäyttöön. Lisäksi energiakäytöstä tehdään myös tarkastelua tuotteen arvon osalta, mutta viherrakentamisen sekä metsälannoituksen osalta tarkempaa arviointia käyttömahdollisuuksista ei tehdä. Tuotteistamisvaihtoehtojen lisäksi tarkastellaan mahdollisuutta hyödyntää tuotetta kaatopaikan hapetuskerroksessa. Hyötykäyttömahdollisuuksia teollisuuden raaka-aineina ei tarkastella, koska vaihtoehdosta ei ole vielä kokemuksia Suomessa mädätysjäännösten osalta.

8.2 Tuotteistus maanviljelykäyttöön

Maanviljelyyn ensisijaisesti soveltuvia tuotteita mahdollisista lannoitevaihtoehdoista olisivat mädätysjäännös sellaisenaan tai kuivarae. Mikäli tuotteesta saisi vanhentamalla tuorekomposti-tyyppinimen vaatimukset täyttävää, tuotteen käyttö olisi viljelijän kannalta hieman yksinkertaisempaa. Sitä ei esimerkiksi koskisi vaatimus analysoida raskasmetallien määrää peltolohkoilta tai pitää kirjaa tuotteen aiheuttamasta raskasmetallikuormituksesta (Maaseutuvirasto 2010, 15–19).

Kompostoimalla valmistetun tuore- tai maanparannuskompostin tarkoituksenmukaisuus maatalouskäyttöä varten on tässä tapauksessa epävarmaa. Kompostoinnin hygienisoivaa vaikutusta ei todennäköisesti tarvita Mäkikylän laitoksella tehtävän hygienisoinnin vuoksi. Maatalouskäyttöä varten varsinaisesti kompostoimalla valmistettavan tuotteen (joko tuore- tai maanparannuskomposti kypsyysasteesta riippuen) valmistamien olisi järkevää vain, jos mädätysjäännöksen käytössä maanviljelyssä ilmenisi ongelmia tuotteen epästabiilisuuden tai vähäisen hu-

muspitoisuuden myötä. Maanparannuskompostia ei peltokäyttöä varten kannata jatkojalostaa kompostimullaksi, sillä kompostimulta on kasvualustatarkoitukseen, joten sitä ei käytetä peltomaan maanparannukseen tai lannoitukseen.

Seuraavassa maatalouskäyttöön tuotteistamista tarkastellaan pääosin sellaisenaan käytettävän mädätysjäännöksen sekä kuivarakeen osalta. Vanhentamalla tai kompostoimalla valmistettuja tuotteita (tuore-/maanparannuskomposti) ei tarkastella erikseen. Vanhentamalla valmistettu tuorekomposti olisi hyvin samantyyppinen kuin mädätysjäännös -tyyppinimen tuote. Kompostoidun tuotteen ominaisuuksia on myös vaikeampi arvioida Mäkikylän laitoksen mädätysjäännöksen ominaisuuksien pohjalta, koska kompostoinnissa lisätään seosaineita ja siinä tapahtuu vaihtelevaa typpihäviötä.

8.2.1 Maanviljelyn alueelliset tekijät

Kymenlaaksossa peltoprosentti kokonaispinta-alasta on kunnittain välillä noin 10–30 % ja muuhun eteläiseen Suomeen suhteutettuna Kymenlaaksossa peltoa on normaali osuus (MMM 2004, 108). Tietoja Kymenlaakson viljelymaista mädätysjäännöksen käyttömahdollisuuksien kannalta on koottu taulukkoon 23. Kymenlaakson Jäte Oy:n toimipisteen lähialuetta kuvaavat entisen Anjalankosken tiedot.

Taulukko 23. Kymenlaakson alueen viljelymaan tietoja, jotka vaikuttavat mädätysjäännöksen maatalouskäyttöön. Tiedot ovat vuosilta 2006–2009 ja mukana on vertailuna myös koko Suomen tiedot. (Tuloslaari 2010)

Ominaisuus	Vaikutus	Luokat	Anjalankoski	Kymenlaakso	Suomi
Pintamaan maalajiluokat	Ympäristötuen typpirajat	Savi ja hiesu[a]	59 %	53 %	55 %
		Karkeat kivennäismaat	36 %	40 %	34 %
		Eloperäiset	5 %	7 %	10 %
Fosforin viljavuusluokat[b]	Ympäristötuen fosforirajat	Huono/huononlainen	8 %	7 %	10 %
		Välttävä	**43 %**	39 %	35 %
		Tyydyttävä	34 %	**36 %**	**33 %**
		Hyvä	10 %	13 %	14 %
		Korkea/arvelluttavan korkea	5 %	6 %	8 %
Osuus jossa kuparin /sinkin puutetta[c]	Kuparin/sinkin pitoisuus- ja kuormitusrajat	Kupari	6,6 %	6,2 %	6,9 %
		Sinkki	27,5 %	22,6 %	24,9 %
Keskimääräinen pH-arvo	Tulee olla yli 5,8 mädätysjäännöksen käytössä		6,03	5,97	6,02
Osuus jossa pH on hyvin alhainen[d]			4,2 %	6,7 %	6,5 %

[a] maalajien ryhmittely on typpirajojen mukainen, jolloin hiesu ei ole karkeissa kivennäismaissa viljavuuspalvelun tilastoista poiketen.

[b] fosforin viljavuusluokan kumulatiivisen mediaanin luokka on lihavoitu**.**

[c] tässä viljavuusluokkien huono sekä huononlainen yhteenlaskettu osuus. Lainsäädännössä ei määritellä tarkemmin milloin kuparin tai sinkin pitoisuus lasketaan puutteeksi.

[d] tässä on pH-luokkien huono sekä huononlainen yhteenlaskettu osuus. Valtaosassa maalajeista arvo, joka on alle 5,8 kuuluu näihin luokkiin (Viljavuuspalvelu 2005a).

Taulukon 23 tietojen mukaan tyypillinen Kymenlaakson viljelymaata edustava tilanne on savi- tai hiesumaa, jossa fosforin viljavuusluokka on tyydyttävä, kuparista tai sinkistä ei ole puutetta, ja maan pH on tarpeeksi korkea puhdistamolietepohjaisen mädätysjäännöksen käyttöä ajatellen. Varsin yleisiä ovat myös maalajina karkeat kivennäismaat sekä fosforin viljavuusluokkana välttävä. Kymenlaakson viljelymaista eloperäisten maiden osuus on hieman pienempi kuin Suomessa keskimäärin. Fosforin rajat ovat merkittäviä käyttömäärien osalta. Kun otetaan huomioon fosforin viljavuusluokan mediaani, Anjalankoskella fosforin käyttömäärät voivat olla keskimäärin hieman korkeampia kuin Kymenlaaksossa tai koko maassa.

Mädätysjäännös-tyyppinimen tapauksessa viljelymaasta tulee analysoida raskasmetallipitoisuudet. Alueen raskasmetallipitoisuuksista ei ole julkisia tilastotietoja. Aiempina vuosikym-

meninä puhdistamolietteen raskasmetallipitoisuudet ovat olleet esimerkiksi Kouvolan Mäkikylän jätevedenpuhdistamon lietteessä selvästi nykyistä suurempia (Kouvolan Vesi 2010). Näin voidaan olettaa, että peltoalueilla, joissa on aiempina vuosikymmeninä käytetty puhdistamolietteitä, raskasmetallipitoisuudet voivat olla muita alueita korkeampia. On kuitenkin vaikeaa arvioida, onko alueella viljelymaita, joilla maan raskasmetallipitoisuudet ovat puhdistamolietettä sisältävän mädätysjäännöksen käyttöä koskevia raja-arvoja korkeampia.

Maataloustilastoista (Tike 2010) on saatavissa viljelykasvien jakautumatilastoja kunnittain, mutta ei koko aluetta koskien. Kouvolan alueella viljat sekä alle 5 v vanhat nurmet ovat pääasialliset viljelykasvit, niiden muodostaessa noin 90 % viljelyalasta (taulukko 24). Viljoista yleisimmät ovat kevätvehnä, ohra sekä kaura. Nurmikasveista ei ole tilastoissa tarkempaa erittelyä.

Taulukko 24. Kouvolan alueen viljellyn alan jakautuminen viljelykasveille (Tike 2010). Kaikki osuudet ovat koko viljellystä alasta.

Alue ja aika	Kevätvehnä	Ohra	Kaura	Viljat yht.[a]	Alle 5v nurmet	Rypsi ja rapsi	Muut kasvit
Anjalankoski (2007 yht. 12 971 ha)	16 %	22 %	22 %	66 %	23 %	6 %	5 %
Kouvola (2008 yht. 41 405 ha)	21 %	25 %	22 %	71 %	21 %	5 %	3 %

[a] sisältää taulukon viljojen lisäksi myös muut viljat, kuten rukiin ja syysvehnän.

Kymenlaakson alueella lannasta ei tule merkittäviä ravinneylijäämiä kokonaispeltopinta-alaan nähden. Vuoden 2002 tilastojen mukaan eläinten tuottamat ravinteet Kymenlaakson kunnissa olivat typen osalta luokassa alle 40 kgN/ha/v sekä kokonaisfosforin osalta luokassa alle 7 kgP/ha/v, kun huomioidaan viljelty pinta-ala sekä luonnonlaidunniitty (MMM 2004, 108). Muuhun maahan verrattuna nämä määrät eivät ole erityisen suuria (MMM 2004, 108). Näin alueen lannoitevalmisteiden käyttömääriä sekä levityspinta-aloja laskiessa ei ole välttämätöntä huomioida lantaa, kuten esimerkiksi Toivanen (2008, 48–52) teki Kiteen alueen levityspinta-aloja laskiessa.

Koska puhdistamolietettä sisältävä tuote ei sovellu käytettäväksi luomutuotannossa, on merkitystä myös sillä, kuinka suuri osuus alueen maanviljelystä on luomutuotantoa. Kymenlaaksos-

sa luomutuotannon osuus on samaa suuruusluokkaa kuin muualla maassa. Vuoden 2010 tilanteen mukaan Kaakkois-Suomessa, johon kuuluu Kymenlaakson lisäksi myös Etelä-Karjala, luomutuotannon osuus viljellystä peltopinta-alasta oli 7,1 %, koko Suomen vastaavan osuuden ollessa 7,4 % (Kaakkois-Suomen ELY-keskus 2010).

8.2.2 Lannoitteiden ravinnepitoisuudet sekä rahallinen arvo

Taulukossa 25 on arvio Mäkikylän laitoksen mädätysjäännöksen sekä siitä valmistettavan kuivarakeen pääravinnepitoisuuksista. Arvion pohjana käytettiin Huhtamäen (2010a) tekemiä arvioita ravinnepitoisuuksista (taulukko 25). Muina perusteina käytettiin liukoisten ravinteiden osuuksia muissa vastaavissa tuotteissa sekä oletusta, että termisessä kuivauksessa haihtuva typpi ja fosfori ovat liukoista.

Taulukko 25. Pääravinteiden arvioidut pitoisuudet Kymen Bioenergian mädätysjäännöksestä tuotteistettavissa lannoitevalmisteissa.

Tyyppinimi	Kosteus	Kuiva-aineessa			Kosteassa		
		N	P	K	N	P	K
Mädätysjäännös	70 %	2,0 % (tot.) 0,22 % (liuk.)	2,5 % (tot.) 0,073 % (liuk.)	0,3 %	0,60 % (tot.) 0,07 % (liuk.)	0,75 % (tot.) 0,02 % (liuk.)	0,1 %
Kuivarae	10 %	1,9 % (tot.) 0,13 % (liuk.)	2,5 % (tot.) 0,048 % (liuk.)	0,3 %	1,7 % (tot.) 0,11 % (liuk.)	2,3 % 0,04 % (liuk.)	0,3 %

Huom: typestä ja fosforista on arvioitu sekä kokonaispitoisuudet (tot.) että vesiliukoiset pitoisuudet (liuk.).

Huom: askelmat ja perusteet ovat liitteessä 4.

Ravinnepitoisuuksissa olennaista viljelykäytön kannalta ovat etenkin ne ravinteet, jotka lasketaan ympäristötuen sitoumusehtojen rajoihin. Näiden ravinteiden perusteella viljelijä voi vertailla tuotetta keinolannoitteeseen, ja laskea tuotteelle näin rahallista arvoa. Taulukossa 26 on esitetty nämä tiedot lannoitevalmisteista. Lisäksi mukana on vertailuksi kaksi muuta laskennallista huomiointitapaa.

Taulukko 26. Kymen Bioenergian mädätysjäännöksestä tuotteistettavien lannoitevalmisteiden arvioidut kasveille käyttökelpoisiksi huomioitavat typpi- ja fosforimäärät sekä niiden perusteella lasketut rahalliset arvot (ei sisällä ALV).

Huomioitavat ravinteet	**Liukoinen N Liukoinen P**	**Liukoinen N 40 % P**	**50 % N 50 % P**	**N kokonaan P kokonaan**
Huomioinnin peruste	**Ympäristötuen huomiointi-vaihtoehto 1[a]**	**Ympäristötuen huomiointi-vaihtoehto 2[b]**	**Esimerkki-laskelma**	**Maksimit**
Ravinnesisältö (kg/t lannoitetta):				
Mädätysjäännös				
Typpi	0,7	0,7	3,0	6,0
Fosfori	0,2	3,0	3,8	7,5
Kuivarae				
Typpi	1,1	1,1	8,6	17,1
Fosfori	0,4	9,0	11,3	22,5
Lannoitevalmisteen arvo[c] [€/t lannoitetta]				
Mädätysjäännös				
Typen arvo:	0,67	0,67	3,09	6,2
Fosforin arvo:	0,41	5,67	7,09	14,2
Arvo yht. (N+P):	1,08	**6,34**	10,2	20,4
Kuivarae				
Typen arvo:	1,18	1,18	8,8	17,6
Fosforin arvo:	0,81	17,0	21,3	42,5
Arvo yht. (N+P):	1,99	**18,2**	30,1	60,1

Huom: Myöhemmin laskennassa käytettävät arvot on lihavoitu.
[a] huomiointi muille orgaanisille lannoitteille kuin lannalle ja puhdistamolietteelle
[b] huomiointi puhdistamolietteelle
[c] arvojen laskenta: ravinteen määrä [kg/t] x ravinteen hinta [€/kg] = lannoitteen arvo [€/t]. Ravinteiden hintoina on käytetty seuraavia: 1,03 €/kgN sekä 1,89 €/kgP. Nämä hinnat ravinteille laskettiin MTT:n P-optimointimallin laskurilla (MTT 2010) Yara Suomen viikon 38/2010 verottomien lannoitehintojen (Markkinakatsaus 2010) perusteella.

Viljelijän kannalta käyttökelpoisin laskentatapa tuotteen arvolle on ympäristötuen ravinteiden huomioimisperusteiden mukainen arvo. Tuotteessa on suuri osa puhdistamolietettä, joten todennäköinen huomioimisperuste on liukoisen typen ja 40 % kokonaisfosforin huomioiminen. Tällä laskennalla molempien tuotteiden arvosta noin 90 % on fosforin arvoa (taulukko 26).

8.2.3 Lannoitteiden muut ominaisuudet

Ravinteiden lisäksi lannoitekäytössä on syytä tarkastella tuotteiden raskasmetallipitoisuuksia, orgaanisen aineksen pitoisuutta sekä olomuotoa käytön kannalta (levitystekniikka ja varastointi). Mädätysjäännöksen raskasmetallipitoisuuksien voidaan arvioida olevan selvästi alle raja-

arvojen (taulukko 21, luku 6.3). Lähimpänä raja-arvoja lienevät laskelmien mukaisesti elohopean, kadmiumin, kuparin ja sinkin pitoisuudet. Koska voidaan olettaa, että termisessä kuivauksessa raskasmetalleja ei käytännössä haihdu, kuivarakeessa raskasmetallipitoisuudet ovat samaa luokkaa kuin mädätysjäännöksessä. Ne voivat olla myös hieman korkeampia, koska pieni osa kuiva-aineesta häviää termisessä kuivauksessa. Koska kuivarakeessa arvioitu fosforipitoisuus on niukasti yli 2,2 % (taulukko 25, luku 8.2.2), on syytä tarkistaa lannoitevalmisteasetuksen lannoitteille asetetun kadmiumpitoisuusrajan 30 mg Cd/kg P täyttäminen (metsätaloudessa 50 mg Cd/kg P). Huhtamäen laskelmiin perustuen kadmium-määrä fosforikiloa kohden olisi 28 mg. Tällöin pitoisuus olisi hyvin lähellä raja-arvoa (93 % raja-arvosta). Mikäli kadmiumpitoisuus olisi Biovakan Turun laitoksen tapaan 0,6 mg Cd/kg ka ja fosforipitoisuus Huhtamäen laskelmaan perustuen 2,5 %, kadmiumpitoisuus olisi 24 mg/kg P, eli 80 % raja-arvosta. Tässä rajassa on silti huomattavaa, että mikäli sen tulkitaan vain tarkoittavan lannoitevalmisteasetuksen lannoite-luokkaan kuuluvia lannoitevalmisteita, rajoitus ei koske lannoitevalmisteasetuksen maanparannusaineiksi luokittelemia tuotteita, kuten kuivaraetta.

Orgaanisen aineksen pitoisuutta kannattaa arvioida tuotteista maanparannusvaikutuksen kannalta. Huhtamäki (2010b) arvioi Mäkikylän laitoksen mädätysjäännöksen tuhkapitoisuudeksi 46 % kuiva-aineesta. Tähän osuuteen sisältyy epäorgaaninen hiili, kuten kalsiumkarbonaatti. Alkuainehiilen määrä on mädätysjäännöksessä hyvin merkityksetön. (M. Huhtamäki, Juurocon Oy, henkilökohtainen tiedonanto 4.11.2010.) Arvioksi mädätysjäännöksen orgaanisen aineksen pitoisuudesta voidaan näin ottaa tuhkan jälkeen jäävä kuiva-aines, eli 54 % kuiva-aineesta. On mahdollista, että orgaanisen aineksen pitoisuus on kuivarakeessa hieman pienempi kuin mädätysjäännöksessä, sillä onhan mahdollista että orgaanista ainesta hävinnee hieman tuhkaa helpommin höyryn mukana termisessä kuivauksessa. Häviön voidaan olettaa olevan kuitenkin niin vähäistä, että myös kuivarakeen orgaanisen aineksen pitoisuuden voidaan arvioida olevan n. 54 % kuiva-aineesta.

Mädätysjäännöstä voidaan varastoida tiloilla kuivalannan tapaan. Koska mädätysjäännös on puhdistamolietettä sisältävä tuote, sitä koskee täydentävien ehtojen vaatimukset puhdistamolietteen käytölle. Näiden vaatimusten mukaan puhdistamolietteen varastoinnissa tulee noudattaa lannan varastointia koskevia vaatimuksia. Varastointia voidaan tehdä ainakin lantaloissa

tai olosuhteiden vaatiessa niin sanotussa lantapattereissa, joka sijoitetaan pellolle. Näitä varastointimenetelmiä säädellään esimerkiksi vesistöjen suojelun tähden myös tarkemmin. Lantapatteria koskevat muun muassa vaatimukset asianmukaisesta pohjaeristyksestä sekä peittämisestä. Kaikesta patteroinnista tulee tehdä ilmoitus kunnan ympäristönsuojelunviranomaiselle. (Maaseutuvirasto 2010, 15–16 ja 19.)

Mädätysjäännös on 30 % kuiva-ainepitoisuudessa kiinteää, murumaista ja tummaa. Sitä voi käsitellä kiinteän lannan (kuivalannan) kuljetukseen ja levitykseen tarkoitetulla kalustolla. Kalustoa löytyy urakoitsijoiden lisäksi todennäköisesti myös tiloilta, joilla on omaa karjaa. Kuivarae voi olla rakeistustekniikasta riippuen joko pelletti tai rae. Mikäli valmistetaan pellettiä, levitystekniikka on pintalevitystä esimerkiksi keskipakoislevittimellä tai kalkinlevitysvaunulla. Tätä kalustoa ei ole todennäköisesti urakoitsijoiden lisäksi monella tilalla. Jos kuivarakeesta tehdään riittävän pientä raetta, levitystekniikka voi edellä mainittujen lisäksi olla myös sijoituslannoitus kylvölannoittimella. Kylvölannoitin on yleisin lannoituslaite, joten sen omistaa suuri osa tiloista.

Kuivarakeen varastointi ei vaadi yhtä suurta tilaa kuin mädätysjäännös, mutta se tulee tehdä sisätiloissa. Jos kuivarakeen ja mädätysjäännöksen tilavuuspaino on samaa luokkaa, samaa fosforimäärää varten tarvitaan kuivarakeen varastoinnissa noin kolmasosa mädätysjäännöksen tilatarpeesta, sillä kuivarakeessa fosforipitoisuus tuorepainossa on noin kolminkertainen (taulukko 25, luku 8.2.2). Jos kuivarakeesta tehtäisiin Lakeuden Etapin tapaan puristettu pelletti, tuotteen tilavuuspaino olisi samaa luokkaa tai jopa suurempi kuin mädätysjäännöksen. Lakeuden Etapin pelletin tilavuuspaino on 975 kg/m^3 (Lakeuden Etappi 2010b). Pienemmän rakeen osalta on epävarmaa, kuinka painavan tuotteen siitä voisi valmistaa. Kuivarakeen varastointi tulee tehdä kuivassa, jotta rakeen koostumus pysyy sopivana ja se ei homehdu.

8.2.4 Mahdolliset käyttömäärät ja tarvittava levityspinta-ala

Lannoitteiden käyttömääriä maanviljelyssä rajoittavat ympäristötuen sitoumusehdot, nitraattisasetuksen (VNa 931/2000) rajoitukset typen käyttömäärille sekä lainsäädännön rajoitukset

puhdistamolietepohjaisen lannoitevalmisteen käytöstä aiheuttamalle raskasmetallikuormitukselle (VNp 282/1994 sekä MMMa 12/07). Vaikka maanviljelyssä ei välttämättä käytetä lannoitteita ympäristötuen ehtojen salliman määrän rajalle asti, enimmäiskäyttömäärillä voidaan arvioida tuotteiden käyttömääriä melko hyvin. Jotta orgaanisen aineksen lisäyksen maanparannushyöty maksimoidaan, etenkin orgaanisilla lannoitteille käyttömäärän laskeminen enimmäiskäyttömäärien mukaan on varsin perusteltua.

Ravinteiden käyttörajojen tulkinnassa on fosforin ympäristötuen ehtojen sekä nitraattiasetuksen typen osalta vaihtoehtoisen tulkintatavat (ks. luku 4.5.1). Koska puhdistamolietteen osuus muodostaa pääosan raaka-ainepohjasta (taulukko 18, luku 6.1), fosforin osalta on todennäköistä, että molemmista tuotteista otetaan ympäristötuen rajoihin huomioon 40 % kokonaisfosforista. Nitraattiasetuksen osalta puhdistamolietettä sisältävän mädätysjäännöksen tapauksessa sovelletaan täydentävien ehtojen oppaan mukaan kokonaistypen rajaa 170 kgN/ha/v (Maaseutuvirasto 2010, 19). Kuivarakeen osalta on epäselvempää, sovelletaanko siihen tätä nitraattiasetuksen 5 §:n lantaa koskevaa rajoitusta lannan levityksen kokonaistypestä. Täydentävien ehtojen oppaassa kuivaraetta ei lasketa puhdistamolietetuotteeksi, vaikka sen raaka-aineissa olisi puhdistamolietettä (Maaseutuvirasto 2010, 17). Tämän vuoksi myöskään edellä mainittu oppaan kohta ei koske kuivaraetta. Myöskään muualta kyseisestä oppaasta ei löydy ohjetta kompostien tai kuivarakeen osalta siitä, otetaanko lannan kokonaistypen rajoitus huomioon. Kapuisen (2009, 58–59) mukaan on esiintynyt tulkintaa, että lannan kokonaistypen rajoitus koskisi kaikkia orgaanisia lannoitevalmisteita.

Taulukkoon 27 on koottu aiemmin esitettyjen ravinnepitoisuuksien mukaan lasketut rajoitukset käyttömääriin esimerkkiviljana olevalle ohralle. Käyttömäärät on laskettu eri tulkintavaihtoehdoilla. Ohra on yksi alueen yleisimmistä viljelykasveista (taulukko 24, luku 8.2.2). Olosuhteet valittiin siten, että ne kuvaavat aiemmin esitettyä Kymenlaakson tyypillistä tilannetta (ks. luku 8.2.2).

Taulukko 27. Mädätysjäännöksen ja kuivarakeen enimmäiskäyttömäärät typen ja fosforin käyttömäärärajoitusten mukaan ohralle.

		Mädätysjäännös			Kuivarae		
	Raja (kg/ha/v)	**Pitoisuus (kg/t)**	**Käyttö-määrä 1 (t/ha/v) [a]**	**Käyttö-määrä 2 (t/ha/v)[b]**	**Pitoisuus (kg/t)**	**Käyttö-määrä 1 (t/ha/v)[a]**	**Käyttö-määrä 2 (t/ha/v) [b]**
Fosfori, ymp.tuki	14	7,5 tot P / 0,2 liuk. P	4,67 (40 % tot P)	64 (liuk. P)	22,5 tot P / 0,4 liuk. P	1,6 (40 % tot P)	33 (liuk. P)
Fosfori, ymp.tuki, 5 v tasaus[c]	70	7,5 tot P / 0,2 liuk. P	23,3 (40 % tot P)	322 (liuk. P)	22,5 tot P / 0,4 liuk. P	7,8 (40 % tot P)	164 (liuk. P)
Typpi, ymp.tuki	100	0,7 liuk. N	153	153	1,1 liuk. N	87	87
Typpi, nitraattiasetus (5 § ja 6 §)	170[d]	0,7 liuk. N / 6,0 tot N	28 (tot. N)	260 (liuk. N)	1,1 liuk. N / 17,1 tot N	9,9 (tot. N)	148 (liuk. N)

huom: käyttömäärät ovat laskettu jakamalla käytön raja (kg/ha/v) tuotteen ravinnepitoisuudella (kg/t). Ravinnepitoisuudet ovat taulukosta 25.

huom: esimerkin määrät ovat keväällä savi- ja hiesumaille kylvettävälle ohralle, fosforin viljavuusluokan ollessa maassa tyydyttävä

[a] todennäköiset tulkintatavat, ravinteen huomioimisperuste sulkeissa

[b] vaihtoehtoiset tulkintatavat, huomioimisperuste sulkeissa

[c] käyttömäärä käyttövuonna, jolloin seuraavina neljänä vuotena fosforia ei lisätä lohkolle lainkaan. Oletus: lohkolla viljellään kaikkina viitenä vuonna ohraa.

[d] ohralla nitraattiasetuksen 6 §:n kasvikohtainen raja on myös 170 kgN.

Taulukon 27 laskelmien mukaan fosfori olisi molemmilla tuotteilla typpeä rajoittavampi ravinne, jos fosforista otetaan 40 % kokonaisfosforista huomioon. Tämä ei riipu siitä, otetaanko nitraattiasetuksen tulkinnassa huomioon tuotteista kokonaistyppi vai vesiliukoinen typpi. Mikäli fosforista otettaisiin ympäristötukeen huomioon vain vesiliukoinen osuus, typpi olisi rajoittavampi tekijä. Tuolloin nitraattiasetus rajoittaisi ympäristötuen typpirajaa enemmän jos tuotteesta otetaan huomioon kokonaistyppi nitraattiasetukseen. Jos asetukseen ei oteta kokonaistyppeä huomioon, ympäristötuen liukoisen typen rajoitus jäisi tuolloin ravinnerajoituksista merkittävimmäksi.

Metallien osalta eri tuote- ja käyttövaihtoehdoissa rajoittavin metalli on käytettyjen arvojen perusteella joko kupari tai kadmium (taulukko 28). Myös kuparin mahdollisella puutteella viljelymaassa saattaa olla merkitystä.

Taulukko 28. Haitallisten metallien rajoitukset käyttömääriin Kymen Bioenergian jäännöksen tapauksessa.

Tyyppinimi	Käytetyt pitoisuudet	Vuosittainen käyttö rajoittavin metalli	Vuosittainen käyttö enimmäiskäyttö[t/ha/v]	Käyttö neljän vuoden välein rajoittavin metalli	Käyttö neljän vuoden välein enimmäiskäyttö [tn/ha/v] [a]
Mädätysjäännös	Mäkikylän laitoksen arvio (Huhtamäki 2010b)	Cu / Cd[b]	6,7 / 7,1[b]	Cu / Cd[b]	27 / 29[b]
	Biovakka Turku	Cd	8,3	Cd	33
Kuivarae	Mäkikylän laitoksen arvio (Huhtamäki 2010b)	Cd	2,4	Cd	9,5
	Biovakka Turku	Cd	2,8	Cd	11,1

huom: käyttörajoitukset eri metallien mukaan on eritelty liitteessä 5. Kuivarakeen käytössä huomioidaan pelkästään kadmiumin raja käyttömäärissä.
[a] käyttövuonna. Kolmen seuraavan vuoden aikana tuotetta ei käytetä.
[b] mikäli kuparista todetaan maassa puutetta

Kun taulukoissa 27 ja 28 esitetyt ravinteiden ja metallien tuomat käyttörajoitukset yhdistetään, saadaan arvioitua käyttömäärät, sillä käyttömäärä tulee laskea eniten rajoittavan tekijän mukaan. Koska käyttörajoitukset riippuvat sekä ravinteiden käyttörajojen tulkinnasta että metallipitoisuuksissa käytettävistä arvoista, on rajoittavimmaksi tekijäksi sekä enimmäiskäyttömääräksi useita eri vaihtoehtoja. Taulukkoon 29 on koottu valitut vaihtoehdot laskennan jatkolle.

Taulukko 29. Laajempiin käyttömäärälaskelmiin valitut vaihtoehdot tulkinnan, metallipitoisuuksien sekä olosuhteiden osalta.

	Valinta (molemmille tuotteille)	Valinnan peruste	Valinnalle olevat vaihtoehdot
Nitraattiasetuksen 5 §:n rajan tulkinta (lannan käytössä 170 kg kokonaistyppeä/ha/v)	Koskee näitä tuotteitta	Mädätysjäännöksen osalta täydentävien ehtojen oppaan ohje (Maaseutuvirasto 2010, 19)	Ei koske tuotetta
Nitraattiasetuksen 6 §:n rajoihin huomioitava typpi	Vesiliukoinen typpi	Täydentävien ehtojen oppaan ohje (Maaseutuvirasto 2010, 17)	Kokonaistyppi
Ympäristötuen fosforirajoihin huomioiva fosfori	40 % kokonaisfosforista	Tuotteiden raaka-aineen pääosin puhdistamoliete	Vesiliukoinen fosfori
Haitallisten metallien pitoisuudet	Biovakan Turun laitoksen mukaiset	Pitoisuudet perustuvat todelliseen tuotteeseen	Huhtamäen (2010a) arvio pitoisuuksista
Viljelymaan fosforin viljavuusluokka	Tyydyttävä	Mediaaniluokka Kymenlaaksossa (taulukko 23).	Muut viljavuusluokat
Viljelymaan maalaji	Savi- tai hiesumaa	Yleisin maalajiluokka Kymenlaaksossa (taulukko 23).	Muut maalajiluokat

Kun tarkasteluun otetaan taulukon 29 mukaiset valinnat, saadaan taulukoiden 27 ja 28 määristä valintojen tilanteen tiukimmat arvot poimimalla ohran enimmäiskäyttömääriksi seuraavat:

- Mädätysjäännös 4,7 t/ha/v (rajoittavin tekijä fosfori)
- Kuivarae 1,6 t/ha/v (rajoittavin tekijä fosfori)

Jos fosforintasauksessa käytetään pisintä jaksoa, eli viiden vuoden jaksoa, enimmäiskäyttömäärät ovat seuraavat käyttövuonna:

- Mädätysjäännös 23,3 t/ha (rajoittavin tekijä fosfori)
- Kuivarae 7,8 t/ha (rajoittavin tekijä fosfori)

Muista tulkintavaihtoehdoista on eniten syytä tarkastella lähinnä vaihtoehtoa jossa tuotteita ei lasketa puhdistamolietepohjaisiksi ympäristötuen ehdoissa. Tällöin fosforista otettaisiin huomioon ympäristötukeen vesiliukoinen osuus. Jos tulkinnat sekä valinnat olisivat muuten taulukon 29 mukaiset, vuosittaista käyttöä rajoittaisi kadmium (taulukot 27 & 28). Tuolloin vuosittaisella käytöllä mädätysjäännöstä voisi käyttää 8,3 t/ha/v ja kuivaraetta 2,8 t/ha/v.

Ohran lisäksi alueella yleisesti viljeltävien kasvien enimmäiskäyttömääriä on koottu taulukkoon 30. Arvot on laskettu samalla periaatteella kuin ohralle, eli laskemalla typen, fosforin sekä raskasmetallien rajat erikseen ja ottamalla rajoituksista tiukin käyttömäärärajaksi.

Taulukko 30. Lannoitevalmisteiden enimmäiskäyttömääriä eri kasveille hehtaaria kohden. Tulkinta- , pitoisuus sekä olosuhdevalinnat ovat taulukon 29 mukaiset. Rajoittavin tekijä on kaikissa fosfori.

	Mädätysjäännös		Kuivarae	
Viljelykasvi	**Vuosittainen käyttö**	**Käyttö joka viides vuosi**	**Vuosittainen käyttö**	**Käyttö joka viides vuosi**
Vehnä, palkokasvit[a], öljykasvit	4,0 t/ha/v	20 t/ha/5v	1,33 t/ha/v	6,7 t/ha/5v
Kaura	2,7 t/ha/v	13 t/ha/5v	0,89 t/ha/v	4,4 t/ha/5v
Rehunurmen perustaminen suojakasvin kanssa viljaan	9,3 t/ha/v[b]	30 t/ha/5v[d]	3,11 t/ha/v[b]	10,2 t/ha/5v[c]
Monivuotisen rehunurmen lannoitus satovuonna	5,3 t//ha/v	27 t/ha/5v	1,78 t/ha/v	8,9 t/ha/5v

[a] on oletettavaa että mädätysjäännöstä ei saa käyttää palkokasveille, jotka käytetään ravinnoksi.
[b] perustamisvuoden lannoitusmäärä, kun ei käytetä fosforintasausta
[c] perustamisvuoden fosforiraja on 28 kgP/ha/v ja jälkimmäisten neljän vuoden raja satovuosien raja 16 kgP/ha/v. Viiden vuoden tasauksen määrä on näin 92 kgP/ha/5v = 18,4 kgP/ha/v.

Enimmäiskäyttömäärien sekä tuotteiden kokonaismäärien mukaan voidaan laskea tarvittavan levityspinta-alan vähimmäisarvo. Koska esimerkiksi vehnälle voi käyttää enintään 4 t mädä-

tysjäännöstä hehtaarille vuodessa, kääntäen raja tarkoittaa sitä, että jokaista lannoitetonnia kohden tarvitaan vehnällä 1 / 4 hehtaaria, eli 0,25 hehtaaria. Vastaavalla tavalla laskettuna taulukkoon 31 on koottu eri viljelykasveille tarvittavia levityspinta-aloja, kun käytetään taulukon 22 (luku 7.2) tuotteiden kokonaismääriä. Koska fosforin häviäminen termisessä kuivauksessa on kokonaisfosforin määrään merkityksetöntä (liite 4), kokonaisfosforin määrä on käytännössä sama sekä mädätysjäännöksessä että kuivarakeessa. Tällöin myös tarvittava kokonaispinta-ala on mädätysjäännökselle ja kuivarakeelle sama.

Taulukko 31. Lannoitetuotteille tarvittavat levityspinta-alat.

Käyttökohde	Tarvittava levityspinta-ala (ha/v)	Osuus Anjalankosken ko. kasvin peltopinta-alasta (2007)	Osuus Kouvolan ko. kasvin peltopinta-alasta (2008)
Ohra	1 821	64 %	18 %
Kaura, palkokasvit[a], öljykasvit	3 188	109 % (kaura) / 430 % (rypsi ja rapsi)	35 % (kaura) / 140 % (rypsi ja rapsi)
Vehnä	2 125	102 % (kevätvehnä)	24 % (kevätvehnä)
Rehunurmen perustaminen	911 (ilman fosforintasausta)	?	?

huom: tuotteiden kokonaismäärä on taulukon 22 (luku 7.2) mukainen (8 500 t/a mädätysjäännöstä).
huom: Anjalankosken ja Kouvolan peltopinta-alat eri kasveille ovat taulukosta 24 (luku 8.2.1)
[a] on oletettavaa että mädätysjäännöstä ei saa käyttää palkokasveille, jotka käytetään ravinnoksi

Taulukossa 31 esitettyjen pinta-alaosuuksien mukaan pelkästään Anjalankosken pellot riittävät tuotteiden levitykseen, mikäli valtaosa viljanviljelijöistä käyttäisi tuotetta. Jos tuotteiden kysyntä ulottuu pidemmälle, eli koko Kouvolan alueelle, riittäisi jos kohtalaisen pieni osa viljanviljelijöistä käyttäisi tuotteita peltojensa fosforilannoitteena.

Huomattavaa on, että tarvittava levityspinta-ala on taulukon 31 arvoa suurempi, mikäli tuotetta käytetään käyttökohteissa enimmäiskäyttömääriä vähemmän. Vähemmät käyttömäärät voivat johtua siitä, että käytetään muita ravinnelähteitä, kuten keinolannoitteita tai lantaa, tai peltoa lannoitetaan tässä huomioituja rajoja vähemmän. Esimerkiksi ympäristötuen lisätoimenpide *vähennetty lannoitus* pienentää enimmäiskäyttömääriä. Lisäksi on tarpeen huomioida, että enimmäiskäyttömäärät pätevät vain tässä esitettyyn esimerkkiin olosuhteista sekä lainsäädännön tulkinnasta. Enimmäiskäyttömäärät ovat pienimpiä esimerkiksi peltolohkon paremman fosforin viljavuusluokan myötä. Toisaalta enimmäiskäyttömäärä on suurempi esimerkiksi heikomman fosforin viljavuusluokan myötä. Tuolloin tarvittava levityspinta-ala pienenee. Tämä

on hyvin mahdollista, sillä arviossa käytettyä viljavuusluokkaa tyydyttävää heikompi viljavuusluokka, eli välttävä, on alueella suhteellisen yleinen. Esimerkiksi ohralla välttävässä fosforin viljavuusluokassa fosforiraja on 22 kg P/ha, eli 57 % tyydyttävän luokan rajaa suurempi (Maatalouden ympäristötuen sitoumusehdot 2010, 34). Tarvittava levityspinta-ala välttävän fosforin viljavuusluokan pelloille on myös vastaavasti pienempi.

8.2.5 Tuotteiden käytön kannattavuus viljelyssä

Jotta viljelijä olisi kiinnostunut maksamaan tuotteesta, hänen tulee voida arvioida käytön kustannuksia suhteessa toiseen vaihtoehtoon, eli keinolannoitteiden ja/tai lannan käyttöön. Kun tuotteiden käyttöä arvioidaan viljoille, tarvitaan typpilannoitusta varten lisälannoitusta esimerkiksi keinolannoitetypellä. Taulukossa 32 esitetään tämä lisälannoitustarve huomioiden esimerkkilaskelmat tuotteiden käytön kustannuksista. Esimerkissä tuotteiden levityskustannukset ovat arvioitu tonnia kohden, joten levityskertojen määriä ei ole näin huomioitu. Tämän vuoksi esimerkissä ei ole merkitystä sillä, käytetäänkö fosforintasausta vai ei. Todellisuudessa levityskustannusten kannalta fosforintasauksen käyttö on vuosittaista käyttöä kannattavampaa, koska levitysmäärät yhdellä levityskerralla ovat tuolloin suuremmat ja levityskertoja on vastaavasti tasausjakson aikana vähemmän.

Taulukko 32. Esimerkki mädätysjäännöksen ja kuivarakeen lannoitekäytön kustannuksista ohralle verrattuna pelkän keinolannoitteen käyttöön.

	A: Mädätysjäännös + typpilannoite	**B: Kuivarae + typpilannoite**	**C: Pelkkä keinolannoite**
Orgaanisen lannoitteen käyttömäärä	4,67 t/ha/v	1,56 t/ha/v	0 t/ha/v
Orgaanisen lannoitteen hinta[a]	6,34 €/t	18,2 €/t	
Orgaanisen lannoitteen kustannukset[a]	29,6 €/ha/v	28,3 €/ha/v	0 €/ha/v
Orgaanisen lannoitteen levityskustannukset[b]	12 €/ha/v	4,0 €/ha/v	0 €/ha/v
Käytettävä keinolannoite	Suomensalpietari (27 % N, 0 % P)	Suomensalpietari (27 % N, 0 % P)	Pellon NP (26 % N, 4 % P)
Keinolannoitteen hinta[b]	280 €/t[b]	280 €/t[b]	354 €/t[b]
Keinolannoitteen määrä	322 kg/ha/v	327 kg/ha/v	350 kg/ha/v
Keinolannoitekustannukset	90,2 €/ha/v	91,5 €/ha/v	123 €/ha/v
Keinolannoitteen levityskustannukset	Samat kaikissa vaihtoehdoissa[d]		
Peltoon ravinteita	90 kg N/ha/v 14 kg P/ha/v	90 kg N/ha/v 14 kg P/ha/v	90 kg N/ha/v 13,8 kg P/ha/v
Lannoite- ja levityskustannukset yht.	**132 €/ha/v (+keinolannoitteen levityskustannukset)**	**124 €/ha/v (+keinolannoitteen levityskustannukset)**	**123 €/ha/v (+keinolannoitteen levityskustannukset)**

Huom: lannoitemäärät ovat laskettu siten, että typpi- ja fosforilannoitusmäärät ovat ympäristötuen rajoitusten mukaiset savi- ja hiesumaalle fosforin viljavuusluokan ollessa tyydyttävä (rajoituksena 90 kgN ja 14 kgP). Mädätysjäännöksestä ja kuivarakeesta huomioitiin rajoihin vesiliukoinen typpi ja 40 % kokonaisfosforista.

Huom: Lannoitteiden kuljetus- ja varastointikustannuksia ei ole sisällytetty. Hinnat ja kustannukset eivät sisällä ALV:tä.

[a] hintoina käytetty taulukon 26 (8.2.2) arvoja, siten että typestä on huomioitu vesiliukoinen osuus ja fosforista 40 %

[b] käytetty kuivalannan levityksen keskimääräistä hintaa 2,3 €/m^3 (Pakkanen 2010, 22). Mädätysjäännöksen sekä kuivarakeen tilavuuspainona käytetty 0,9 t/m^3, jolloin levityskustannukset ovat 2,6 €/t.

[c] viikon 38/2010 hintojen mukaan (Markkinakatsaus 2010)

[d] peruste: koska keinolannoitteen määrät ovat samaa luokkaa kaikissa vaihtoehdoissa (määrien erot alle 10 %), levityskustannuksissa hehtaaria kohden ei ole todennäköisesti käytännössä eroja.

Kuivarakeen ja pelkän keinolannoitteen käyttö on taulukon 32 vertailun mukaan jonkin verran mädätysjäännöksen käyttöä halvempaa. Syynä tässä ovat mädätysjäännöksen kuivaraetta korkeammat levityskustannukset. On mahdollista että mikäli kuivarakeen olomuoto olisi kylvö-

lannoitteen soveltuva, sen levityskustannukset olisivat vielä taulukossa 32 esitettyjä alhaisemmat.

Huomattavaa taulukon 32 kustannuksissa on, että laskelmassa käytetyillä hinnoilla sekä käyttömäärillä mädätysjäännöksen tai kuivarakeen käyttökustannukset eivät ole pelkän keinolannoitteen käyttöä halvempaa. Jotta viljanviljelijä säästäisi käyttämällä näitä orgaanisia lannoitevalmisteita pelkkien keinolannoitteiden sijaan, tulisi jonkun seuraavista vaihtoehdoista toteutua:

- Viljelijä laskee arvoa myös orgaaniselle typelle, eli hän luottaa siihen, että osa siitä siirtyy aikaa myöden kasveille käyttökelpoiseksi. Näin viljelijä voi vähentää lisätypen lisäystä. Ongelma: orgaanisen typen lannoitusvaikutusta on vaikeaa huomioida.
- Viljelijä laskee arvoa myös orgaanisen lannoitevalmisteen maanparannusarvolle. Ongelma: arvoa on vaikea laskea, etenkin jos orgaanisen aineksen levitysmäärät ovat suhteellisen pieniä.
- Orgaanisten lannoitevalmisteiden hinta viljelijälle on ravinnepitoisuuksien mukaan laskettua arvoa alhaisempi. Esimerkiksi taulukon 32 mukaisella käytöllä mädätysjäännöksen hinnan ollessa 0 €/t, maanviljelijä säästäisi n. 20 €/ha ja mikäli myös levitys olisi maanviljelijälle ilmaista, säästö olisi noin 33 €/ha. Ongelma: lannoitevalmisteen valmistuksen kannattavuus laskee.

Muussa kuin viljanviljelyssä tuotteet voisivat olla viljelijälle kannattavia vaihtoehtoja etenkin typensitojakasvien viljelyssä. Näissä tapauksissa tämä tuote voisi riittää ainoana lannoitteena ja erillistä typpitäydennystä keinolannoitteella tarvittaisiin vain vähän tai ei lainkaan. Olisi oletettavaa, että olomuotona kiinnostavin vaihtoehto olisi pieni kuivarae, jonka voisi levittää kylvölannoittimella. Tuolloin nimittäin voisi riittää yksi ajokerta viljelyalalla, jos kuivarakeen keinolannoitteeseen verrattuna alhaisempi ravinnepitoisuus ei tulisi tekniseksi esteeksi. Tapauksessa, jossa viljelijän pitäisi lisätä typpilannoitetta erikseen tämän tuotteen lisäksi, kylvölannoittimeen sopivan kuivarakeen tuoma etu ei olisi niin suuri, koska pellolla pitäisi joka tapauksessa ajaa kaksi erillistä kertaa.

Käyttökohteina mahdollisia typensitojakasveja ovat mädätysjäännökselle sellaiset palkokasvit, joita ei käytetä ihmisten tai eläinten ravinnoksi sekä apilanurmien perustaminen. Mädätysjäännöksen käyttörajoite johtuu sen sisältämästä puhdistamolietteestä (VNp 282/1994). Kuivarakeelle vastaavia käyttörajoitteita ei ole, joten mahdollisia käyttökohteita ovat apilanurmet sekä myös palkokasvit, joita käytetään eläinten rehuksi. Palkokasvien osuus peltopinta-alasta on silti melko marginaalinen, esimerkiksi Kouvolassa se on selvästi alle 5 % (sisältyvät luokkaan muut kasvit, taulukko 22, luku 8.2.1). Palkokasveista etenkin härkäpavun viljely on kuitenkin viime vuosina lisääntynyt (Peltonen ym. (toim.) 2010, 41). Esimerkiksi vuonna 2010 härkäpavun viljely kolminkertaistui Suomessa vuoteen 2009 nähden (Matilda 2010a). Härkäpapuviljelmät olisivatkin yksi potentiaalista käyttökohteista kuivarakeelle. Palkokasvien viljelyä pyritään myös edistämään Suomessa. Käynnissä on tutkimushanke, jossa annetaan politiikkatason toimenpidesuosituksia palkokasvien hyödyntämisen edistämiseksi (MTT 2009c).

Tämän hetken kansallisen lainsäädännön (VNp 282/1994) mukaan puhdistamolietettä sisältävää mädätysjäännöstä ei saa käyttää palkokasveille, joita käytetään eläinten rehuksi. Tilanne voi silti periaatteessa muuttua kun lainsäädäntöä uudistetaan, sillä palkokasvien osalta epäpuhtauksien siirtyminen ravintoon on vähäistä. MTT:n tutkija P. Kapuisen (henkilökohtainen tiedonanto 7.10.2010) mukaan palkokasveista ravinnoksi käytettävässä osassa kontaminaatioriski on samaa luokkaa viljojen kanssa. Viljat ovat mukana niissä kasveissa, joille puhdistamolietteen käyttö on sallittua VNp 282/1994 mukaan. Kyseisen päätöksen listassa sallituista käyttökohteista on myös huomattavaa, että se on tiukempi kuin direktiivin lista, jonka pohjalta päätös on annettu. Puhdistamolietedirektiivissä yhdyskuntapuhdistamolietteen käyttökohteet rajataan vain siten, että kerrotaan kohteet mihin lietettä ei saa käyttää (ETY-278/1986 7.artikla). Näissä kielletyissä käyttökohteissa ei ole esim. palkokasveja, vaan kiellot koskevat hedelmiä, vihanneksia sekä vihantarehua tietyin tarkennuksin. Päätöksessä 282/1994 käyttökohteet puolestaan määritellään siten että ne, joihin tuotetta voi käyttää, on kerrottu, jolloin muut kasvit rajataan pois. Tässä tapauksessa on siis kansallisesta lainsäädännöstä tehty direktiiviä tiukempi, joka toki on mahdollista.

Lannoitevalmisteen arvo viljelijälle on sen tuomat ravinteet sekä orgaanisen aineksen tuoma maanparannusarvo. Mikäli maanparannusarvo on tavoiteltava, levitysmäärät tulisivat olla suu-

rehkoja. Tällöin valmisteessa tulisi olla vähän ravinteita sekä raskasmetalleja, jotka rajoittavat sen käyttömääriä. Levitysmäärät voivat olla suurempia, jos fosforista huomioidaan vain vesiliukoinen osuus. Toisaalta tuolloin kasveille käyttökelpoisen fosforin määrä tulee tässä tapauksessa todennäköisesti aliarvioitua. Ongelmaksi muodostuisi täten kustannus-tekijöiden lisäksi se, että osa fosforista karkaa rehevöittämään vesistöjä mikäli viljelijä käyttää täydentäviä fosforilannoitteita ympäristötuen rajaan saakka. Myös lannoitevalmisteen imago voi tuossa tapauksessa kärsiä, koska rajoittava tekijä saattaa olla haitallinen metalli ravinteiden sijasta.

Tuotteiden käyttöä vaikeuttaa se, että mädätysjäännöksen osalta viljelijän tulee analysoida maan raskasmetallipitoisuudet sekä seurata raskasmetallien kerääntymistä maahan. Asiaa voi helpottaa siten, että tuoteselosteessa on mukana ohje näihin toimenpiteisiin. Esimerkiksi Vambion tuoteselosteissa on näin tehty (Vambio 2010b). Lisäksi ravinteiden huomioiminen on olennainen tekijä käytön kannalta molemmissa tuotevaihtoehdoissa. Tämän vuoksi olisi tärkeää varmistaa ennen tuotteen markkinointia tuotteen kuvauksen sekä tuotetietojen perusteella, miten kyseisen tuotteen osalta fosfori huomioidaan. Varmistus tulisi tehdä ainakin Maaseutuvirastosta. Käytännön tasolla ympäristötuen ehtojen noudattamista valvovat alueellisten Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskusten (ELY-keskukset) maaseututarkastajat, jotka saavat tarvittaessa tulkintaohjeet Maaseutuvirastolta (O. Minkkinen, maaseutu ja energia -yksikön valvontapäällikkö / Kaakkois-Suomen ELY-keskus, henkilökohtainen tiedonanto 20.10.2010). Kun tulkinta-asiat on tuotteistamisen yhteydessä varmistettu, tuoteselosteessa voi ohjeistaa myös ravinteiden huomioimista lannoitelaskentaan. Näin on tehty esimerkiksi Biovakan tuoteselosteissa (Biovakka Suomi 2010a & 2010b).

Mikäli lannoitevalmistetta käytetään useamman vuoden käyttömäärien mukaan, viljelijän kannalta helpompi käyttöjakso voisi olla neljä vuotta fosforintasauksen maksimin eli viiden vuoden sijaa. Kadmiumin kertymistä kun tulee seurata joka tapauksessa neljän vuoden jaksoissa.

8.2.6 Kysely lähialueen viljelijöille

ProAgria Kymenlaakso ry teki alkuvuodesta 2010 selvityksen Kymen Bioenergian yhteistyömahdollisuuksista alueen viljelijöiden kanssa. Selvitykseen liittyi kirjallinen yhteydenotto vil-

jelijöille, missä kysyttiin muun muassa kiinnostusta mädätysjäännöksen käyttöön lannoitteena. Tuossa vaiheessa mädätysjäännöksestä lannoitevalmisteena ei esitetty vielä kovin tarkkoja arvioita. Selvitykseen vastasi 30 maatilaa 242 tilasta, ja vastanneista 16 olivat kiinnostuneita mädätysjäännöksen käytöstä maatilallaan. Koska tarkkoja tietoja mädätysjäännöksen ominaisuuksista ei vielä tuolloin ollut esittää, viljelijät eivät esimerkiksi uskaltaneet ilmoittaa, kuinka suureen peltopinta-alaan he olisivat kiinnostuneet käyttämään mädätysjäännöstä lannoitteena. Yleisimmät viljelijöiden kysymykset tuotteeseen liittyen koskivat sen ravinne- ja raskasmetallipitoisuuksia sekä hintaa. (Pakkanen 2010, 16 ja 22–23.)

Tähän työhön koottujen tietojen pohjalta tehtiin alueen viljelijöille uusi kysely, jolla pyrittiin saamaan tarkempaa tietoa lannoitevalmisteiden kiinnostavuudesta. Kysely toteutettiin Kymenlaakson Jäte Oy:n ja ProAgria Kymenlaakso ry:n yhteistyönä. Kyselyyn liittyvä ennakkokirje lähetettiin 30.9.2010 ja varsinainen kyselykirje 6.10.2010. Nämä kirjeet ovat tässä työssä liitteinä 6 ja 7. Kyselyyn saatiin kuva kuivarae-pelletistä Lakeuden Etapin E.Yli-Rahnastolta (sähköpostiviesti 4.10.2010).

Kysely lähetettiin kaikille Kymenlaakson Jäte Oy:n lähistöllä oleville tiloille, pois lukien kuitenkin luomutilat. Alue määritettiin siten, että etäisyyttä tilalle olisi enintään noin 10 km, ja rajaus tehtiin tilojen postitoimipaikkojen mukaan. Mukaan otettiin näin Kouvolasta Anjala, Inkeroinen, Keltakangas, Myllykoski, Ummeljoki, Sippola sekä Savero. (H. Pakkanen, MMM / ProAgria Kymenlaakso ry, henkilökohtainen tiedonanto 16.11.2010.) Näitä tiloja oli yhteensä 132 kappaletta. Lisäksi kysely lähetettiin pidemmällä olevista tiloista niille yhdeksälle tilalle, jotka olivat alkuvuoden selvityksessä kiinnostuneita käyttämään mädätysjäännöstä lannoitteena. Yhteensä kysely lähetettiin näin 141 tilalle. Kyselylomakkeen kysymykset valittiin siten, että vastaukset antaisivat monipuolisen kuvan mädätysjäännöksen tuotteistusmahdollisuuksista maatalouskäyttöön.

Kyselyyn (liite 7) valittiin lannoitevalmistevaihtoehdoista edellä kuvattujen ominaisuuksien mukaan mädätysjäännös sekä kuivarae. Ravinteiden lisäysmahdollisuutta kuivarakeeseen ei otettu sen epävarmuuden vuoksi esille. Ravinnepitoisuudet sekä muut ominaisuudet kyselyyn otettiin taulukon 26 (luku 8.2.2) sekä luvussa 8.2.3 esitettyjen tietojen mukaan. Ravinteita sekä

muita ominaisuuksia verrattiin kyselyssä kuivalannan ominaisuuksiin. Kuivalannan ominaisuudet otettiin viljavuuspalvelun lantatilastoista (Viljavuuspalvelu 2005b). Tilastoissa ei ollut lannan orgaanisen aineksen tietoa, joten se arvioitiin karkeasti.

Kyselyn luonteen vuoksi oli tarpeellista esittää arvoista vain yhdet lukemat, jottei asiasta olisi tullut vastaajille turhaan sekavaa kuvaa. Kyselyssä käytettiin siksi samoja valintoja tulkintaan sekä olosuhteisiin, jotka oli valittu luvussa 8.2.4 (taulukko 29). Kyselyssä esitettiin näin lannoitteiden raskasmetallipitoisuudet taulukon 21 (luku 6.3.), rahallinen arvo taulukon 26 (luku 8.2.2) sekä käyttömäärät luvussa 8.2.4 esitettyjen ohran käyttömäärien mukaan. Kyselyn käyttökustannusesimerkkiin ei otettu typpitäydennystä keinolannoitteilla, vaan siinä esitettiin pelkkien näiden lannoitteiden käyttökustannukset taulukon 32 (luku 8.2.5) tapaan käyttämällä hintana lannoitteiden rahallista arvoa.

Kyselyn tulokset

Yhteensä kyselyyn vastauksia tuli 25 kappaletta, eli vastausprosentti oli yhteensä noin 18 %. Yksi vastaajista ei ollut enää aktiivisesti viljelemässä, vaan oli vuokrannut pellon muille. Muiden (24 vastaajaa) vastauksista on esitetty koonti taulukossa 33. Näistä vastaajista 18 oli lähialueen jakeluun kuuluneita ja 5 pidemmällä aiemman kiinnostuksensa ilmaisseita. Yksi vastasi kyselyyn nimettömänä. Kun nimetöntä vastausta ei oteta huomioon, lähialueen viljelijöiden vastausprosentti oli 14 % ja pidemmällä sijaitsevien tilojen viljelijöillä vastausprosentti oli 56 %.

Taulukko 33. Koonti viljelijäkyselyn vastauksista luokiteltuna tuotekiinnostuksen mukaan. Esimerkiksi sarakkeen *mädätysjäännös* vastaukset kuvaavat niitä vastaajia (yhteensä 3), jotka vastasivat olevan kiinnostuneita mädätysjäännöksestä lannoitetuotteena. Kysymykset ovat liitteessä 7.

	Mädätys-jäännös	**Kuivarae**	**Ei kumpikaan**	**Kaikki vastaajat yht.[a]**
Vastauksia	3	14	8	24
Keskimääräinen etäisyys Eko-parkista	7 km	11 km	13 km	11 km
Kiinnostavin kuivarae-olomuoto[b]	leca (2), kei-norae (1)	keinorae (10), leca (5), pel-letti (2)	keinorae (5) eos[c] (3),	keinorae (16), leca (6), pelletti (2), eos[c] (3)
Mahdollinen käyttöpinta-ala	70 ha + 1 kpl eos[b]	yht. 490 ha (yht. 11) + 3 kpl eos[b]		530 ha (yht. 12 kpl) + 4 kpl eos[b]
Mahdolliset viljelykasvit	vilja (3), öljy-kasvit (2)	vilja (11), öljykasvit (7), nurmi (6), ruokohelpi (2), palkokasvit (1)		Vilja (13), öljykasvit (8), nurmi (6), ruokohelpi (2), palkokasvit (1)
Lannoitteiden käyttöaika	kevät (3), syk-syy (1)	kevät (11), syksy (4), levitys kasvustolle (2), nurmen pe-rustaminen (1)	*kevät (1)*	kevät (13), syksy (5), levi-tys kasvustolle (2), nur-men perustaminen (1)
Mäd.jään. varas-tointi mahdollis-ta	kyllä (2), ei (1)	ei (9), kyllä (3)	*ei (2)*	ei (10), kyllä (4)
Soveltuvia levi-tyslaitteita	rae+mäd.jään. (1), rae (1), ei (1)	rae (12), ei (2)	rae (3), ei (4)	rae (16), ei (7), mäd.jään (1),
Kiinnostus levi-tysurakointiin	rae+mäd.jään. (1), ei (1)	rae (1), ei (10) eos[c] (1)	ei (3)	ei (13), rae (2), mäd.jään. (1), eos[c] (1)
Mahdollinen hinta	Mäd.jään. 1-10 € (3)	Mäd.jään: 1-10 € (4), 0 € (2) Kuivarae: 10-20 € (9), eos[b] (3), 0 € (1)	*Mäd.jään.: 0 € (5) Kuivarae: 0 € (4), 10-20 € (2)*	Mäd.jään: 1-10 € (5), 0 € (2), 10-20 € (0) Kuivarae: 10-20 € (10), eos[c] (3), 0 € (1), 20-30 € (0)

huom: kysymysriveillä sulkeissa on vastausten määrä kuhunkin vaihtoehtoon. Mädätysjäännös on paikoin lyhennetty muotoon *mäd.jään*. ja kuivarae muotoon *rae*.

[a] yksi vastaaja oli kiinnostunut molemmista tuotteista. Tämän vuoksi kaikki yhteensä sarakkeen tulokset eroavat hieman muiden sarakkeiden summasta. Kursiivilla olevia vastauksia ei ole otettu huomioon yhteensä-sarakkeessa.

[b] kysymyksen vaihtoehdoista keinoraeluokan vaihtoehdoista *keinorae* tarkoittaa keinolannoiterakeen kokoista raetta (n. 4 mm) ja *leca* leca-sorarakeen kokoista raetta (n. 8 mm).

[c] luokkaan *eos* (ei osaa sanoa) on sisällytetty tyhjät vastaukset niistä kohdista joihin vastaajalta olisi oletettu vastausta (esim. kuivarakeesta kiinnostuneiden oletettiin vastaavan kuivarakeen mahdolliseen hintaan).

Kyselyn vastausten tulkinta

Kyselyn vastausten perusteella kuivarae on selvästi mädätysjäännöstä kiinnostavampi tuote. Kuivarakeen olomuodosta kiinnostavin olisi pienikokoisin, eli keinolannoiterakeen kokoinen rae, jota voisi periaatteessa käyttää kylvölannoittimella. Jos oletetaan että levityspinta-

alakysymykseen tyhjää vastanneiden (4 kpl) pinta-ala olisi keskimäärin sama kuin pinta-alan ilmoittaneiden, eli noin 45 ha, tämän kyselyn perusteella kiinnostuneiden viljelijöiden tuotteiden levityspinta-ala olisi yhteensä noin 700 ha. Koska koko Mäkikylän mädätysjäännöksen levittämiseen tarvittaisiin viljelykasveista riippuen peltopinta-alaa suuruusluokaltaan noin 1 000 - 3 000 ha vuodessa (taulukko 31, luku 8.2.4), kyselyssä kiinnostuksensa ilmaisseiden viljelijöiden käyttö vastaisi tarpeesta osuutena noin 20–70 %:ia. Huomattavaa on, että kuivarae kiinnosti viljelijöitä selvästi mädätysjäännöstä enemmän. Toisaalta osa kuivarakeesta kiinnostuneista saattavat olla myös mädätysjäännöksestä kiinnostuneita, sillä kysymyksen asettelun (kyselyn kysymys nro 4, ks. liite 7) myötä viljelijät, jotka ovat todennäköisesti valinneet pääosin vain sen tuotteen, josta ovat enemmän kiinnostuneita. Kuivarakeesta kiinnostuneet olisivat myös valmiita maksamaan siitä 10–20 €/t. Samoin mädätysjäännöksestä kiinnostuneet voisivat maksaa mädätysjäännöksestä 1–10 €/t.

Yhteensä vastanneista 2/3 olivat kiinnostuneita käyttämään jompaakumpaa lannoitetuotetta. Osuus on kuitenkin todennäköisesti suurempi kuin kokonaisuutena alueen viljelijöiden kiinnostuneiden osuus tässä vaiheessa. Kyselyyn vastanneisiin on nimittäin todennäköisesti valikoitunut enemmän niitä, jotka ovat näistä tuotteista kiinnostuneita kuin niitä, joita ne eivät kiinnosta. Suoraa johtopäätöstä siis siitä, että alueen maanviljelijöistä on kyselyn tulosten mukainen osuus kiinnostunut näiden tuotteiden käytöstä, ei voida tehdä. Kokonaisuutena voidaan kuitenkin todeta, että etenkin kuivarae on selvästi viljelijöitä kiinnostava tuote ja on hyvin mahdollista että ainakaan kysynnän puute ei olisi esteenä kuivarakeen tuotteistamisessa.

Sellaisenaan tuotteistetun mädätysjäännöksen kiinnostavuus on kyselyssä esitetyillä tiedoilla selvästi kuivaraetta vähäisempää. Kiinnostuksen lisäksi myös varastointikysymykset saattavat tulla mädätysjäännös-tyyppinimellä tuotteistuksen kannalta ongelmalliseksi. Kyselyn vastausten mukaan varsin harva viljelijä pitää mädätysjäännöksen varastointia tilallaan mahdollisena. Lisäksi mädätysjäännökselle soveltuvaa levityskalustoa ilmoitti omistavansa vain viljelijä. (taulukko 33.)

8.2.7 Tulevaisuudennäkymät

Yhteismädätyslaitoksista saatavien mädätysjäännösten maanviljelykäytön tilanne Suomessa voi lähitulevaisuudessa muuttua melko selvästikin. Keskeiset muutosmahdollisuudet ovat ravinteiden käyttökelpoisuuden arvioinnissa, ravinteiden markkina-arvoissa sekä puhdistamolietteen asettamissa käyttörajoitteissa.

Tällä hetkellä orgaanisten lannoitevalmisteiden sisältämien kasveille käyttökelpoisten ravinteiden arviointi on vaikeaa, koska orgaanisessa muodossa olevien ravinteiden käyttäytymistä on vaikea määrittää suoraan lannoitevalmisteesta. Asiaan on onneksi tulossa uutta tietoa, ja on mahdollista että jatkossa orgaanisia lannoitevalmisteita voidaan arvioida kasvintuotannon kannalta keinolannoitteiden tapaan tarkasti. MTT:llä (2009d) on aiheesta käynnissä *Uudet lannoitevalmisteet*-hanke, jonka osahankkeista kaksi liittyvät tähän ongelmaan: *Lannoitevalmisteiden testipaketti* (Lavitesti) sekä *Orgaanisten lannoitevalmisteiden käyttö Keskisen Itämeren ympäristössä* (CBFERT). Lavitesti-tutkimuksessa pyritään kehittämään uusia orgaanisten lannoitevalmisteiden kasvinravitsemusta mittaavia testausmenetelmiä viranomaiskäyttöön. CBFER-tutkimuksessa puolestaan kehitetään orgaanisten lannoitevalmisteiden ravinteiden arvostamista ja analyysimenetelmiä. Tätä tutkimustyötä tehdään sekä kasvinravitsemustiedon että ympäristönkuormituksen vähentämisen kannalta. (MTT 2009d.) Näiden tutkimusten myötä voidaan hyvin saada uusia ja tarkempia menetelmiä mädätysjäännöksestä valmistettujen lannoitevalmisteiden ravinteiden käyttökelpoisuuden arviointiin sekä myös laskentaan tukiperusteissa. Mikäli näin tapahtuu, mädätysjäännöksen tuotteistamismahdollisuudet maanviljelyyn selkeytyvät.

Lainsäädännön tulkinnassa esimerkiksi nitraattiasetuksen typpirajojen sekä puhdistamolietettä koskevien rajoitusten osalta on muutenkin odotettavissa selvennystä. Esimerkiksi Biojäteenergiatyöryhmän (2010, 7) yksi toimenpide-ehdotus biohajoaviin jätteisiin liittyen on yhdenmukaistaa puhdistamolietteen maatalouskäyttöä, lannoitevalmisteita ja maatalouden ympäristötukiehtoja koskevia säädöksiä. Myös esimerkiksi fosforin käyttökelpoisuuden määrittämi-

nen orgaanisissa lannoitevalmisteista voi olla selvästi pienempi ongelma jo seuraavalla maatalouden tukikaudella (alkaen 2014). Käyttökelpoisen fosforin määrä vaikuttaa olennaisesti käyttömääriin ja siten kustannuksiin, joten näiden lannoitevalmisteiden kysyntä viljelykäyttöön voi muuttua olennaisesti jatkossa. Muutos vaikuttaisi varmasti tapauskohtaisesti eri tavalla. Jos esimerkiksi tässä tapauksessa fosforin arvostus olisi jatkossa pienempi kuin 40 % kokonaisfosforista, tuotteen rahallinen arvo laskisi. Typen osalta orgaanisen lannoitevalmisteen typpeä tultaneen joka tapauksessa arvostamaan jatkossa enemmän kuin pelkän vesiliukoisen typen mukaan. Arvostuksen lisääntyminen on myös typen osalta varmasti tapauskohtaista, ja on vaikea arvioida paljonko se voisi olla tässä tapauksessa.

Keinolannoitteiden markkinahintojen muutokset vaikuttavat ravinteiden rahalliseen arvoon ja sitä kautta kysyntään. On oletettavaa, että pidemmällä tähtäimellä ravinteiden hinnat ovat nousussa, vaikka hetkelliset muutokset voivat olla myös laskevia. Nousevaa suuntausta puoltavat fosforimalmien ehtyminen sekä typen valmistukseen tarvittavan fossiilisen energian hinnan nouseminen. Markkinahinnoista fosforin hinnan muutokset vaikuttavat todennäköisesti mädätysjäännöksestä valmistettujen lannoitevalmisteiden arvoihin typen markkinahintoja enemmän. Esimerkiksi Joona (2010, 85) pitää odotettavana, että eloperäisille lannoitteille muodostuvat Suomessa toimivat markkinat.

Muutoksia puhdistamolietteen käyttörajoituksin voi olla tulossa asiaa koskevien tutkimusten myötä. Kun Biosafe-hankkeesta tulee tuloksia esimerkiksi puhdistamolietteen orgaanisten haitta-aineiden vaikutuksista, on hyvin mahdollista, että rajoitukset joko tiukentuvat tai lieventyvät. Mikäli rajoitukset lieventyvät, on mahdollista, että myös puhdistamolietettä sisältävää rejektivettä voidaan käyttää lannoitevalmisteena. Tuolloin olisi mahdollista saada selvästi suurempi osa näiden raaka-aineiden kasveille käyttökelpoisista ravinteista talteen myös tapauksessa, jossa jäännös separoidaan kuiva- ja nesteosaan. Lisäksi esimerkiksi rejektiveden typen hyödyntäminen kuivarakeen ravinnearvon nostamisessa voisi olla tuolloin mahdollista. Toisaalta, jos puhdistamolietteen käyttörajoitukset tiukentuvat, on mahdollista, että puhdistamolietettä sisältävistä mädätysjäännöksistä ei voi tai kannata enää tehdä maatalouskäyttöön tarkoitettuja tuotteita.

Myös EU-tasolla on tulossa muutoksia puhdistamolietteen käyttöä koskevaan lainsäädäntöön. Puhdistamolietettä koskeva kansallinen valtioneuvoston päätös 282/1994 pohjautuu puhdistamolietedirektiiviin (1986/278/ETY), joka on lähitulevaisuudessa kumoutumassa uudella direktiivillä. Ympäristöministeriön ylitarkastaja A. Seppäsen (henkilökohtainen tiedonanto 20.10.2010) mukaan uuden puhdistamolietedirektiivin valmistelu on pitkään ollut pysähdyksissä, mutta viime aikoina direktiivin valmistelu on taas käynnistynyt ja asiaa koskien on tehty muun muassa taustaselvityksiä. Lisäksi yksi tekijä, joka voi vaikuttaa puhdistamolietettä sisältävien lannoitteiden kysyntään laskevasti, on luomutuotannon osuuden nousu. Luomutuotannossa puhdistamolietettä ei voi käyttää lisälannoitteiden raaka-aineina (ks. luku 4.5.1), joten jos luomutuotannon osuus nousee selvästi, vähenee vastaavasti peltopinta-ala, jolle voidaan käyttää puhdistamolietettä sisältäviä tuotteita.

Keinolannoitteiden tarvetta maatalouteen voidaan vähentää monella eri ravinnekiertojen tehostamistavalla. Merkittäviä mahdollisuuksia on niin puhdistamolietteen, biojätteen sekä lannan ravinteiden hyödyntämisen parantamisessa kuin maaperän fosforivarantojen käyttöönotossa (Joona 2010, 81-83). Näistä kahdella jälkimmäisellä keinolla (lanta, maaperän fosfori) olisi Lemolan ym. (2009, Joonan 2010, 82 mukaan) selvityksen mukaan mahdollista vähentää Suomessa keinolannoitefosforin käyttöä jopa 90 % vuoden 2005 tasosta. Jätevirtojen ravinteilla olisi puolestaan mahdollista korvata keinolannoitteiden käytöstä 15 % vuoden 2005 käyttömäärien mukaan (Antikainen ym. 2005, Joonan 2010, 83 mukaan). Fosforilannoitustarve on vuoden 2005 jälkeen vähentynyt (Joona 2010, 83), joten keinolannoitteiden korvauspotentiaalit lienevät osuutena nykyään vielä suurempia. Ravinnekiertoa tullaan jatkossa todennäköisesti tehostamaan etenkin kustannustehokkaimmilla keinoilla, jolloin vastaavasti muiden tehostuskeinojen käytöt voivat vastaavasti jäädä vähemmälle käytölle. On vaikeaa arvioida, miten kustannustehokasta tässä työssä käsitelty keino, eli puhdistamolietettä ja biojätettä sisältävä yhteismädätyslaitoksen mädätysjäännöksen käyttö on verrattuna muihin tehostamiskeinoihin. Tehostamiskeinojen kustannukset riippuvat myös alueellisista tekijöistä, kuten lannan ravinteiden ylimäärästä.

Yksi puhdistamolietteen sisältämien ravinteiden kierrätystä tehostava keino voisi olla jätevesien puhdistamoprosessien muuttaminen ravinteiden kierrätyksen kannalta tarkoituksenmukai-

semmaksi. Tällä hetkellä jäteveden puhdistuksessa ensisijainen tavoite on poistaa ravinteet jätevesistä, ei niinkään niiden kiertoon saaminen. Esimerkiksi Joona (2010, 84) esittää, että muuttamalla fosforin saostusmenetelmä biologiseksi tai vaihtamalla nykyiset kemikaalit esimerkiksi kipsiin, voitaisiin jätevesien fosforia saada palautettua tehokkaammin takaisin elintarvikkeiden tuotantoon.

8.3 Lannoitevalmiste viherrakentamiseen tai metsälannoitukseen

Tuotteistaminen viherrakentamiseen tai metsälannoitukseen olisi myös todennäköisesti mahdollista. Viherrakentamiseen tuotteistaminen eroaa maanviljelykäytöstä paljolti siinä, että tuolloin olennaista tuotteessa on sen kasvualustaominaisuudet, eivät niinkään sen tuoma lisäarvo (ravinteet ja/tai maanparannus) jo olemassa olevaan kasvualustaan. Tämän vuoksi viherrakentamiseen soveltuvimmat tuotteistusvaihtoehdot olisivat maanparannuskompostin tai kompostimullan valmistaminen. Maanparannuskomposti voisi olla viherrakentamisessa joko kasvualustana sellaisenaan tai yhtenä materiaalina kasvualustaa valmistettaessa. Kompostimulta olisi sellaisenaan valmis kasvualusta. Käyttö viherrakentamiseen olisi mahdollista myös lannoittamistarkoituksessa. Tuolloin soveltuvin tuote olisi kuivarae ja sopivia käyttökohteita voisivat olla lähinnä golf-kenttien tai vastaavien nurmikkoalueiden lannoittaminen. Metsälannoitukseen soveltuisi lannoitevalmisteena ainakin kuivarae Lakeuden Etapin tuotteistuksen tapaan.

8.4 Tuotteistus energiakäyttöön

Energiakäyttöä ajatellen soveltuvin tuotteistustapa olisi kuivaus joko termisellä kuivauksella tai kompostoimalla. Korkeampaan kuiva-ainepitoisuuteen ja näin parempaan lämpöarvoon päästään termisellä kuivauksella. Termistä kuivausta ei välttämättä tarvitsisi jatkaa yhtä pitkälle kuin kuivarae-lannoitevalmistetta valmistettaessa. Mikäli termisesti kuivattua mädätysjäännöstä ei tarvitsisi välivarastoida pidempää aikaa, vaan se voitaisiin kuljettaa suoraan voimalaitoksiin, riittäisi kuiva-ainepitoisuudeksi noin 70–80 %. Toisaalta, jos mädätysjäännös kuivattaisiin lannoitekäytön tapaan 90 % kuiva-ainepitoisuuteen, etuna olisi paremman lämpöarvon

lisäksi myös se, että tuotetta voisi mahdollisesti käyttää sekä lannoitekäyttöön että energiakäyttöön kysynnästä ja saatavasta hinnasta riippuen.

8.4.1 Tuotteen lämpöarvo sekä vastaava rahallinen arvo

Energiakäytössä olennaista on tuotteen lämpöarvo. Termisesti kuivatun mädätysjäännöksen lämpöarvo voidaan laskea yhtälöllä:

$$q_{p,net,ar} = q_{p,DAF} \cdot (1 - A_d) \cdot TS - l \cdot M_{ar} \quad (1)$$

, missä

$q_{p,net,ar}$ on polttoaineen tehollinen lämpöarvo saapumistilassa [MJ/kg]
$q_{p,DAF}$ on kuivan, tuhkattoman aineen tehollinen lämpöarvo [MJ/kg]
A_d on tuhkan osuus kuiva-aineesta (massaosuus)
TS on kuiva-ainepitoisuus (massaosuus)
l on veden höyrystymislämpö [MJ/kg]
M_{ar} on kosteuspitoisuus saapumistilassa (massaosuus)

Huhtamäen (2010) laskelmiin pohjautuen voidaan valita alkuarvot lämpöarvon laskentaan (taulukko 34).

Taulukko 34. Termisesti kuivatun mädätysjäännöksen lämpöarvon laskennassa käytetyt alkuarvot.

Suure	Arvo	Yksikkö	Peruste
Kuivan, tuhkattoman aineen tehollinen lämpöarvo	22	MJ/kg	Huhtamäen (2010b) laskema Kymen Bioenergia Oy:n jäännöksen orgaanisen aineksen lämpöarvo[a]
Tuhkapitoisuus	46	% kuiva-aineesta	Huhtamäen (2010b) laskema Kymen Bioenergia Oy:n jäännöksen tuhkapitoisuus.[a]
Veden höyrystymislämpö	2,44	MJ/kg	Polttoaineen saapumislämpötilassa 25 °C
Kosteuspitoisuus	10	%	Asetettu tulos termisestä kuivauksesta
Kuiva-ainepitoisuus	90	%	Asetettu tulos termisestä kuivauksesta

[a] Huhtamäen laskelmissa epäorgaaninen hiili sekä alkuainehiili sisältyvät tuhkaan (M. Huhtamäki, Juurocon Oy, henkilökohtainen tiedonanto 4.11.2010).

Sijoittamalla taulukon 34 alkuarvot yhtälöön 1, saadaan tulokseksi

$q_{p,net,ar}$ = 10,45 MJ/kg = 10 MJ/kg

Lämpöarvo olisi näin selvästi korkeampi kuin Joensuun tapauksessa, jossa lietepellettiä polttamalla kuivaukseen kulunut energia huomioiden energiatase oli lievästi positiivinen (Holmberg & Liljan 1999). On siis hyvin mahdollista että tässä tapauksessa energiatase olisi selvästi positiivinen kun kuivaukseen kuluva energia otetaan huomioon. Jos pelkkä kaatopaikkakaasun energiamäärä riittää mädätysjäännöksen termisessä kuivauksessa tarvittavaksi lämpöenergiaksi, termisen kuivauksen edellytykset ovat todennäköisesti myös energiakustannusten osalta hyvät. Toisaalta kaatopaikkakaasulle on alueella myös muita hyötykäyttömahdollisuuksia (Karttunen 2007, 126–127), joten terminen kuivaus ei ole ainoa vaihtoehto jotta kaasu saadaan hyödynnettyä.

Termisesti kuivatun mädätysjäännöksen rahallista arvoa energiakäytössä voidaan arvioida muista vastaavan tyyppisistä polttoaineista maksettavaan hintaan. Kattavaa julkista hintaseurantaa voimalaitosluokan polttoaineista tehdään kivihiilen, maakaasun, turpeiden sekä metsähakkeen/murskeen osalta (Tilastokeskus 2010). Näistä polttoaineista termisesti kuivattua mädätysjäännöstä lähinnä vastaavana polttoaineena voidaan pitää jyrsinturvetta, jonka hinta on myös näistä polttoaineista alhaisin. Kesäkuussa 2010 jyrsinturpeesta maksettu keskimääräinen veroton hinta käyttöpaikalla oli 10,39 €/MWh (Tilastokeskus 2010). Aiemmin laskettu lämpöarvo vastaa yksikkömuunnoksella arvoa 2,9 MWh/t. Tällöin tuotteen rahalliseksi arvoksi jyrsinturpeen hinnalla saadaan 30 €/t.

Kun polttoainehinta arvioidaan jyrsinturpeen mukaan, energiasisällön lisäksi hintaan vaikuttavat myös muut, voimalaitoksella polttoaineen käytöstä aiheutuviin kustannuksiin vaikuttavat tekijät. Näitä tekijöitä on koottu taulukkoon 35.

Taulukko 35. Termisesti kuivatun mädätysjäännöksen arvoon voimalaitospolttoaineena vaikuttavia tekijöitä verrattuna jyrsinturpeeseen.

Tekijä	Verrattuna jyrsinturpeeseen	Vaikutus	Kustannukset verrattuna jyrsinturpeen käyttöön.
Tuhkapitoisuus	Selvästi suurempi	Tuhkan määrä, sekä hiukkasten määrä savukaasuissa suuremmat	Korkeammat
Hiililähteen uusiutuvuus	Mädätysjäännöksen hiili uusiutuvaa, turpeen hiili uusiutumatonta	Päästökaupassa päästöoikeuksien ostotarve pienempi	Alhaisemmat
Haitallisten metallien pitoisuudet	Suuremmat	Tuhkan hyötykäyttö/loppusijoitusmahdollisuudet heikommat	Korkeammat

Koska kuivarakeen poltossa on jyrsinturpeeseen verrattuna sekä polttoa halvemmaksi että kalliimmaksi tekeviä tekijöitä (taulukko 35), vaadittaisiin tarkempia laskelmia näiden tekijöiden vaikutuksesta, jotta voidaan arvioida onko pelkän energiasisällön mukaan kuivarakeelle laskettu arvo liian suuri vai liian pieni. On myös mahdollista että jyrsinturpeen energiasisällön mukaan laskettu arvo antaa hyvän suuntaa-antavan arvion termisesti kuivatun mädätysjäännöksen rahallisesta arvosta polttoaineena.

8.4.2 Alueella olevat polttolaitosvaihtoehdot

Myös termisesti kuivatun mädätysjäännöksen polton järkevyyteen vaikuttaa olennaisesti se, kuinka hyvin alueelta löytyy laitoksia tai laitos, jossa kyseistä tuotetta voidaan polttaa. Kymenlaaksossa on yksi jätevoimalaitos sekä kaksi jätettä rinnakkaispolttona käyttävää polttolaitosta (Etelä- ja Länsi-Suomen jätesuunnitteluryhmä 2009, 109). Lisäksi alueella on yksi kevytsoratehdas, jolla on lupa kierrätyspolttoaineen käyttöön kevytsorauunin yhtenä polttoaineena (KAS-2007-Y-175111). Rakenteilla, ympäristölupa- tai YVA-vaiheessa ei ole yhtään jätettä polttavaa laitosta (Etelä- ja Länsi-Suomen jätesuunnitteluryhmä 2009, 109). Jätevoimalaitoksissa vastaanotettavasta jätteestä toimittaja maksaa porttimaksua, joten kuivaus jätevoimalaa varten ei olisi taloudellista. Rinnakkaispolttolaitosten sekä kevytsoratehtaiden tapauksissa sen

sijaan on mahdollista, että polttoaineesta maksetaan toimittajalle, joten näitä vaihtoehtoja voidaan pitää varteenotettavina.

Kymenlaakson rinnakkaispolttolaitoksille tulee etäisyyttä Kymenlaakson Jätteen toimipisteestä n. 35 km tai n. 10 km. Lähempänä sijaitsevan rinnakkaispolttolaitoksen sallituissa jätepolttoaineessa ei ole mädätysjäännökselle soveltuvaa nimekettä (ISY-2007-Y-257, 18). Laitoksen tulisi näin hakea muutosta ympäristölupaan, mikäli se alkaisi polttaa kuivattua mädätysjäännöstä. Lisäksi on mahdollista, että termisesti kuivatun mädätysjäännöksessä on ongelmallisia ominaisuuksia tässä laitoksessa tehtävän polton kannalta. Laitoksen polttoainekriteereissä mainitaan esimerkiksi että klooripitoisuuden tulee olla alle 0,15 %, ja että polttoaine ei saa sisältää biologisia jätteitä tai lyijyä (ISY-2007-Y-257, 13). Nämä kriteerit voivat rajoittaa mädätysjäännöksestä valmistetun kuivarakeen polttoa. Esimerkiksi mädätysjäännöksen klooripitoisuutta voi nostaa sen raaka-aineena olevan keittiöjätteen sisältämä suola. Termisesti kuivattu mädätysjäännös luokitellaan todennäköisesti myös biologiseksi jätteeksi.

Kauempana sijaitsevalla rinnakkaispolttolaitoksella on lupa käyttää kierrätyspuuta 29 000 t/a sekä REF-polttoainetta 13 500 t/a polttoaineenaan. Laitoksen käyttämä REF-polttoaine on pääosin luokkaa REF I, ja luokan REF III jätteitä ei polteta teknisistä syistä. (KAS-2005-Y-493-111, 5–6 ja 18.) Kierrätyspolttoaineiden luokituksissa ongelmalliseksi termisesti kuivatun mädätysjäännöksen osalta voi tulla ainakin typpi sekä elohopea. Typen pitoisuus tulisi olla alle 1,5 % kuiva-aineessa ja elohopean alle 0,2 mg/kg ka, jotta kierrätyspolttoaineen luokkana olisi REF I tai REF II (Ajanko ym. 2005, 45–46). Mäkikylän laitoksen mädätysjäännöksestä valmistetun kuivarakeen typpipitoisuus kuiva-aineessa on arvion mukaan noin 1,9 % (taulukko 25). Elohopeapitoisuus on niin Huhtamäen arvion kuin lannoitelaskemissa käytettyjen iovakka Turun laitoksen jäännöksen pitoisuuksien mukaan yli 0,2 mg/kg ka (taulukko 21).

Kevytsoratehdas sijaitsee n. 30 km etäisyydellä Kymenlaakson Jäte Oy:n toimipisteestä. Sillä on lupa käyttää erilliskerättyä energiajaetta, joka vastaa luokitukseltaan luokkaa REF I. Prosessissa poltosta muodostuva tuhka kierrätetään takaisin prosessiin. (KAS-2007-Y-175-111, 11.) Termisesti kuivatun mädätysjäännöksen poltossa ongelmaksi voi muodostua tässäkin tapauksessa tuotteen mahdollinen luokittelu luokkaa REF I alhaisempiin polttoainesiin.

8.5 Käyttö kaatopaikan hapetuskerroksessa

Kymenlaakson Jäte Oy:n ympäristöluvassa on ehto, jonka mukaan jo kaatopaikan täyttöaikana tulee kerätä kaatopaikka-alueella syntyvä kaatopaikkakaasu. Ennen keräysjärjestelmän valmistumista kaasu tulee käsitellä vuoden 2010 loppuun mennessä esimerkiksi jätetäytönpäälle levitettävällä hapetuskerroksella. (KAS-2009-Y-96-111, 38.) Kaatopaikalla alettiin toukokuussa 2010 käyttää humusmassaa hapetuskerroksena. Kaasumittauksissa kerroksen havaittiin toimivan hyvin, sillä metaania ei mittauksissa havaittu kerroksen pinnalla lainkaan. (Kymenlaakson Jäte 2010c.)

Koska Kymenlaaksossa kaatopaikkajätteen määrä on vähäinen alueen jätevoimalan myötä, jätetäyttö ei kasva lakikorkeuteensa pitkään aikaan. Näin materiaalia hapetuskerrokseen tarvitaan ainakin jonkin aikaa ja kompostoitua mädätysjäännöstä voitaisiin käyttää hapetuskerroksen humusmateriaalina. Kompostointia voisi tehdä joko omassa kompostointilaitoksessa tai mahdollisesti toisen yrittäjän Ekopark-alueella olevassa kompostointilaitoksessa. Tämä hyötykäyttövaihtoehto ei ole kuitenkaan todennäköisesti pitkäaikainen, sillä kun kaasunkeräysjärjestelmä valmistuu, hapetuskerroksen tarve vähenee olennaisesti. Tuotteen arvona voitaisiin tässä vaihtoehdossa pitää sen korvaaman muun kompostituotteen kustannuksia.

8.6 Vaihtoehtojen logistiikkakustannusten sekä tulojen vertailu

Tämän työn tavoitteiden (ks. luku 1.2) mukaan kannattavuudesta on tarpeen selvittää eri tuotteistus- ja hyötykäyttövaihtoehtojen logistiikkakustannuksia sekä tulomahdollisuuksia. Kokonaisarviota vaihtoehtojen kannattavuudesta ei tehdä, sillä tuolloin vertailuun tarvittaisiin arviot kaikista kiinteistä sekä muuttuvista kustannuksista ja tuloista. Luvuissa 8.2.2 ja 8.4.1 on aiemmin arvioitu tulomahdollisuuksia lannoitetuotteiden sekä polttoon käytettävän termisesti kuivatun tuotteen osalta. Logistiikkakustannuksia sekä näitä tuloja voidaan parhaiten vertailla

eri vaihtoehtojen välillä, kun ne lasketaan Mäkikylästä vastaanotettavaa mädätysjäännöstä kohden. Taulukoissa 36 ja 37 kuvataan logistiikkakustannustarkasteluun huomioidut tilanteet. Mukaan otettiin vaihtoehdot, joita tässä työssä on tarkasteltu tarkemmin. Tämän vuoksi mädätysjäännöksen tuotteistamista esimerkiksi viherrakentamiseen ei ole mukana tässä logistiikkakustannusarvioissa.

Taulukko 36. Kustannustarkasteluun otettujen vaihtoehtojen kuvaus ja rajaus kustannuksista, jotka on otettu tarkasteluun mukaan.

	A) Mädätysjäännös - pelto	**B) Hapetuskerros**	**C) Kuivarae - pelto**	**D) Kuivarae[a] - poltto**
Tuotteen käyttötarkoitus	Lannoitevalmiste maanviljelyyn	Materiaali hapetuskerrokseen kaatopaikalla (Ekopark)	Lannoitevalmiste maanviljelyyn	Polttoaine voimalaitoksella
Tarvittava jatkokäsittely	Ei jatkokäsittelyä	Kompostointi (Ekopark)	Terminen kuivaus ja rakeistus (Ekopark)	Terminen kuivaus (ja rakeistus?) (Ekopark)
Asiakkaat	Viljelijät	Ei asiakasta (omaan käyttöön)	Viljelijät	Polttolaitos
Luovutuspaikka asiakkaalle	Mäkikylän biokaasulaitos	Ei asiakasta (omaan käyttöön)	Ekopark	Polttolaitos (10/30/35 km Ekoparkista)

[a] vaikka ei ole selvää tarvitaanko polttoa varten termisen kuivauksen jälkeistä rakeistusta, vaihtoehdon nimessä on kuivarae yksinkertaisuuden vuoksi.

Koska tuotteista kiinnostuneet alueen viljelijät ovat pääosin valmiita maksamaan tuotteista kyytiin lastattuna (taulukko 33, luku 8.2.6; liite 7), voidaan lannoitetuotteiden kuljetuskustannukset laskea viljelijöiden kustannuksiksi.

Taulukko 37. Kustannustarkastelussa huomioidut logistiikkakustannukset eri vaihtoehdoissa. Vaihtoehdot on kuvattu tarkemmin taulukossa 36.

	A) Mädätysjäännös - pelto	**B) Hapetuskerros**	**C) Kuivarae - pelto**	**D) Kuivarae - poltto**
Logistiikkakustannukset ennen luovutusta		Kuljetus Mäkikylä - Ekopark (15 km) Siirto kompostoinnista kaatopaikalle (0,5 km)	Kuljetus Mäkikylä - Ekopark (15 km) Siirto lavalta kuivuriin sekä kuivurista varastoon sekä lavalle	Samat kuin C:ssä sekä: Kuljetus Ekopark - Polttolaitos (25 km)[b]
Asiakkaalle tulevat logistiikkakustannukset	Kuljetus Mäkikylä - viljelijä (15 km)[a]		Kuljetus Mäkikylä - viljelijä (11 km)[a]	Tuhkan siirto loppusijoitukseen (5 km)[c]

[a] etäisyys peltokäyttöön on viljelijäkyselyssä tuotteiden käytöstä kiinnostuneiden tilojen keskimääräinen etäisyys (etäisyydet tiloille mitattu tiekartasta kylän tarkkuudella) [b] etäisyys polttolaitokseen on keskiarvo etäisyyksistä alueen mahdollisiin polttolaitoksiin [c] etäisyys valittu

Logistiikkakustannukset ennen asiakkaalle luovutusta ovat suurimmat polttovaihtoehdossa (taulukko 37). Kun aiemmin esitetyt tulot muunnetaan vertailukelpoisiksi, tulot ovat samoin suurimmat poltossa (taulukko 38). Mädätysjäännöksen lannoitekäytön hieman kuivaraelannoitetta korkeammat tulot johtuvat termisessä kuivauksessa tapahtuvasta pienestä ravinnehäviöstä (liite 4).

Taulukko 38. Tuotteistusvaihtoehtojen tulot euroina Mäkikylästä vastaanotettavaa mädätysjäännöstonnia (t_{MK}) kohden. Vaihtoehdot on kuvattu tarkemmin taulukossa 36. Tuotteen määrä on suhteutettu Mäkikylästä vastaanotettavaan mädätysjäännösmäärään (t_{MK}) taulukon 22 mukaan (luku 7.2).

			Tulot (€/t_{MK})			
	Tuotteen määrä (t/t_{MK})	**Yksikkömyyntihinta (€/t)**	**A) Mädätysjäännös - pelto**	**B) Hapetuskerros**	**C) Kuivarae - pelto**	**D) Kuivarae - poltto**
Mädätysjäännös lannoitteena	1,00	6,3[a]	6,3	-	-	-
Kuivarae lannoitteena	0,33	18[a]	-	-	6,0	-
Kuivarae polttoaineena	0,33	30[b]	-	-	-	10

[a] hintana luvussa 8.2.2 esitetty arvo (taulukko 26), kun typestä huomiodaan vesiliukoinen osuus ja fosforista 40 % kokonaisfosforista.
[b] Arvon laskenta aiemmin luvussa 8.4.1

Kun logistiikkakustannuksia verrataan tuloihin, mädätysjäännöksen viljelykäyttö on selvästi kuivarakeen viljelykäyttöä kannattavampaa (taulukko 39). Kokonaisuutena kannattavin vaihtoehto tällä vertailulla on polttovaihtoehto.

Taulukko 39. Vaihtoehtojen arvioidut logistiikkakustannukset sekä tulot Mäkikylästä vastaanotettavaa mädätysjäännöstonnia kohden [€/t_{MK}]. Kustannukset on eritelty tarkemmin liitteessä 8. Vaihtoehdot on kuvattu tarkemmin taulukossa 36.

	A) Mädätysjäännös - pelto	**B) Hapetuskerros**	**C) Kuivarae - pelto**	**D) Kuivarae - poltto**
Logistiikkakustannukset				
ennen luovutusta	0,00	3,49	4,45	5,73
asiakkaan kustannukset	2,64	0,00	0,70	0,17
Tulot				
yhteensä	6,3	0,00	6,0	10,0
Tulojen ja logistiikkakustannusten erotus				
ilman asiakkaan kustannuksia	6,30	-3,49	1,62	4,27
asiakkaan kustannusten kanssa	3,66	-3,49	0,92	4,10

Asiakkaan maksettavia logistiikkakustannuksia voidaan ajatella tuotteen arvoa vähentävinä tekijöinä. Jos asiakkaan logistiikkakustannukset vähennetään tuloista, polttovaihtoehto on mä-

dätysjäännöksen lannoitekäyttöä kannattavampi. Toisaalta muita tuotteistuskustannuksia ei ole tässä huomioitu, siis joko kompostointia tai termistä kuivausta ja rakeistusta. Jos oletetaan, että kuivarakeen valmistus lannoitteeksi ja polttoon on kustannuksiltaan samaa luokkaa, tässä tarkastelussa käytetyillä tuotteiden hinnoilla kuivarakeen poltto olisi melko selvästi lannoitekäyttöä kannattavampaa.

9 YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Tämän työn keskeinen tavoite oli selvittää Kymenlaakson Jäte Oy:n mahdollisuudet tuotteistaa Kymen Bioenergia Oy:n yhteismädätyslaitoksen mädätysjäännöstä. Tuotteistusmahdollisuuksia arvioitiin pääosin lainsäädännön asettamien vaatimusten, kirjallisuuden sekä vastaavien tuotteiden pohjalta. Tuotteistusvaihtoehdoissa keskityttiin maanviljelykäyttöön ja tuotteita arvioitiin laskennallisten ominaisuuksien pohjalta. Alueen maanviljelijöille tehtiin myös kysely, jossa selvitettiin mädätysjäännöspohjaisten tuotteiden kiinnostavuutta sekä käytännön kysymyksiä.

Yhteismädätyslaitoksen mädätysjäännös voidaan mekaanisen kuivauksen jälkeen pyrkiä tuotteistamaan lannoite- tai polttoainetuotteena. Tuotteen käyttö molemmissa vaihtoehdoissa, eli ensin polttaminen ja sen jälkeen tuhkan hyödyntäminen lannoitteena, on vaikeaa. Tämä johtuu siitä, että esimerkiksi puhdistamolietettä tai biojätettä sisältävälle tuhkalle ei ole olemassa lannoitevalmistelain vaatimaa tyyppinimeä. Lannoitetuote on polttoainetuotetta enemmän kierrätystä edistävä vaihtoehto ja se voidaan suunnata joko maanviljelyyn, metsätalouteen tai viherrakentamiseen. Näistä kohdevaihtoehdoista maanviljelykäyttö on mädätysjäännöksen tuotteistamisen lähtökohta, koska siinä on merkittävin potentiaali ravinteiden kierrätykseen.

9.1 Tuotteistusmahdollisuudet

Pääasialliset mekaanisesti kuivatun mädätysjäännöksen tuotteistamisvaihtoehdot maanviljelykseen ovat joko jäännös sellaisenaan (tyyppinimi mädätysjäännös) tai termisesti kuivattuna

ja rakeistettuna, eli kuivarakeena. Tuotteistaminen olisi mahdollista myös kompostoimalla, mutta siinä haittana olisi tuotteen typpilannoitusarvon väheneminen sekä tuotteen massan kasvaminen lisättävän seosaineen vuoksi. Verrattaessa Kymen Bioenergia Oy:n Mäkikylän yhteiskäsittelylaitoksen mädätysjäännöksen arvioituja typen ja fosforin pitoisuuksia keinolannoitteisiin, sellaisenaan tuotteistetun mädätysjäännöksen rahallinen arvo peltolannoitteena olisi syyskuun 2010 keinolannoitehintojen perusteella noin 1–20 €/t.

Rahallisen arvon suuri vaihteluväli johtuu siitä, että arvoon vaikuttaa olennaisesti se, miten ravinteita huomioidaan kasveille käyttökelpoisiksi. Tällä hetkellä käyttökelpoisin arvon laskentaperuste on ympäristötuen huomioimisperusteet, jolloin puhdistamolietepohjaiseksi laskettuna tuotteista otetaan huomioon typestä vesiliukoinen osuus ja fosforista 40 % kokonaisfosforista. Tällä huomioinnilla mädätysjäännöksen arvo sellaisenaan olisi noin 6 €/t. Tällä huomioimisperusteella valtaosa, eli noin 90 %, arvosta olisi fosforin arvoa. Jos lannoitetuote olisi kuivarae, sen arvon vastaava vaihteluväli olisi noin 2–60 €/t ja käyttökelpoisin arvo noin 18 €/t. Myös kuivarakeella käyttökelpoisimmassa arvossa fosforin osuus olisi noin 90 %. Näiden mädätysjäännöspohjaisten lannoitteiden merkittävin ravinne olisi lannoitteiden arvon perusteella todennäköisesti siis fosfori. Kymenlaakson alueen maataloudessa ei tule merkittävää fosforiylijäämää eläinten lannasta ja alueen peltojen fosforin viljavuusluokka ei ole erityisen korkea. Alueella on siten hyvät mahdollisuudet mädätysjäännöspohjaisten lannoitteiden käytölle.

Kannattavuutta tarkastellessa mädätysjäännöksen myynti olisi näillä hinnoilla todennäköisesti edullisempaa kuin kuivarakeen, koska valmistuskustannukset termisen kuivauksen ja rakeistuksen osalta ovat todennäköisesti varsin korkeat. Mädätysjäännöksen varastointi sekä käyttö tilalla on kuitenkin hankalampaa kuin kuivarakeen, ja tämä seikka vähentää sen kiinnostavuutta kuivarakeeseen verrattuna. Kymenlaakson Jäte Oy:n toimipisteen lähialueiden maanviljelijöille tehdyn kyselyn perusteella kuivarae kiinnostaa lannoitetuotteena selvästi mädätysjäännöstä enemmän. Kiinnostus kuivarakeen osalta on varsin runsasta, joten on hyvin mahdollista, että sille löytyisi riittävästi kiinnostuneita käyttäjiä, jotka olisivat valmiita maksamaan tuotteesta. Kuivarakeen rahallista arvoa voisi kasvattaa lisäämällä tuotteeseen liukoista typpeä. Liukoisen typen lisääminen olisi todennäköisesti teknisesti mahdollista esimerkiksi siten, että

Mäkikylän yhteismädätyslaitoksen yhteyteen perustettaisiin ammoniakin strippauslaitos, josta saatua typpinestettä kuljetettaisiin Ekoparkin rakeistuslaitokseen ja lisättäisiin kuivattuun massaan ennen rakeistusta. Ammoniakin strippaus rejektivedestä olisi kuitenkin hyvin kallista ja on epävarmaa, kuinka hyvin lannoitearvon nosto kattaisi näitä kustannuksia.

Mädätysjäännöspohjaisten lannoitteiden rahallisen arvon sekä tuotteiden sopivan käyttömäärän arviointia vaikeuttaa se, että tuotteiden sisältämien ravinteiden arviointi kasveille käyttökelpoisiksi on selvästi vaikeampaa kuin keinolannoitteiden. Lannoitevalmistelainsäädännön mukaan tuotteista tulee määrittää typestä ja fosforista sekä vesiliukoiset määrät että kokonaispitoisuudet. Kumpikaan näistä pitoisuuksista ei kuvaa suoraan tämäntyyppisistä orgaanisista lannoitevalmisteista kasveille käyttökelpoisiksi tulevia ravinnemääriä. Tämä seikka vaikeuttaa olennaisesti tuotteiden lannoitearvon arviointia. Typen vesiliukoinen osuus kuvastaa kuitenkin nopeasti kasveille käyttökelpoisen typen määrää. Myös maatalouden ympäristötuen ehdoissa mädätysjäännöspohjaisista tuotteista otetaan lannoitukseen huomioon vesiliukoinen typpi. Vesiliukoisen typen osuus mädätysjäännöksen kuivaosasta valmistettujen lannoitevalmisteiden osalta on alle kymmenen prosentin luokkaa kokonaistypestä, etenkin jos pääraaka-aineina on biojätettä ja / tai puhdistamolietettä. Tämän vuoksi valtaosa tuotteiden kokonaistypestä jää huomioimatta. Valtaosa lopusta typestä on orgaanisiin yhdisteisiin sitoutunutta typpeä, josta osa muuntuu maaperässä mikrobitoiminnan myötä kasveille käyttökelpoiseen muotoon. On vaikeaa arvioida, kuinka suuri hyöty tästä ylimääräistä typestä on kasvien kasvulle ajan mittaan. On kuitenkin mahdollista, että säännöllisellä, useampivuotisella käytöllä myös tämä orgaaninen typpi on lannoituksen kannalta arvokasta. Orgaanisen typen arvo on hyvin mahdollinen etenkin kasvukauden loppupuolella, jolloin maan mikrobit ovat toimineet kevään kylmyyden jälkeen jo jonkin aikaa. Jos kasvukauden loppupuolella viljelymaassa on orgaanisesta typestä mineralisoitunutta typpeä, joissakin tapauksissa (esim. vehnän viljelyssä) tarvittava keinolannoitetypen lisäys kasvukauden aikana voidaan välttää.

Fosforia tarkastellessa vesiliukoisen fosforin osuus on näissä tuotteissa marginaalisen pieni ja se juurikaan kuvaa kasveille käyttökelpoista fosforia. Toisaalta etenkin puhdistamolietettä sisältävässä mädätysjäännöksessä iso osa kokonaisfosforista on hyvin vaikeasti kasveille käyttökelpoista puhdistusprosessissa käytettävien fosforin saostuskemikaalien vuoksi. Tällä hetkel-

lä ympäristötuen ehtojen mukaan puhdistamolietepohjaisen mädätysjäännöksen kokonaisfosforista lasketaan 40 % mukaan kasveille käyttökelpoiseksi fosforiksi, mutta todellista kasveille käyttökelpoiseksi muuntautuvaa fosforin osuutta on vaikea arvioida suoraan kokonaisfosforista. Parhaillaan on käynnissä tutkimuksia, joilla pyritään helpottamaan orgaanisten lannoitevalmisteiden sisältämien typen ja fosforin kasveille käyttökelpoisuuden määrittämistä. Tutkimustuloksia saataessa tilanne tulee toivottavasti selkeytymään. Tilanteen tämänhetkistä epäselvyyttä kuvastaa tässä arvioitujen lannoitevalmisteiden ravinteiden rahallisen arvon suuret vaihteluvälit, jotka johtuvat eri ravinteiden huomioimistavoista.

Mädätysjäännöksen polttaminen on periaatteessa järkevää vain, jos tuotetta ei saada muuhun hyötykäyttöön. Polton tarkoituksenmukaisuutta ketjussa vähentää se, että mädätysprosessin syötteet olisi todennäköisesti järkevämpää kuivata ja polttaa, ilman että mädätys olisi kuivausta ja polttoa edeltävä välivaihe. Poltto voi olla mahdollista joko termisen kuivauksen tai kompostoinnin jälkeen, kun kompostointia käytetään nimenomaan tuotteen kuivaustarkoitusta varten (ns. biokuivaus). Näistä vaihtoehdoista terminen kuivaus on todennäköisesti käyttökelpoisempi, koska menetelmällä saadaan tuotteelle parempi lämpöarvo. Kymenlaaksossa potentiaalisia polttolaitoksia ovat kaksi rinnakkaispolttolaitosta ja yksi kevytsoratehdas, jonka uunissa käytetään kierrätyspolttoaineita. Tuotteen soveltuvuus näihin laitoksiin tulisi kuitenkin varmistaa erikseen. Ongelmia tuotteen soveltuvuuteen voi aiheuttaa ainakin tuotteen polttoaineena korkeat typpi- ja elohopeapitoisuudet.

Energiahyödyntämisestä tässä työssä arvioitiin termisesti kuivatun mädätysjäännöksen arvoa polttoaineena. Arvion mukaan termisesti kuivaamalla Mäkikylän laitoksen mädätysjäännökselle saa hyvän lämpöarvon, eli noin 10 MJ/kg saapumistilassa. Mikäli tuotteen rahallinen arvo vastaisi energiasisältöön suhteutettuna jyrsinturvetta, arvo olisi noin 30 €/t. Kun tätä arvoa verrataan kuivarakeen lannoitekäytön todennäköisimpään arvoon, eli 18 €/t, termisesti kuivatun mädätysjäännöksen energiakäytöstä saatavat tulot olisivat selvästi korkeammat. Valmistuskustannukset olisivat kuivarae-lannoitteen valmistukseen nähden todennäköisesti samaa luokkaa tai mahdollisesti alemmat, jos rakeistusta ei tarvittaisi. Polttovaihtoehdossa kuljetuskustannuksia tulisi myös tuotteen kuljetuksesta polttolaitokseen. Kuivarakeen lannoitekäytössä kuljetuskustannukset voidaan olettaa käyttäjän, eli viljelijän kustannuksiksi. Kun nämä kulje-

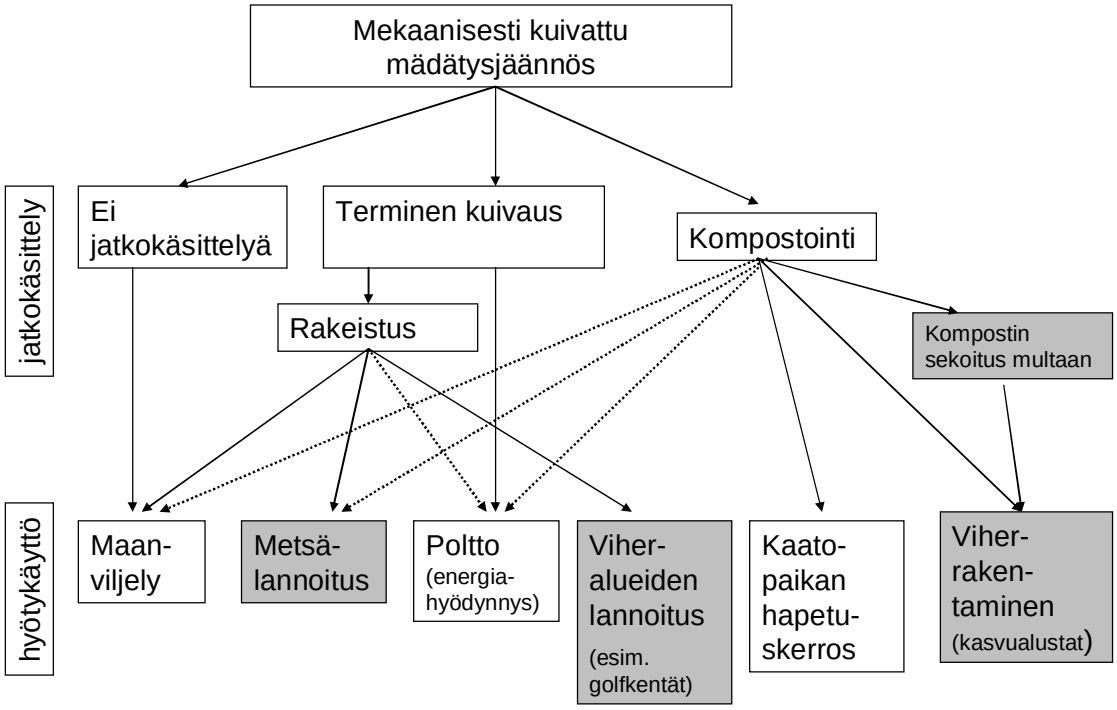
tuskustannukset otetaan huomioon (noin luokkaa 2-5 €/t), polton kannattavuus olisi silti näillä rahallisilla arvoilla taloudellisesti kannattavampaa kuin kuivarakeen valmistus lannoituskäyttöön. Toisaalta polttovaihtoehdon käytännön mahdollisuudet ovat epävarmoja ja lasketuissa rahallisissa arvoissa on melko paljon epävarmuuksia. Keskeinen epävarmuus energiakäytölle lasketulle arvolle on siinä, kuinka turpeen arvoa voi rinnastaa tämän tuotteen arvoon. Lannoitekäytössä puolestaan keskeiset epävarmuudet liittyvät ravinteiden huomioimisperusteisiin.

Muita tuotteistusmahdollisuuksia, joista tässä työssä ei arvioitu tuotteiden arvoa sekä alueellista kysyntää, ovat kuivarae viheralueiden tai metsän lannoitukseen sekä kompostituotteet viherrakentamisen kasvualustakäyttöön. Viheralueita, joissa kuivarae voisi olla lannoitteena, ovat erilaiset nurmikot, kuten golfkentät. Kasvualustakäyttöä varten mädätysjäännös tulisi kompostoida maanparannuskompostiksi kelpaavaksi. Kompostituotetta voisi myös jatkojalostaa sekoittamalla siihen muita aineksia ja myymällä tuotetta kompostimulta-tyyppinimellä.

Väliaikainen hyötykäyttökohde Mäkikylän laitoksen mädätysjäännökselle voisi olla käyttö Kymenlaakson Jäte Oy:n kaatopaikan hapetuskerroksena. Jäännös tulisi sitä varten kompostoida maanparannuskompostiksi luokiteltavaksi, jotta tuote toimisi hyvin metaanin hapettamisessa sekä hajujen vähentämisessä. Koska tuolloin tuotteesta ei saisi tuloja, kannattavuutta voisi verrata korvatun humustuotteen hinnan sekä kompostointikustannusten mukaan.

9.2 Jatkojalostusvaihtoehdot

Tuotteistamismahdollisuuksia voidaan tarkastella myös ennen tuotteistusta olevien vaihtoehtojen, eli jatkojalostusvaihtoehtojen mukaan. Jatkojalostusvaihtoehtoina ovat mädätysjäännöksen terminen kuivaus tai kompostointi. Kuvassa 4 on havainnollistettu eri jatkokäsittelyjen jälkeisiä hyötykäyttövaihtoehtoja.



Kuva 4. Arvio mädätysjäännöksen mahdollisista tuotteistus- ja hyötykäyttövaihtoehdoista Kymenlaaksossa. Katkoviivalla on vaihtoehdot, joiden tarkoituksenmukaisuus on epävarmaa. Harmaalla taustalla ovat vaihtoehdot, joita ei tässä työssä tarkasteltu kuin pintapuolisesti.

Sekä termisen kuivauksen että kompostoinnin jälkeen mädätysjäännöksen tuotteistamiseen ja hyötykäyttöön on useita eri mahdollisuuksia (kuva 4). Termisesti kuivatulla mädätysjäännöksellä on tuotteistamismahdollisuuksia hieman laajemmin kuin kompostoidulla. Kompostoimalla tuotteistamisen lähtökohtana voi pitää lähinnä viherrakentamista. Termisen kuivauksessa voi olla järkevää pyrkiä lopputuotteen osalta sellaiseen olomuotoon, jossa tuote voidaan käyttää kysynnän mukaan joustavasti joko lannoitteena eri kohteissa tai polttoaineena polttolaitoksissa. Toisaalta on epävarmaa, tarvitaanko rakeistusta polttovaihtoehtoa varten. Matriisipuristimella tehtävästä pelletistä on tietoa sen soveltuvuudesta sekä maanviljely- että metsälannoituskäyttöön, ja ainakin suunnitelmatasolla myös polttoon. Pienemmän, granuloimalla tehtävän rakeen käyttömahdollisuudet eri kohteisiin tulisi selvittää. Tässä työssä lasketut tuotteiden rahalliset arvot sekä logistiikkakustannukset ovat vain osa tekijöistä, joita tarvitaan mahdolliseen mädätysjäännöksen jatkojalostukseen liittyvään investointipäätökseen. Muita tekijöitä, joita tässä työssä ei arvioitu, ovat ainakin jatkojalostuksen investointi- ja käyttökustannukset sekä eri tuotteistusvaihtoehtojen ympäristövaikutukset.

9.3 Jatkoselvitystarpeet

Jatkojalostusvaihtoehtojen kustannusten sekä eri tuotteistusvaihtoehtojen ympäristövaikutusten lisäksi mädätysjäännöksen tuotteistamismahdollisuuksiin Kymenlaaksossa liittyy joitakin käytännön edellytyksiin liittyviä kysymyksiä, joihin ei tämän työn puitteissa saatu vastauksia. Taulukkoon 40 on koottu näitä kysymyksiä. Mukana on myös edellä mainittu granuloimalla valmistettavan kuivarakeen käyttömahdollisuuksien selvittäminen.

Taulukko 40. Mädätysjäännöksen kuivajakeen tuotteistamiseen liittyviä käytännön mahdollisuuksien lisäselvitystarpeita Kymenlaaksossa. Näiden lisäksi on tarpeen selvittää ainakin vaihtoehtojen kustannuksia sekä ympäristövaikutuksia.

Tuotteistusvaihtoehto	Selvitettävä asia	Yhteistyötahot
Mädätysjäännös sellaisenaan peltolannoitteeksi	Varastointimahdollisuudet	Alueen tuotteesta kiinnostuneet maanviljelijät
	Kompostoinnin tarve	Alueen tuotteesta kiinnostuneet maanviljelijät
Kuivarae peltolannoitteeksi	Rakeistuksen lopputuotteen koko ja olomuoto	Laitetoimittajat (tekniset mahdollisuudet) Alueen lannoitusurakoitsijat (levitysmahdollisuudet) Alueen tuotteesta kiinnostuneet maanviljelijät
	Rejektiveden ammoniumtypen tai keinolannoitetypen (esim. urea) lisäys rakeeseen (mahdollisuudet, kannattavuus)	Kymen Bioenergia Oy / Kouvolan Vesi (rejektivesi) Laitetoimittajat (tekniset mahdollisuudet) Alueen tuotteesta kiinnostuneet maanviljelijät
Termisesti kuivattu mädätysjäännös polttoon	Tuotteen soveltuvuus alueen polttolaitoksiin	Alueen polttolaitokset
	Rakeistuksen tarve ja tekniikka	Alueen polttolaitokset Kuljetusurakoisijat Laitetoimittajat
Kuivarae viheralueiden lannoitteeksi	Alueellinen kiinnostavuus	Alueen viherrakentajat (kunnat jne.)
Kuivarae metsälannoitteeksi	Alueellinen kiinnostavuus	Alueen metsätalousyhtiöt
Kaikki vaihtoehdot joissa tarvitaan termistä kuivausta	Alueen kaatopaikkakaasun soveltuvuus ja riittävyys mädätysjäännöksen termiseen kuivaukseen	Laitetoimittajat (kuivaukseen tarvittava energiamäärä) Lappeenrannan teknillinen yliopisto (soveltuvuus, laskelmat)
Kompostituotteet viherrakentamiseen	Alueellinen kiinnostavuus	Alueen viherrakentajat (kunnat jne.)
Kompostituote polttoon	Tuotteen lämpöarvo	Laitostoimittajat
	Tuotteen soveltuvuus alueen polttolaitoksiin	Alueen polttolaitokset

LÄHTEET

Ajanko, S., Moilanen, A. & Juvonen, J. 2005. Jätteiden syntypaikkalajittelujärjestelmän ja käsittelytekniikan vaikutus kierrätyspolttoaineen laatuun. VTT tiedotteita 2317. Espoo: VTT.

Al Seadi, T. 2002. Good practice in quality management of AD residues from biogas production. IEA Energy. Task 24. Energy from Biological Conversion of Organic Waste. [Verkkodokumentti] [Viitattu 6.8.2010]. Saatavana pdf-tiedostona http://web.sdu.dk/bio/pdf/manage.pdf

Biojäte-energiatyöryhmä. 2010. Biohajoavista jätteistä enemmän energiaa – Biojäte-energiatyöryhmän raportti. Ympäristöministeriön raportteja 3/2010. Helsinki: Ympäristöministeriö, Ympäristönsuojeluosasto.

Biovakka Suomi. 2010a. Biovakka Humusvoima. Espoo: Biovakka Suomi Oy. [Verkkodokumentti] [Viitattu 14.8.2010]. Saatavana: http://www.biovakka.fi/Humusvoima

Biovakka Suomi. 2010b. Moniravinne. Espoo: Biovakka Suomi Oy. [Verkkodokumentti] [Viitattu 30.9.2010] Saatavana: http://www.biovakka.fi/moniravinne

Braun, R. 2010. Country Report Austria. Esityskalvot seminaarissa Workshop «Digestate and biogas utilisation», Kööpenhamina toukokuu 2010. IEA Bioenergy Task 37. [Verkkodokumentti] [Viitattu 30.8.2010]. Saatavana pdf-tiedostona: http://www.iea-biogas.net/Dokumente/countryreports/10/kopenhagen5-10/austria.pdf

Cordell, D. 2010. The Story of Phosphorus – Sustainability implications of global phosphorus scarcity for food security. PhD-thesis. Linköping Studies in Arts and Science No. 509. Department of Water and Environmental Studies. Linköping: Linköping University.

CTS Entec. 2010. Prosessikaavio. Kymen Bioenergia Oy, Mäkikylän biokaasulaitos. 14.4.2010. [ei-julkinen] [saatu Kari Martikaiselta sähköpostin liitteenä 1.6.2010]

Deublein, D. & Steinhauser, A. 2008. Biogas from Waste and Renewable resources. Weinheim: Wiley- VCH Vertrag GmbH & Co..

Ecolan. Ecolan® BIO-2000. [Verkkodokumentti] [Ei päivitystietoa] [Viitattu 27.8.2010] Saatavana: http://www.ecolan.fi/tuotteet/orgaaniset/bio-2000

Einola, J. 2010. Biotic oxidation of methane on landfills in boreal climatic conditions. Jyväskylä studies on biological and environmental science 208. Jyväskylä: University of Jyväskylä.

Envor Biotech. Biokaasulaitos. [Verkkodokumentti] [Ei päivitystietoa] [Viitattu 22.11.2010]. Saatavana: http://www.envor.fi/DowebEasyCMS/?Page=Biokaasulaitos

Etelä- ja Länsi-Suomen jätesuunnitteluryhmä. 2009. Etelä- ja Länsi-Suomen jätesuunnitelma vuoteen 2020. Toimittajat Sirje Sten & Ulla Mauno. Suomen ympäristö 43/2009. Tampere: Pirkanmaan ympäristökeskus.

Euroopan yhteisöjen komissio. 2006. Maaperän suojelua koskeva teemakohtainen strategia. Komission tiedonanto neuvostolle, Euroopan parlamentille, Euroopan talous- ja sosiaalikomitelle sekä alueiden komitealle. KOM(2006) 231 lopullinen. ETA:n kannalta merkityksellinen teksti. Suomenkielinen versio. Bryssel: Euroopan yhteisöjen komissio. [Verkkodokumentti] [Viitattu 27.8.2010]. Saatavana pdf-tiedostona: http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2006:0231:FIN:FI:PDF

ESAVI/278/04.08/2010. Ympäristölupapäätös. Nro 66/2010/2. Annettu julkipanon jälkeen 22.10.2010. Etelä-Suomen Aluehallintovirasto.

Eskola, T. 2007. Yhdyskuntalietteiden käsittelyn nykytila ja käsittelyn jatkosuunnitelmat Etelä-Kymenlaaksossa. Esitelmäkalvot jätevesilieteseminaarissa 21.3.2007, Espoo. 8saatavana pdf-tiedostona] [Viitattu 8.11.2010]. Saatavana: http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=65039&lan=FI

Europa. 2008. Muut kuin ihmisravinnoksi tarkoitetut eläimistä saatavat sivutuotteet. Tiivistelmät EU:n lainsäädännöstä. [Verkkodokumentti]. [Päivitetty 27.8.2008]. [Viitattu 25.8.2010] Saatavana: http://europa.eu/legislation_summaries/food_safety/specific_themes/f81001_fi.htm

Evira. 2010a. Luonnonmukaisen tuotannon ohjeet 1 – Yleiset ohjeet ja kasvintuotanto. Eviran ohje 18219/3. Käyttöönotto 1.1.2010. [Viitattu 30.8.2010] Saatavana: http://www.evira.fi/portal/fi/kasvintuotanto_ja_rehut/luomu/luomuvalvonnan_ohjeet_ja_m___r__ykset/)

Evira. 2010b. Luonnonmukaiseen tuotantoon soveltuvat lannoitteet ja maanparannusaineet. [Verkkodokumentti] [Päivitetty 18.5.2010] [Viitattu 30.8.2010]. Saatavana pdf-tiedostona: http://www.evira.fi/attachments/kasvintuotanto_ja_rehut/luomu/luomu_ohjeita/100518lannoitteet.pdf

Evira. 2010c. Lannoitevalmistelain tai sivutuoteasetuksen mukaista laitoshyväksyntää Eviralta hakeneet laitokset. [Päivitetty 18.8.2010] [Viitattu 26.8.2010]. verkko-dokumentti, Saatavana pdf-tiedostona: http://www.evira.fi/portal/fi/kasvintuotanto_ja_rehut/lannoitevalmisteet/laitoshyvaksynta/

Evira. 2010d. Biokaasu- tai kompostointilaitokset. Eläimistä saatavien sivutuotteiden käsittely. [Verkkodokumentti] [Viitattu 30.8.2010] Saatavana: http://www.evira.fi/portal/fi/asiakokonaisuudet/elainperaiset_sivutuotteet/biokaasu-_ja_kompostointilaitokset/

Evira. 2010e. Lannoitevalmisteita koskeva keskeinen lainsäädäntö. [Verkkodokumentti] [Viitattu 18.8.2010] [Päivitetty 2.7.2010]
Saatavana:
http://www.evira.fi/portal/fi/kasvintuotanto_ja_rehut/lannoitevalmisteet/lainsaadanto/

Evira.2010f. Laitoshyväksyntä. [Verkkodokumentti] [Viitattu 1.10.2010] [Päivitetty 30.9.2010]
Saatavana:
http://www.evira.fi/portal/fi/kasvit/viljely_ja_tuotanto/lannoitevalmisteet/valmistus/laitoshyvaksynta/

Evira.2010g. Biokaasu- ja kompostointilaitokset. [Verkkodokumentti] [Viitattu 28.10.2010] [Päivitetty 30.9.2010] Saatavana:
http://www.evira.fi/portal/fi/evira/asiakokonaisuudet/elaimista_saatavat_sivutuotteet/biokaasutus_ja_kompostointi/

Evira.2010h. Orgaanisia lannoitevalmisteita valmistavat hyväksytyt laitokset Suomessa. [Verkkodokumentti] [Päivitetty 17.9.2010]. [Viitattu 28.10.2010]. Saatavana:
http://www.evira.fi/files/attachments/fi/kasvit/lannoitevalmisteet/raportit/hyvaksytyt_laitokset_lannvalm.pdf

Evira. 2010i. Lannoitevalmisteiden markkinoille saattaminen. [Verkkodokumentti] [Päivitetty 30.9.2010]. [Viitattu 9.11.2010]. Saatavana:
http://www.evira.fi/portal/fi/kasvit/viljely_ja_tuotanto/lannoitevalmisteet/valmistus/

Evira. 2010j. Evira julkaissut rehujen ja lannoitevalmisteiden valvontanäytteiden alkuvuoden 2010 analyysitulokset. Uutinen 8.11.2010. [Verkkodokumentti] [Päivitetty 8.11.2010] [Viitattu 10.11.2010]. Saatavana: http://www.evira.fi/portal/fi/kasvit/ajankohtaista/?bid=2258

FCG Planeko. 2008. Kymenlaakson Jäte Oy. Jätekeskuksen kehittämisen ympäristövaikutusten arviointi. Arviointiselostus. [Verkkodokumentti] [Viitattu 7.9.2010]. Saatavana pdf-tiedostona: http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=92104&lan=fi

Finnlund, M., Idström, L. & Salmenperä, H. 2010. Etelä- ja Länsi-Suomen jätesuunnittelu. Taustaraportti. Biohajoavat jätteet. Uudenmaan ympäristökeskuksen raportteja 11/2009. Helsinki 2010: Uudenmaan ympäristökeskus. [Verkkodokumentti] [Viitattu 30.8.2010] Saatavana PDF-tiedostona: http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=114553&lan=fi

Gustafsson, M. & Stoor, R. 2008. Biokaasun hyödyntämisen käsikirja – jätteestä energiaksi ja polttoaineeksi. 2. painos. Turku: PBI—Research Institute for Project–Based Industry. 2008.

Hakala, J. 2008. Biolietteestä raetta Vehmaalla. [Verkkodokumentti] [Käytännön maamies 9/2008 -lehdessä olleen artikkelin verkkoversio]. [Luotu 25.7.2008] [Viitattu 11.11.2010]. Saatavana: http://www.kaytannonmaamies.fi/arkisto/km-908/biolietteesta-raetta-vehmaalla

Heikkinen 2010. Biokaasun raaka-aineet. 30.6.2010 Lahdessa Biokaasu workshop – tilaisuudessa jaetut luentokalvot.

Holmberg, T. & Lilja, R. 1999. Lietteen termisen kuivauksen ja pelletoinnin kannattavuus. Vesitalous 40. vsk (3/1999) s. 34-36.

HSY. 2010a. Biokaasusta energiaksi. [Verkkodokumentti] [Päivitetty 2.8.2010] [Viitattu 18.8.2010] Saatavana: http://www.hsy.fi/vesi/ymparisto/biokaasua/Sivut/default.aspx

HSY. 2010b. Lietteestä ekomultaa. [Verkkodokumentti] [Päivitetty 2.8.2010] [Viitattu 18.8.2010] Saatavana: http://www.hsy.fi/vesi/ymparisto/ekomultaa/Sivut/default.aspx

HSY. 2010c. Tuoteseloste. Metsäpirtin Maanparannuskomposti. 1.9.2010. [saatu HSY veden ympäristöpäällikkö Y.Lundströmiltä sähköpostin liitteenä 13.9.2010]

Huhtamäki, M. 2010a. Lohkokaavio Esan työ. Juurocon Oy. [powerpoint-tiedosto] [lohkokaavio Kymen Bioenergian biokaasulaitoksesta]. [saatu M.Huhtamäeltä sähköpostiviestin liitteenä 22.10.2010]

Huhtamäki, M. 2010b. Lietteen laatuarvio. Juurocon Oy. [excel-tiedosto] [ei-julkinen laskelma Mäkikylän laitoksen mädätysjäännöksen ominaisuuksista] [saatu K.Martikaiselta 13.7.2010]

Huhtinen, K. Lilja, R. Sokka, L. Salmenperä, H & Runsten S. 2007. Valtakunnallinen jätesuunnitelma vuoteen 2016 – Taustaraportti. Suomen ympäristö 16/2007. Helsinki: Suomen ympäristökeskus.

Hämeen ympäristökeskus. 2009. Ympäristölupapäätös (epävirallinen). Dnro HAM-2008-Y-126-111. Annettu 3.3.2009 [Verkkodokumentti] [Viitattu 10.11.2010]. Saatavana: http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=99563&lan=sv

International Fertilizer Industry Association. 2007. Sustainable Management of the Nitrogen Cycle in Agriculture and Mitigation of Reactive Nitrogen Side Effects. Pariisi 2007: International Fertilizer Industry Association (IFA). Saatavana myös pdf-dokumenttina [Viitattu 24.8.2010]: http://www.fertilizer.org/ifa/Home-Page/LIBRARY/Publication-database.html/Sustainable-Management-of-the-Nitrogen-Cycle-in-Agriculture-and-Mitigation-of-Reactive-Nitrogen-Side-Effects.html

Isotalo, M. 2009. Ravinnetuotteiden valmistus biokaasuprosessia hyödyntämällä. Biovakka Suomi Oy. Luentokalvot biolaitosseminaaripäivillä 25.11.2009. [Verkkodokumentti] [Viitattu 27.8.2010]. Saatavissa pdf-tiedostona: http://www.biolaitosyhdistys.fi/6

ISY-2007-Y-257. 2007. Ympäristölupapäätös. Annettu julkipanon jälkeen 8.4.2008. Itä-Suomen ympäristölupavirasto.

Joona, J. 2008. Kompostit ovat ravinteikkaita maanparannusaineita. Käytännön Maamies 58:4. S.28–32.

Joona, J. 2010. Jätebiomassoista kierrätyslannoitteita – Kompostoinnin ja biokaasuprosessin vertailu kierrätyslannoitteiden valmistuksessa. Pro gradu -tutkielma. Helsingin yliopisto, Maataloustieteiden laitos. Helsinki.

Jätelaitosyhdistys. Kierrätyspolttoaineet. [Verkkodokumentti] [ei päivitystietoa]. [Viitattu 8.11.2010]. Saatavana: http://www.jly.fi/energia22.php?treeviewid=tree3&nodeid=22

Jyväskylän yliopiston ympäristöntutkimuskeskus. 2010. Biohajoavan materiaalin käsittelyn laajennus- ja kehittämishanke Forssan Kiimassuolla. Ympäristövaikutusten arviointiohjelma. [verkkodokumentti] [Viitattu 30.9.2010]. Saatavana pdf-tiedostona: http://www.ely-keskus.fi/fi/ELYkeskukset/HameenELY/Ymparistonsuojelu/YVA/ Vireill%C3%A4/Documents/Arviointiohjelma_biohajoavan_materiaalin_kasittelyn_laajennus-_ja_kehittamishanke_Forssan_Kiimassuolla.pdf

Kaakkois-Suomen ELY-keskus. 2010. Jokapäivänen Luomumme! [Verkkodokumentti] [luotu 19.10.2010] [Viitattu 27.10.2010]. Saatavana pdf-tiedostona: http://www.ely-kes-kus.fi/fi/ELYkeskukset/KaakkoisSuomenELY/Ajankohtaista/Tiedotteet/Documents/Luomuviikon%20juttusarja%20radioonKY.pdf

KAS-2005-Y-493-111. 2006. Ympäristölupapäätös nro A 1095. Annettu julkipanon jälkeen 12.9.2006. Kaakkois-Suomen ympäristökeskus.

KAS-2007-Y-175-111. 2008. Ympäristölupapäätös nro A 1132. Annettu julkipanon jälkeen 16.12.2008. Kaakkois-Suomen ympäristökeskus.

KAS-2007-Y-228-111. 2008. Ympäristölupapäätös nro A 1049. Annettu julkipanon jälkeen 29.5.2008. Kaakkois-Suomen ympäristökeskus.

KAS-2009-Y-96-111. 2009. Ympäristölupapäätös Nro A 1097. Annettu julkipanon jälkeen 25.11.2009. Kaakkois-Suomen ympäristökeskus.

Kaakkois-Suomen ympäristökeskus 2004. Jätevesilietteiden kompostointilaitokselle ympäristölupa Anjalankosken Ekopark-alueelle. [Verkkodokumentti] [Päivitetty 21.6.2004] [Viitattu 10.11.2010]. Saatavana: http://www.environment.fi/default.asp?contentid=84744&lan=FI

Kangas, A. 2009. Rejektivesien käsittelyn tekniset vaihtoehdot ja haasteet – Biokaasun tuotannon paras käyttökelpoinen tekniikka (BAT). Luentokalvot. [Verkkodokumentti] [Viitattu 10.11.2010]. Saatavissa: http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=100382&lan=fi

Kapuinen, P. 2008. Biojätepohjaisten lannoitteiden ja maanparannusaineiden käyttömahdollisuudet uusimpien tutkimustulosten valossa. Luontokalvot Kasvinravinteita maanparannusaineista -seminaarissa, Jokioinen 26.11.2008. [verkkodokumentti] [Viitattu 30.8.2010] Saatava-

na pdf-tiedostona:
http://kotisivukone.fi/files/biolaitosyhdistys.palvelee.fi/tiedostot/kapuinen.pdf

Kapuinen, P. 2009. Lietteen hyötykäyttö maataloudessa – hyödyntämätön mahdollisuus. Ympäristö ja Terveys. Vol. 40: 3. S.58-64.

Kapuinen, P., Salo, T. & Ylivainio, K. 2010. Orgaanisten lannoitevalmisteiden ravinteiden analysointimenetelmät suhteessa ympäristötuen ehtoihin ja ympäristölainsäädäntöön. Posteri Maataloustieteen päivillä 2010. [Verkkodokumentti] [Viitattu 1.10.2010]. Saatavana: http://www.smts.fi/jul2010/poste2010/173.pdf

Karttunen, E. 2004. Vesihuolto II. Helsinki: Suomen rakennusinsinöörien liitto RIL r.y.

Karttunen, P. 2007. Kaatopaikkakaasun hyötykäyttömahdollisuudet Anjalankosken Ekoparkissa. Diplomityö. Lappeenrannan teknillinen yliopisto, teknillinen tiedekunta, ympäristötekniikan koulutusohjelma, Lappeenranta.

KCL Kymen Laboratorio. 2010a. Tutkimustodistus 2010-1318. Mädätysjäännöstutkimus. 16.7.2010. Kouvola: KCL Kymen laboratorio Oy.

KCL Kymen Laboratorio. 2010b. Tutkimustodistus 2010-2190. 27.10.2010. Kouvola: KCL Kymen Laboratorio Oy.

Keskitalo, P. & Kettunen, R. 2007. Jätevesilietteiden ravinteiden kierrätyksen strategiasta. Vesitalous. Vol. 48: 1. S. 14–17.

Kettunen, E. 2002. Lietteen terminen kuivaus Joensuussa. Vesitalous. Vol. 43: 2. S.18–20.

Kouvolan Vesi. 2010. LIETEKVL. [excel-tiedosto Mäkikylän jätevedenpuhdistamon lietteen arvoista] [saatu Veikko Nyyssöseltä / Kouvolan vesi, sähköpostin liitteenä 4.10.2010]

Kuittinen, V. & Huttunen, M.J. 2009. Suomen biokaasulaitosrekisteri n:o 12. Tiedot vuodelta 2008. Joensuun yliopisto, Ekologian tutkimusinstituutin raportteja n:o 5. Joensuu 2009: Joensuun yliopisto.

Kuittinen, V., Huttunen, M.J. & Leinonen, S. 2010. Suomen biokaasulaitosrekisteri n:o 13. Tiedot vuodelta 2009. Publications of the University of Eastern Finland. Reports and Studies in Forestry and Natural Sciences No 3. Joensuu 2010: University of Eastern Finland, Faculty of Science and Forestry, Department of Biology.

Kouvolan kaupungin elinkeinostrategia. 2009. Metsä-, energia- ja ympäristöklusterin työryhmän kalvot 19.8.2009. Kouvola. [Saatu powerpont-tiedostona Kari Martikaiselta sähköpostin liitteenä 3.6.2009]

Kymenlaakson Jäte. 2010a. Vuosikertomus 2009. Kouvola 2010: Kymenlaakson Jäte. [Verkkodokumentti] [Viitattu 7.9.2010]. Saatavana pdf-tiedostona: http://www.kymenlaaksonjate.fi/ > yhtiö > vuosikertomus

Kymenlaakson Jäte. 2010b. Liite 8a ympäristölupahakemukseen 31.5.2010. Hakemuksen diaarinumero ESAVI/514/04.08/2010.

Kymenlaakson Jäte. 2010c. Kymenlaakson Jäte Oy käyttää kaatopaikalla hapetuskerrosta. [www-dokumentti] [luotu 24.6.2010] [Viitattu 4.11.2010]. Saatavana: http://jatehuolto.jalusta.com/fi/jatehuolto/ajankohtaista/body0=35179

Käytännön Maamies. 2010. Orgaaniset lannoitteet / ravinnelisät / maanparannusaineet. [Verkkodokumentti] [laadittu keväällä 2010] [Viitattu 27.8.2010] Saatavana: http://www.kaytannonmaamies.fi/ladattavat-tiedostot/ladattavat-tiedostot

Lakeuden Etappi. 2010a. Vuosikertomus 2009. Ilmajoki: Lakeuden Etappi.

Lakeuden Etappi. 2010b. Biokaasulaitoksen tuottama maanparannusrae on EVIRA:n hyväksymä ja MTT:n tutkima tuote. [Verkkodokumentti] [Päivitetty 15.9.2010] [Viitattu 17.9.2010] Saatavana: http://www.lakeudenetappi.fi/?page=lue_uutinen&id=66

Latvala M. 2009. Paras käytettävissä oleva tekniikka (BAT) – Biokaasun tuotanto suomalaisessa toimintaympäristössä. Suomen ympäristö 24/2009. Helsinki: Suomen ympäristökeskus.

Lehtinen, P. 2001. Metsäteollisuuden lietteiden bioterminen kuivaus. Diplomityö. Lappeenrannan teknillinen yliopisto, energiatekniikan osasto.

Lehto, P. 2010. Biokaasulaitoksen rejektivesien vaikutus jätevedenpuhdistamon toimintaan ja rejektiveden esikäsittelyn tarpeellisuus. Diplomityö. Lappeenrannan teknillinen yliopisto, teknillinen tiedekunta, ympäristötekniikan koulutusohjelma.

Lehto, T. 2009. Yhteiskäsittelylaitoksen toteutus ja sijoituspaikan valinta. Luentokalvot seminaarissa Biokaasun tuotannon paras käyttökelpoinen tekniikka (BAT), Suomen ympäristökeskus 26.3.2009. [verkkodokumetti] [Viitattu 10.11.2010]. Saatavana: http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=100387&lan=fi

Lehto, T. & Ekholm, E. 2001. Suomalaisten kompostointilaitosten toimivuus ja tehostaminen. 1. väliraportti. Osa A. Jaakko Pöyry Infra, Maa ja Vesi Oy. Helsinki.

Lehtonen, K., Tontti, T. & Kuisma, M. 2003. Biojäte- ja lietekompostien käyttömahdollisuudet kasvintuotannossa. Maa- ja elintarviketalous 28. Jokioinen: MTT.

Lehtomäki, A., Paavola, T., Luostarinen, S., Rintala, J. 2007. Biokaasusta energiaa maatalouteen – raaka-aineet, teknologiat ja lopputuotteet. Jyväskylän yliopiston bio- ja ympäristötieteiden laitoksen tiedonantoja 85.

Lilja, R., Matilainen, A. & Holmberg, T. 1998. Pelletoidun jätevesilietteen hyötykäytön edellytykset. Raportti. Vesihuolto 2001 -ohjelma. Helsinki: Tekes.

Lindsberg. E. & Vilpas, R. 2009. Etelä- ja Länsi-Suomen jätesuunnittelu. Taustaraportti. Yhdyskunta- ja haja-asutuslietteet. Länsi-Suomen ympäristökeskuksen raportteja 04/09. Vaasa: Länsi-Suomen ympäristökeskus. [Verkkojulkaisu] [Julkaisusisältö päivitetty 30.11.2009] [Viitattu 30.8.2010] Saatavana pdf-tiedostona: http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=108205&lan=fi

Lohiniva, E., Mäkinen, T. & Sipilä, K. 2001. Lietteiden käsittely – uudet ja käytössä olevat tekniikat. VTT Tiedotteita 2081. Espoo: Valtion teknillinen tutkimuskeskus.

Luostarinen, S. 2009. Biokaasulaitosten toiminta: reaktori- ja laitostyypit, kaasun talteenotto, biokaasutuotannon tehostaminen. Luontokalvot biokaasukoulutuksessa 2.6.2009, Lahti, Evira.

Maatalouden ympäristötuen sitoumusehdot 2010. 2010. Helsinki: Maaseutuvirasto. [Verkkodokumentti] [Viitattu 30.8.2010] [Päivitetty 24.3.2010]. Saatavana PDF-tiedostona: http://www.mavi.fi/fi/index/viljelijatuet/oppaatjaohjeet/ymparistotuenjaluonnonhaittakorvauksensitoumusehdot/ymparistotuensitoumusehdot.html

Maaseutuvirasto 2009. Opas ympäristötuen ehtojen mukaiseen lannoitukseen 2007 – 2013. Oppaan käsikirjoitus: P.Nummela & M.Tuononen. Maaseutuviraston julkaisusarja: Hakuoppaita ja ohjeita. Helsinki: Maaseutuvirasto.

Maaseutuvirasto. 2010. Täydentävät ehdot. Viljelytapa ja ympäristöehdot. Uusittu painos 2010. Maaseutuviraston julkaisusarja: Hakuoppaita ja ohjeita. Helsinki: Maaseutuvirasto.

Markkinakatsaus. 2010. Maa- ja metsätaloustuottajain Keskusliitto katsaus 3867 vko 38. Maaseudun tulevaisuus 20.9.2010, 12.

Matilda. 2010a. Käytössä oleva maatalousmaa – Käytössä oleva maatalousmaa, ennakkotieto 23.7.2010. [Verkkodokumentti] [Julkaistu 23.7.2010]. [Viitattu 20.10.2010] Saatavana: http://www.maataloustilastot.fi/k%C3%A4yt%C3%B6ss%C3%A4-oleva-maatalousmaa-ennkkotieto-2372010_fi

Metcalf & Eddy. 2003. Wastewater engineering, treatment and reuse. 4. painos. Korjannut G.Tchobanoglous, F.L.Burton & H.D.Stensel. New York: McGraw-Hill.

Metsäpirtin multa. 2010. Tuoteselosteet. [Verkkodokumentti] [Päivitetty 1.1.2010] [Viitattu 18.8.2010]. Saatavana: http://www.metsapirtinmulta.fi/tuoteselosteet.html

Mikola, A. Puhakka, E-L. & Rautiainen, J. 2007. Kalkkistabiloinnin toinen näytös? Vesitalous. Vol 48:3. S. 22–26.

MMM. 2004. Horisontaalisen maaseudun kehittämisohjelman väliarviointi – Manner-Suomi. MMM:n julkaisuja 1/2004.

MMM. 2008. Manner-Suomen maaseudun kehittämisohjelma 2007–2013. Hyväksytty 10.8.2006, muutettu 14.04.2008. [Verkkodokumentti] [Viitattu 17.11.2010]. Saatavana: https://portal.mtt.fi/portal/page/portal/www/Hankkeet/Ruukki/InnoNauta/Manner-Suomen_maaseudun_kehittamisohjelma__140408_FI.pdf

MTT. 2009a. Hankkeen tiedot – Biokaasuprosessin materiaalivirtojen tuotteistaminen, BIO-VIRTA. Jokioinen: MTT. [Verkkodokumentti] [Päivitetty 2009] [Viitattu 4.8.2010]. Saatavana: https://portal.mtt.fi/portal/page/portal/mtt/mtt/tutkimus/hankehaku/Hankkeentiedot?p_kielikoodi=FI&p_hanke_seqno=290535

MTT. 2009b. Hankkeen tiedot – Turvallisia lannoitevalmisteita biokaasulaitoksista, BIOSA-FE. Jokioinen: MTT. [Verkkodokumentti] [Päivitetty 2009] [Viitattu 9.8.2010]. Saatavana: https://portal.mtt.fi/portal/page/portal/mtt/mtt/tutkimus/hankehaku/Hankkeentiedot?p_kielikoodi=FI&p_hanke_seqno=378886&p_kysely_seqno=28423

MTT. 2009c. Typpi- ja valkuaisomavaraisuuden lisääminen palkokasveja hyödyntämällä. [Verkkodokumentti] [Päivitetty 2009] [Viitattu 22.10.2010]. Saatavana: https://portal.mtt.fi/portal/page/portal/mtt/kestavatuotanto/fossiilisestauusiutuvaan/monipalko

MTT. 2009d. Hankkeen tiedot. Uudet lannoitevalmisteet. ULAVI. [Verkkodokumentti] [Päivitetty 2009] [Viitattu 22.10.2010]. Saatavana: https://portal.mtt.fi/portal/page/portal/mtt/mtt/tutkimus/hankehaku/Hankkeentiedot?p_kielikoodi=FI&p_hanke_seqno=352307

MTT. 2010. MTT_P-optimointimalli_150110_Excel2003.xls. [Excel-tiedosto]. Ladattavissa osoitteesta: http://www.ymparisto.fi/default.asp?node=22463&lan=fi [Ladattu 2.9.2010]

Myllymaa, T., Moliis, K., Tohka, A., Rantanen, P., Ollikainen, M. & Dahlbo. H. 2008. Jätteiden kierrätyksen ja polton käsittelyketjujen ympäristökuormitus ja kustannukset. Inventaarioraportti. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 28/2008. Helsinki 2008: Suomen ympäristökeskus.

Mäntylahti, V. 2003. Suomen peltojen viljavuus 1986 - 1990, 1991 - 1995, 1996 - 2000. Mikkeli: Viljavuuspalvelu.

Mäntylä, E. 2009. Seminaariesityskalvot seminaarissa ”Biohajoavista jätteistä valmistettujen maanparannusaineiden merkitys”, 25.11.2009, Jokioinen. Biolaitosyhdistys. [verkkodokumentti] [Viitattu 30.8.2010]. Saatavana pdf-tiedostona: http://www.biolaitosyhdistys.fi/6

Niemi, T. 2007. Lietteillä kukoistamaan. Vesitalous. Vol 48:1. S. 58.

Niemi, T. 2009. Uusiolannoitteen teho hakusessa. Uusiouutiset. Vol 21:1. S. 18–19.

Niemi, T. 2010. Laatulietettä Ruotsin malliin. Uusiouutiset. Vol 22:4. S. 11–12.

Nurmi, V. 2010. Puhdistamolietteet hyötykäyttöön. Uusiouutiset. Vol 22:4. S.20–23.

Orava, H. Kuopanportti, H. & Tontti, T. 2006. Pelletizing waste compost and Fly ash mixture to produce fertilizing material. Teoksessa P. Massacci, G. Bonifazi and S. Serranti (toim.). The 5th international conference for conveying and handling of particulate solids, Hilton hotel, Sorrento, Italy, 27.-31.8.2006. [s. 1-7]. [Verkkodokementti] [Viitattu 18.8.2010]. Saatavana pdf-tiedostona: http://www.esavo-energia.fi/wp-content/uploads/2009/05/pelletizing-waste-compost-and-fly-ash-mixture-to-produce-fertilizing-material.pdf

Paatero, J. Lehtokari, M. & Kemppainen, E. 1984. Kompostointi. Porvoo-Helsinki-Juva: WSOY.

Paavola, T. 2010. Biokaasulaitoksen lopputuotteet peltokäytössä. Esityskalvot viljelijäillassa 12.1.2010 Vambio, Vampula. [Verkkodokumentti] [Viitattu 24.8.2010]: Saatavana PDF-tiedostona: http://www.vambio.fi/DowebEasyCMS/Sivusto/Dokumentit/MTT%20Paavola_VamBio%20120110.pdf

Paavola, T., Luostarinen, S. & Rintala, J. 2009. Processing biogas plant digestates into value-added products – BIOVIRTA. Teoksessa BioRefine Programme 2007–2012. Yearbook 2009. s.221–225. Tekes Review 264/2009. Helsinki 2009: Tekes.

Pakkanen, H. 2010. Selvitys Kymen Bioenergia Oy:n ja viljelijöiden yhteistyömahdollisuuksista. Kouvola: ProAgria Kymenlaakso ry. [Ei-julkinen selvitys] [Saatu Kari Martikaiselta sähköpostin liitteenä 1.6.2010]

Palva, R., Ala-Suutari, S. & Harmoinen, T. (toim.) 2009. Lannan käsittely ja käyttö. Tieto tuottamaan 128. ProAgria Keskusten liiton julkaisuja nro 1073. Helsinki: ProAgria keskusten liitto.

Peltonen, J. & Harmoinen, T. (toim.) 2009. Ravinteet kasvintuotannossa. ProAgria Keskusten Liiton julkaisuja nro 1071. Helsinki: ProAgria Keskusten Liitto.

Penttinen-Källroos, J. 2009. Stormossenin maanparannuskomposti. Seminaariesityskalvot biolaitosyhdistyksen seminaarissa ”Biohajoavista jätteistä valmistettujen maanparannusaineiden merkitys”, 25.11.2009, Jokioinen. [Verkkodokumentti] [Viitattu 27.8.2010] Saatavana PDF-tiedostona: http://kotisivukone.fi/files/biolaitosyhdistys.palvelee.fi/tiedostot/penttinen-kllroos.pdf

Peura, P. 2004. Energiaomavaraisuuden kehittäminen maaseudulla: Selvitys Kurjennevan biokaasulaitokseen liittyen. Julkaisematon moniste. Vaasan yliopisto.

Pipatti, R. Hänninen, K. Vesterinen, R. Wihersaari, M. & Savolainen, I. 1996. Jätteidenkäsittelyvaihtoehtojen vaikutus kasvihuonekaasupäästöihin. VTT Julkaisuja 811. Espoo: VTT.

Pitkän aikavälin ilmasto- ja energiastrategia. 2008. Valtioneuvoston selonteko eduskunnalle 6. päivänä marraskuuta 2008. [Verkkodokumentti] [Viitattu 30.8.2010] Saatavana pdf-tiedostona: http://www.tem.fi/files/20585/Selontekoehdotus_311008.pdf

Priha, O., Kapanen, A. & Maunuksela, L. 2009. Tutkimustietoa lietekompostien hyötykäytöstä. Uusiouutiset. Vol 21:3-4. S. 20–21.

Puolanne, J. 2002. Mitä tehdä puhdistamolietteille. Vesitalous. Vol 43:2. S. 6–9.

Rajala, J. 2004. Luonnonmukainen maatalous. Julkaisuja 80. Mikkeli: Helsingin yliopiston maaseudun tutkimus- ja koulutuskeskus.

Rantanen, P., Kangas, A. & Valve, M. 2008. Lietteen loppusijoitus - esiselvitys. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 1/2008. Helsinki 2008: Suomen ympäristökeskus. [Verkkojulkaisu] [Viitattu 7.9.2010] Saatavissa pdf-tiedostona: http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=268440&lan=fi

Saarinen, E. 2010. Ravinteet pelloille, ei kaatopaikoille. Uusiouutiset. Vol 22:4. S. 7–10.

Satakierto. Biokaasulaitos. [Verkkodokumentti] [Ei päivitystietoa] [Viitattu 24.8.2010]. Saatavana http://www.satakierto.com/Default.aspx?id=6

Satakierto. 2007. Biokaasulaitoksen ympäristövaikutusten arviointiohjelma, Hallavaaran jätekeskus, Köyliö. Köyliö: Satakierto Oy.

Satakierto. 2009. Tuoteseloste 18.3.2009. [pdf-tiedosto] [Saatu henkilökohtaisella sähköpostilla Eerik Yrjölältä 18.8.2010].

SFS 5875. 2000. Jätteen jalostaminen kiinteäksi polttoaineeksi. Laadunvalvontajärjestelmä. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto.

Siebert, S. 2009. The Role of Biodegradable Waste Management in Europe. Biolaitospäivien kalvot: 25.11.2009 Jokioinen. [Verkkodokumentti] [Viitattu 26.8.2010] Saatavana: http://kotisivukone.fi/files/biolaitosyhdistys.palvelee.fi/tiedostot/siebert.pdf

Sirviö, J. (toim.) 2009. Viheralueiden kasvualustat. Viherympäristöliiton julkaisu 31. 2. painos. Helsinki 2009: Viherympäristöliitto.

Stormossen. 2010a. Vuosikertomus 2009. Koivulahti: Stormossen Oy. [Verkkodokumentti] [Viitattu 26.8.2010] Saatavana PDF-tiedostona: http://www.stormossen.fi/contentlibrary/stormossen2009_screen.pdf

Stormossen. 2010b. Stormossen 2010. Koivulahti: Stormossen Oy. [Asiakaslehden verkkoversio] [Viitattu 26.8.2010] Saatavana PDF-tiedostona: http://www.stormossen.fi/contentlibrary/stormossen_2010_screen.pdf

Stormossen. 2010c. 6.8.2010 Mullan myynti! [Verkkouutinen Stormossen Oy:n www-sivujen etusivulla]. [Päivitetty 6.8.2010] [Viitattu 1.9.2010]. saatavana: www.stormossen.fi

Tamminen, A., Seppänen, H. & Komulainen, M. (toim.) 1999. Laatuviljan tuotanto. Tieto tuottamaan 80. Maaseutukeskusten liitto.

Tiainen, R. (toim.). 2005. Maatilatalouden teknologia. Opetushallitus.

Tike. 2010. Maatilarekisterin tilastoraportit. Tike. Maa- ja metsätalousministeriön tietopalvelukeskus. [verkkosivusto] [Viitattu 16.9.2010]. Saatavana: http://www.matilda.fi/servlet/page?_pageid=568,570,193&_dad=portal30&_schema=PORTAL30

Tontti, T. & Mäkelä-Kurtto, R. 1999. Biojätekompostit kasvintuotannossa. Kirjallisuuskatsaus. Maatalouden tutkimuskeskuksen julkaisuja. Sarja A 64. Jokioinen: Maatalouden tutkimuskeskus.

Tontti, T. Kangas, A. & Högnäsbacka, M. 2010. Yhdyskuntajätteen ravinteet pellolla ja viheralueella - mädätepohjaiset lannoitevalmisteet käytännön kokeissa vuosina 2008–2009. MTT Raportti 10. Jokioinen: MTT. [Verkkodokumentti] [Viitattu 12.10.2010]. Saatavana PDF-tiedostona: http://www.mtt.fi/mttraportti/pdf/mttraportti10.pdf

Tuloslaari. 2010. Viljavuustilastot. [verkkosivusto]. [Viitattu 19.10.2010]. Saatavissa: http://www.tuloslaari.fi/index.php?id=41

Tuppurainen, M. 2009. Ravinteiden ja uusiutuvan energian tuottaminen biokaasulaitoksella – Biovirta-hanke. Esityskalvot Biomassan jalostus – bisnesmahdollisuus myös pk-yrityksille -seminaarissa, Jyväskylä 3.12.2009. [Verkkodokumentti] [Viitattu 30.8.2010]. Saatavana PDF-tiedostona: http://akseli.tekes.fi/opencms/opencms/OhjelmaPortaali/ohjelmat/BioRefine/fi/Dokumenttiarkisto/Viestinta_ja_aktivointi/Seminaarit/PK-yritysten_aktivointi_2009/3_BioRefine_esitys_Watrec_Oy.pdf

Työ- ja elinkeinoministeriö. 2009. Energiatukia biokaasu- ja metsäpolttoainehankkeille. Tiedote 13.7.2009. [Verkkodokumentti] [Viitattu 30.8.2010]. Saatavana: http://www.tem.fi/index.phtml?98603_m=96070&s=3804

UUS-2008-Y-53-111-2009. 2009. Ympäristölupapäätös. Annettu julkipanon jälkeen 12.5.2009. Helsinki: Uudenmaan ympäristökeskus.

Valtakunnallinen jätesuunnitelma. 2008. Valtakunnallinen jätesuunnitelma vuoteen 2016 - Kohti kierrätysyhteiskuntaa. 2008. Suomen ympäristö 32. Helsinki 2008: Ympäristöministeriö, Ympäristönsuojeluosasto.

Vambio. 2010a. Laitoksen ylösajo käynnistyi! [verkkouutinen 16.3.2010 Vambion www-sivuilla] [Viitattu 30.8.2010] Saatavana: http://www.vambio.fi/DowebEasyCMS/?Page=NaytaUutinen&NewsId=43

Vambio. 2010b. Tuotteet. Lannoitevalmistetuotanto. [Verkkodokumentti Vambion www-sivuilla] [ei päivitystietoa] [Viitattu 24.8.2010]. Saatavana: http://www.vambio.fi/DowebEasyCMS/?Page=Lannoitevalmistetuotanto

Vapo. Komposti soveltuu hyvin myös kaatopaikkojen maisemointiin [Verkkodokumentti Vapon www-sivuilla] [Viitattu 27.8.2010] [ei päivitystietoa]. Saatavana: http://www.vapo.fi/fin/kunta_ja_yritysasiakkaat/viherrakentaminen/kompostituotteet/kaatopaikkarakenteisiin/?id=210

Vesilind, P.A. (toim.). 2003. Wastewater treatment plant design. USA: Water environment federation.

Viljavuuspalvelu. 2005a. Analyysitulosten tulkinta. [Verkkodokumentti] [luotu 21.6.2005] [Viitattu 19.10.2010]. Saatavana: http://www.viljavuuspalvelu.fi/user_files/files/viljavuustutkimukset/vihannes_hedelma_marja/analyysitulostentulkinta.pdf

Viljavuuspalvelu. 2005b. Lantatilastot. [Verkkodokumentti] [Viitattu 29.9.2010] Saatavana: http://www.viljavuuspalvelu.fi/index.php?id=146

Vihersaari, V. (toim.) 2004. Opas puhdistamolietteen maanviljelykäytöstä. Turku: Varsinais-Suomen Agendatoimisto. Varsinais-Suomen agenda 21 1/2004.

Viherympäristöliitto. 2009. Viherympäristöliiton suositukset kasvualustaohjearvoiksi (2009). [Verkkodokumentti] [Viitattu 27.8.2010]. Saatavana PDF-tiedostona: http://data.vyl.fi/files/resourcesmodule/@random49244cfc96edf/1258565162_Kasvualustaarvot.pdf

Vuorinen, A. 2009. Biohajoavista jätteistä valmistettuihin maanparannusaineisiin liittyvä lainsäädäntö. Esityskalvot Biolaitospäiville 25.11.2009. 13 s. [verkkodokumentti] [Viitattu 30.8.2010]. Saatavana pdf-tiedostona: http://www.biolaitosyhdistys.fi/6

Watrec. 2007. Biokaasulaitoksen rakennushanke ’Vambio’. Ympäristövaikutusten arviointiselostus. Forssa: Watrec.

Watrec. 2010. Vambio. [Verkkodokumentti Vambion www-sivuilla] [Viitattu 30.8.2010]. Saatavana: http://www.vambio.fi/DowebEasyCMS/Sivusto/Kuvat/Kuvat/prosessikaavio2010.jpg

Ympäristöministeriö. 2001. Nitraattidirektiivin toimeenpanoa koskevan valtioneuvoston

asetuksen nro 931/2000 selvennyksiä. [Verkkodokumentti] [luotu 3.4.2001] [Viitattu 10.10.2010]. Saatavana pdf-tiedostona: http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=72609.

Ympäristöministeriö. 2004. Kansallinen strategia biohajoavan jätteen kaatopaikkakäsittelyn vähentämisestä. [Viitattu 7.9.2010]. Saatavana pdf-tiedostona: http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=27158

Ympäristöministeriö. 2008. Maatalouden ympäristötuki. [Päivitetty 11.8.2008]. Saatavana: http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=108271. [Viitattu 20.10.2010]

Ympäristöyritysten liitto. Hyötykäyttö ja ja lopputuotteet. [Verkkodokumentti] [ei päivitystietoa] [Viitattu 13.9.2010]. Saatavana: http://www.ymparistoyritykset.fi/hytykyttjalopput-5

LIITE 1. Lähtötiedot sekä laskenta esimerkkiin typen ja fosforin jakautumisesta mekaanisessa kuivauksessa neste- ja kuivajakeeseen.

Taulukko 1. Typen ja fosforin jakautuminen mekaanisessa kuivauksessa neste- ja kuivajakeeseen.

	Lähtötiedot (Isotalo 2009,8)			**Vastaavat osuudet (laskettu)**		
	Kokonaismäärä [t]	**Typpi [t]**	**Fosfori [t]**	**Osuus raaka-aineista**	**Osuus kokonaistypestä**	**Osuus kokonaisfosforista**
Biokaasutuksen raaka-aineet[a]	100 000	607	144	100 %	100 %	100 %
Kuivajae	17 000	161,5	93,5	17 %	27 %	65 %
Nestejae	73 000	445,3	50,4	73 %	73 %	35 %

[a] raaka-aineista 10 000 t muuntuu biokaasuksi.

LIITE 2. Esimerkkejä mekaanisesti kuivattujen mädätysjäännösten ravinnepitoisuuksista

Taulukko 1. Kolmen mekaanisesti kuivatun mädätysjäännöksen ravinnepitoisuudet tuoteselosteiden mukaan (Biovakka 2010; Satakierto 2009).

Biokaasuprosessin raaka-aineet	**Biovakka, Vehmaa[a] Tuotantoeläinten lanta, teollisuuden biohajoavat sivutuotteet**	**Satakierto[b] Puhdistamoliete, elintarviketeollisuuden lietteet, rasvalietteet ja erilliskerätty biojäte.**	**Biovakka, Turku[a] Yhdyskuntaliete**
Kuiva-ainepitoisuus	31,8 %	36 %	25,9 %
Typpi (N), kokonais	0,89 %		1,06 %
kuiva-aineessa	28 g/ kg ka	23 g/kg ka	41 g/kg ka
Typpi (N), vesiliukoinen	0,31 %		0,008 %
kuiva-aineessa	9,74 g/kg ka	2,5 g/kg ka	3,14 g/kg ka
Fosfori (P), kokonais	0,6 %		0,8 %
kuiva-aineessa	19 g/kg ka	20 g/kg ka	31 g/kg ka
Fosfori (P), vesiliukoinen	0,02 %		0,0 %
kuiva-aineessa	0,7 g/kg ka	0,057 g/kg ka	0,13 g/kg ka
Kalium (K), kokonais	0,16 %		0,08 %
kuiva-aineessa	5 g/kg ka	1,7 g/kg ka	2,9 g/kg ka

[a]Biovakan mädätysjäännökset on tuotteistettu tyyppinimellä ”mädätysjäännös” (Biovakka Suomi 2010a). Tuon tyyppinimen mädätysjäännös voi olla joko ilman jatkokäsittelyjä tai mekaanisesti kuivattuna (MMMa 19/09). Kuiva-ainepitoisuuksien perusteella (26 - 32 %) ne ovat jo mekaanisesti kuivattuja, sillä molemmissa laitoksissa on märkäprosessi.

[b]Satakierron tuolloinen jäännös oli tyyppinimeltään ”maanparannusmädäte”, eli se on mekaanisen kuivauksen jälkeen vielä stabiloitu (MMMa 12/07, liite I). Myös Satakierron esimerkki kuvaa kuitenkin kuiva-ainepitoisuuden (36 %) vuoksi melko hyvin pelkästään mekaanisesti kuivattua jäännöstä

LIITE 3. Lannoitevalmisteita koskevat rajat taudinaiheuttajille ja epäpuhtauksille

Rajat asetuksesta MMMa 12/07 (liite IV muutosasetuksineen).

Taulukko 1. Taudinaiheuttajien/indikaattorien enimmäismäärät. Näiden lisäksi juures-raaka-aineiden mukana tulevista multajakeista sekä kasvihuonetuotannon kasvijätteistä valmistetuilla lannoitevalmisteilla on lisärajoja eri kasvituhoojille.

Taudinaiheuttaja/indikaattori	**Enimmäismäärä**
Salmonella	ei todettavissa 25 grammassa näytettä
Escheria coli	1000 pmy/g
Juuripoltesieni	Ei todettavissa taimituotannossa käytetyissä kasvualustoissa

Taulukko 2. Epäpuhtauksien enimmäismäärät

Epäpuhtaus	Enimmäismäärä
Rikkakasvinsiemenet	
• Lannoitteissa tai kalkitusaineissa	• Ei todettavissa
• Pakatuissa maanparannusaineissa tai kasvualustoissa	• 2 itänyttä litrassa
• Pakkaamatta myytävissä maanparannusaineissa ja kasvualustoissa	• 5 itänyttä litrassa tai tuoteselosteessa maininta ”*tuote sisältää tuulilevitteisiä rikkakasvinsiemeniä*”
Roskat (lasi, metalli, muovit, luut, kivet)	
• Pakatuissa tuotteissa	• 0,2 % tuorepainosta
• Pakkaamattomissa tuotteissa	• 0,5 % tuorepainosta
Hukkakaura	ei todettavissa
Kasvin osat (todettu epäpuhtausanalyysin yhteydessä)	ei eläviä juuria, juurakoita tai muita kasvulliseen lisääntymiseen liittyviä osia

LIITE 4. Mädätysjäännöksen ja kuivarakeen ravinnepitoisuuksien laskenta

Lopputuloksina laskennassa käytetyt arvot on **lihavoitu**

	Lähtöarvot:				
rivi	**Mädätysjäännös**	**arvo**	**yksikkö**	**huom.**	**lähde/peruste**
1	N tot	**2 %**	kuiva-aineessa		Huhtamäki 2010b
2	P tot	**2,5 %**	kuiva-aineessa		Huhtamäki 2010b
3	K	**0,3 %**	kuiva-aineessa		Huhtamäki 2010b
4	N liukoinen	10,9 %	kokonais-typestä		Satakierto 2009
5	P liukoinen	2,9 %	kokonaisfos-forista		Satakierto 2009
6	**Kuivarae**				
7	N liukoinen	6,7 %	kokonais-typestä		Lakeuden Etappi 2010b
8	P liukoinen	1,9 %	kokonaisfos-forista		Lakeuden Etappi 2010b
9	K	**0,3 %**	kuiva-aineessa		Huhtamäki 2010b
10	**Lasketut arvot:**				
11	**Mädätysjäännös**				
12	N liukoinen	**0,22 %**	kuiva-aineessa		laskettu: [rivi 4] x [rivi 1] = 10,9 % x 2 % = 0,22 %
13	P liukoinen	**0,073 %**	kuiva-aineessa		[rivi 5] x [rivi 2]
14					
15	(Oletus: häviävät ravinteet ovat kokonaan liukoi-sia)				
16	**Kuivarae**				
17	N liukoinen	0,13 %	kuiva-aineessa	iterointi	[rivi 7] x [rivi 1]
18	P liukoinen	0,05 %	kuiva-aineessa	iterointi	[rivi 8] x [rivi 2]
19	Liukoisen typen (N) häviö termi-sessä kuivauk-sessa	0,084 %	kuiva-aineessa		[rivi 12] - [rivi 17]
20	Liukoisen fosforin (P) häviö termi-sessä kuivauk-sessa	0,025 %	kuiva-aineessa		[rivi 13] - [rivi 18]
21	N tot	**1,9 %**	kuiva-aineessa		[rivi 1] - [rivi 19]
22	P tot	**2,5 %**	kuiva-aineessa		[rivi 2] - [rivi 20]
23	N liukoinen	**0,13 %**	kuiva-aineessa		[rivi 21] x [rivi 7]
24	P liukoinen	**0,048 %**	kuiva-aineessa		[rivi 22] x [rivi 8]

Pitoisuudet **kosteassa** lannoitteessa laskettu kertomalla pitoisuus kuiva-aineessa kuiva-ainepitoisuudella (mädätysjäännös TS 30 %, kuivarae TS 90 %)

LIITE 5. Enimmäiskäyttömäärät metallipitoisuuksien mukaan.

Taulukko 1. Metallipitoisuuksien mukaan lasketut enimmäiskäyttömäärät (t/ha). Metallipitoisuudet Biovakka Turun mukaan (Biovakka Suomi 2010b).

	Cd	**Hg**	**Cr**	**Cu**	**Ni**	**Pb**	**Zn**
Vuosittainen käyttö							
mädätysjäännös	8,3	19,6	12,8	8,7	10,8	31,3	11,1
kuivarae	2,8						
Käyttö joka 4. vuosi							
mädätysjäännös	33	78	51	35	43	125	44
kuivarae	11,1						

LIITE 6. Viljelijöille lähtenyt kyselyn ennakkokirje

30.9.2010

PRO Agria Kymenlaakso

Kymenlaakson JÄTEOY

Arvoisa viljelijä,

Alkuvuonna 2010 osalle Pohjois-Kymenlaakson viljelijöistä lähettiin kirje, jossa kerrottiin Kouvolan Mäkikylään rakennettavasta Kymen Bioenergia Oy:n biokaasulaitoksesta. Kirjeessä kerrottiin mahdollisuudesta ryhtyä vihermassan toimittajaksi biokaasutuotantoon sekä hankkia mädätysjäännöksestä valmistettua lannoitetta pelloille. Kymenlaakson Jäte Oy jatkaa Kymen Bioenergia Oy:n osakkaana lannoitekäyttömahdollisuuksien selvittämistä. Tarkoitus on jalostaa biokaasulaitoksen lopputuotteesta viljelykäyttöön soveltuvia orgaanisia lannoitevalmisteita maanparannukseen (tekstissä käytetään jatkossa termiä *lannoite*).

Tämä kirje lähetetään Kouvolan Keltakankaan lähialueiden viljelijöille sekä niille, jotka ilmoittivat alkuvuoden kyselyssä kiinnostuksensa biokaasutuotannosta syntyvän mädätysjäännöksen käyttöön. ProAgria Kymenlaakso tulee lähettämään lisäksi lähiviikkoina Teille kyselyn. Kyselyssä annetaan tietoa mädätysjäännöksestä valmistettujen lannoitteiden ominaisuuksista ja hinnoista. Lisäksi selvitetään mahdollisia käyttökohteita ja työnjakoa varastoinnissa sekä peltolevityksessä.

Näiden yhteydenottojen tavoitteet

1. Tarjota tietoa mädätysjäännöksestä valmistettujen lannoitteiden ominaisuuksista
2. Löytää yhteistyökumppaneita, joiden kanssa voidaan jatkaa keskustelua lannoitteiden käytön aloittamiseksi
3. Kartoittaa eri lannoitevaihtoehtojen kiinnostavuutta
4. Koota viljelijöiden toiveita ja reunaehtoja, joiden toteutuessa viljelijät voisivat sitoutua käyttämään mädätysjäännöspohjaisia lannoitteita.

Nämä tiedot auttavat meitä jalostamiseen liittyvien investointipäätösten teossa.

Taustaa lannoitehyötykäyttöön

Nykyaikaisessa jätehuollossa on keskeistä pyrkiä löytämään jätemateriaaleille hyötykäyttökohteet, jotka ovat koko toimialuetta parhaiten hyödyttäviä. Biokaasulaitoksella erilliskerätystä biojätteestä ja puhdistamolietteestä tuotetaan energiaa, mutta mädätysjäännökseen jää paljon orgaanista ainesta ja ravinteita, joita ei kannata hukata. Lannoitekäytön vaihtoehtona on jäännöksen kuivaaminen ja polttaminen voimalaitoskattiloissa, mutta tämä vaihtoehto ei edistä ravinteiden sekä orgaanisen aineksen kierrätystä.

käännä

(jatkuu)

(liite 6 jatkoa)

Etuja mädätysjäännöksen lannoitekäytölle

- Ravinteilla on mahdollista korvata mineraalilannoitteita ja säästää lannoitekustannuksissa
- Voidaan korvata mineraalilannoitteita, joiden valmistukseen kuluu mm. ehtyviä fosforivarantoja sekä etenkin typen osalta paljon fossiilista energiaa
- Orgaanisen aineksen lisääminen viljelymaahan lisää humusta ja parantaa maan rakennetta, jolloin mm. ravinnehuuhtoumat vähenevät.

Kysely tulee lähiviikkoina

Pyydämme Teitä vastaamaan kyselyyn, jotta saisimme kattavan kuvan viljelijöiden näkemyksistä. Aikaa ei ole hukattavaksi, sillä Kouvolan Mäkikylän biokaasulaitos aloittaa toimintansa koeajoilla jo vuoden 2011 alkupuoliskolla ja varsinainen tuotanto alkaa kesään mennessä.

Yhteyshenkilö ProAgria Kymenlaaksossa:
MMM, agronomi
Helena Pakkanen
helena.pakkanen@proagria.fi
puh. 020 747 3426

Yhteistyöterveisin,

Kari Martikainen	Timo Mallinen
Toimitusjohtaja	Johtaja
Kymenlaakson Jäte Oy	ProAgria Kymenlaakso

LIITE 7. Viljelijöille lähtenyt kyselykirje

6.10.2010

PRO Agria Kymenlaakso

Kymenlaakson JÄTE OY

Arvoisa viljelijä,

Lähetimme Teille viikolla 39 kirjeen koskien Kouvolan Mäkikylään rakenteilla olevan biokaasulaitoksen (Kymen Bioenergia Oy) mädätysjäännöksen lannoitehyötykäyttöä.

Ohessa kerromme lisää mädätysjäännöksen lannoitekäyttömahdollisuuksista. Liitteenä on kyselylomake, jolla haluamme saada Teiltä palautetta näiden lannoitetuotteitten kiinnostavuudesta.

Kaikki saatava palaute on arvokasta, joten pyydämme Teitä vastaamaan ja palauttamaan kyselylomakkeen, vaikka ette vielä tässä vaiheessa olisikaan kiinnostunut lannoitevalmisteen käytöstä. Toivomme Teidän palauttavan lomakkeen 20.10.2010 mennessä oheisessa palautuskuoressa.

Yhteyshenkilö ProAgria Kymenlaaksossa:
MMM, agronomi
Helena Pakkanen
helena.pakkanen@proagria.fi
puh. 020 747 3426

Kiittäen arvokkaasta yhteistyöstä,

Kari Martikainen	Timo Mallinen
Toimitusjohtaja	Johtaja
Kymenlaakson Jäte Oy	ProAgria Kymenlaakso

(jatkuu)

(liite 7 jatkoa)

Mädätysjäännöspohjaisten lannoitteiden ominaisuudet

Mädätysjäännös on kierrätysravinnetuote, jota syntyy biokaasutusprosessissa.

Tietoja jäännöksestä lannoitekäytössä

Kouvolan Mäkikylän biokaasuprosessin pääraaka-aineet: jätevesipuhdistamoliete, erilliskerätty biojäte ja vihermassa
Hygienisointi: biokaasulaitoksen kaikki raaka-aineet hygienisoidaan prosessissa Eviran vaatimusten mukaisella lämpökäsittelyllä
Linkokuivaus: biokaasutuksesta jäävä materiaali, eli mädätysjäännös kuivataan lingolla kuiva-ainepitoisuudeltaan noin 30 %:iin
Lannoitetuotevaihtoehdot: jäännös voidaan käyttää lannoitteena heti linkokuivauksen jälkeen *mädätysjäännöksenä* tai edelleen kuivattuna ja rakeistettuna *kuivarakeena.* Näitä kahta vaihtoehtoa kuvataan alla tarkemmin
Valvonta: Evira valvoo lannoitevalmisteiden valmistamista sekä laatua. Lannoitevalmisteiden valmistukseen ja myyntiin haetaan Eviralta hyväksyntä.

Seuraavissa taulukoissa esitetyt tiedot perustuvat Esa K. Partasen diplomityöhön kerättyihin tietoihin ja tehtyihin laskelmiin (Lappeenrannan teknillinen yliopisto)

Haitallisten metallien pitoisuudet ovat vähäisiä
Raskasmetallien pitoisuudet puhdistamolietteessä ovat laskeneet viime vuosikymmeninä selvästi koska teollisuutta koskevat jätevesimääräykset ovat tiukentuneet.

Oheinen arvio perustuu pelkkää puhdistamolietettä käyttävän biokaasulaitoksen mädätysjäännöksestä mitattuihin arvoihin. Kuivarakeessa pitoisuudet kuiva-aineessa (mg/kg ka) eivät käytännössä muutu.

Ravinteet ja muut ominaisuudet
Ohessa on arvioita lannoitteiden ravinnepitoisuuksista sekä muista ominaisuuksista. Tiedot perustuvat raaka-aineiden ominaisuuksiin sekä tietoihin muista vastaavista tuotteista muualta Suomesta (samat pääraaka-aineet, sama valmistusmenetelmä). Kun tuotetta aikanaan myydään, mukana toimitetaan kyseisen erän tuoteseloste. Lannoitteet sisältävät lisäksi myös hivenravinteita (mm. S, Mg, Ca).

Arvio mädätysjäännöksen haitallisista metalleista

	pitoisuus [mg/kg ka]	raja-arvo [mg/kg ka]	osuus sallitusta määrästä
Arseeni	6,4	25	26 %
Elohopea	0,34	1,0	34 %
Kadmium	0,6	1,5	40 %
Kromi	78	300	26 %
Kupari	230	600	38 %
Lyijy	16	100	16 %
Nikkeli	31	100	31 %
Sinkki	450	1500	30 %

Lannoitteiden ominaisuudet (verrattuna lantaan)

	A Mädätys-jäännös	B Kuivarae	*Naudan kuivikelanta*
Kosteusprosentti	70 %	10 %	*79 %*
Orgaanista ainesta (kuiva-aineessa)	55 %	55 %	*> 80 %*
Ravinnepitoisuudet	N 0,6 % P 0,8 % K 0,1 %	N 1,7 % P 2,3 % K 0,3 %	*N 0,54 %* *P 0,16 %* *K 0,47 %*
Ympäristötukeen huomioitavia ravinteita*	N 0,07 % P 0,30 %	N 0,11 % P 0,90 %	*N 0,17 %* *P 0,14 %*
Olomuoto	kiinteää, tummaa	kuiva pelletti tai rae	
Levitys	kuivalannan tapaan	esim. keskipakois-levitin (pelletti) / kylvölannoitin (rae)	
Varastointi tilalla	kuivalannan tapaan	kuivassa tilassa	

*ympäristötuessa huomioidaan kasveille käyttökelpoiseksi typestä vesiliukoinen osuus ja fosforista 40 % kokonaisfosforista. Lannassa huomioidaan 85 % kokonaisfosforista

A Mädätysjäännöstä
(kuva: Hanna Alatalo)

B Mädätysjäännöstä pellettinä (kuivarae)
(kuva: Lakeuden Etappi)

käännä

(jatkuu)

(liite 7 jatkoa)

Käyttö

Myös näiden lannoitteiden käytössä tulee huomioida täydentävien ehtojen[a], nitraattiasetuksen ja maatalouden ympäristötuen ehtojen asettamat käyttörajoitukset. Ohessa on arvioitujen ravinne- ja metallipitoisuuksien mukaan laskettuja esimerkkejä enimmäiskäyttömääristä. Käyttöä rajoittaa ensisijaisesti fosfori. Käyttömäärissä on esitetty myös fosforintasauksen käyttömahdollisuus.

Mädätysjäännöstä voi käyttää maalla, jolla viljellään viljaa, öljykasveja tai sokerijuurikasta. Edellisten lisäksi sitä voidaan käyttää myös kasveille, joita ei käytetä ihmisten ruoaksi tai eläinten rehuksi. Nurmelle sitä voi levittää vain, kun nurmi perustetaan suojaviljan kanssa. Lisätietoja mädätysjäännöksen käyttörajoitteista on Täydentävien ehtojen luvussa 5[b]. Kuivaraetta eivät koske nämä puhdistamolietteen myötä mädätysjäännökselle tulevat käyttörajoitteet. Molemmat tuotteet tulee syksyllä levitettäessä mullata vuorokauden kuluessa. Luomuviljelyyn ei saa käyttää kumpaakaan näistä lannoitteista.

Enimmäiskäyttömääräesimerkki - ohra, savi ja hiesumaat, fosforin viljavuusluokka tyydyttävä [hehtaaria kohden käyttövuonna]

	A Mädätys-jäännös	B Kuivarae
Tonnissa lannoitetta on*:	P 3 kg N 0,65 kg (liuk.)	P 9 kg N 1,15 kg (liuk.)
Vuosittainen käyttö		
rajoittava tekijä	fosfori**	fosfori**
maksimikäyttömäärä	4,67 tn	1,56 tn
jolla ravinteita* peltoon	P 14 kg N 3,1 kg (liuk.)	P 14 kg N 1,9 kg (liuk.)
Fosforintasauksen käyttö (viiden vuoden tasaus)		
rajoittava tekijä	fosfori**	fosfori**
maksimikäyttömäärä	23,3 tn	7,8 tn
jolla ravinteita* peltoon	P 70 kg N 15,3 kg (liuk.)	P 70 kg N 8,9 kg (liuk.)

* tässä on huomioitu käyttökelpoisiksi laskettavat, eli typestä vesiliukoinen osuus ja fosforista 40 % kokonaisfosforista

** ympäristötuen fosforiraja 14 kg P/ha/v. Tähän huomioidaan 40 % kokonaisfosforista.

Tuotteiden rahallinen arvo

Lannoitetuotteet sisältävät runsaasti typpeä ja fosforia. Pääosin puhdistamolietettä sisältävän mädätysjäännöksen ja kuivarakeen fosforista arvioidaan 40 % olevan kasveille käyttökelpoista. Typestä kasveille käyttökelpoiseksi lasketaan vesiliukoinen osuus. Osa ravinteiden loppuosasta muuntuu aikaa myöten maassa kasveille käyttökelpoiseksi.

Tämän hetkisiin typen ja fosforin hintoihin perustuen, mädätysjäännöksen rahallinen arvo on 6,34 €/tonni lannoitetta ja kuivarakeen 18,2 €/tonni lannoitetta. Muiden ravinteiden sekä orgaanisen aineksen arvoa ei ole tähän sisällytetty.

Lannoitteiden arvo ravinteiden mukaan (€/tonni lannoitetta)

		A Mädätysjäännös			B Kuivarae		
Huomioidut ravinteet	Huomioinnin peruste	N	P	**N+P yht**	N	P	**N+P yht**
Vesiliukoinen N 40 % fosforista	ympäristötuen laskentaperuste	0,67	5,67	**6,34**	1,2	17	**18,2**

Käytetyt hinnat: N =1,03 €/kg, P = 1,89 €/kg (Laskettu Yaran lannoitteiden perusteella, viikon 36/2010 hinnat / MTK katsaus 3867)

Tuotteiden käytön kustannukset

Ohessa on esimerkkilaskelma käytön kustannuksista ohralle. Laskelma perustuu edellä esitettyihin enimmäiskäyttömääriin sekä lannoitteiden arvoon. Laskelmaan ei ole otettu huomioon levityskustannuksia sekä mahdollista lisälannoituksen tuomaa kustannusta.

Lannoitteen hintana on käytetty yllä tuotteille laskettu arvo, jossa huomioidaan typestä vesiliukoinen osuus ja fosforista 40 % kokonaisfosforista. Esimerkissä on esitetty eri fosforintasausmahdollisuuksia (käyttöjaksot).

Lannoitekäytön kustannukset käyttövuonna (ohra, fosforissa tyydyttävä viljavuusluokka)

Lannoite	Käyttöjakso*	Kustannukset (€/ha)**
A Mädätysjäännös (6,34 €/tn)	1 vuosi = 4,7 tn/ha	30
	2 v = 9,3 tn/ha	59
	5 v = 23,3 tn/ha	148
B Kuivarae (18,2 €/tn)	1 v = 1,56 tn/ha	28
	2 v = 3,2 tn/ha	57
	5 v = 7,8 tn/ha	142

*enimmäiskäyttömäärät fosforin mukaan (14 kgP/ha/v)

** esimerkki: mädätysjäännöstä kahden vuoden käyttöjaksolla 9,3 tn/ha x 6,4 €/tn = 59 €/ha

a: Täydentävät ehdot – viljelytapa ja ympäristöehdot. Uusittu painos 2010. Maaseutuvirasto.

b: Täydentävien ehtojen luku 5 koskee puhdistamolietteen käyttöä.

(jatkuu)

(liite 7 jatkoa)

KYSELYLOMAKE

Toivomme Teidän palauttavan tämän lomakkeen täytettynä oheisessa palautuskuoressa 20.10.2010 mennessä.

Vastauksianne käsitellään luottamuksellisina ja niistä tehdään yhteenvetoja mädätysjäännöksen tuotteistamista varten. Tietoja käytetään myös aihetta käsittelevässä opinnäytetyössä (Esa K. Partanen, diplomityö / Lappeenrannan teknillinen yliopisto, ympäristötekniikan koulutusohjelma). Opinnäytetyössä vastausten tiedot esitetään siten, ettei niitä voi yksilöidä tilakohtaisesti.

Perustiedot

1. Nimi, tilan sijainti ja yhteystiedot:

_____

Lannoitetuotteet ja käyttökohteet

2. Mille käyttökohteille voisitte kuvitella käytävänne näitä orgaanisia lannoitteita:

☐ Nurmiviljely ☐ Viljanviljely ☐ Öljykasvit ☐ Palkokasvit

☐ muu, mikä? _____

3. Mikä/mitkä seuraavista kuivarakeen olomuodoista olisi kiinnostavin:

☐ n.10 mm pitkä ja n. 6 mm leveä pelletti

☐ Leca-sorarakeen kokoinen rae (n.8mm)

☐ Keinolannoiterakeen kokoinen rae (n.4mm)

4. Kummasta kuvatusta lannoitetuotteesta Te olette kiinnostunut?

☐ Mädätysjäännös ☐ Kuivarae ☐ en kummastakaan

Jos ette ole kiinnostunut kummastakaan, voitte siirtyä suoraan kysymykseen nro 9.

5. Kuinka suureen peltopinta-alaan olisitte kiinnostunut käyttämään lannoitetta? _____

6. Mihin aikaan kasvukaudesta lannoitekäyttönne ajoittuu?

☐ Kevätkylvö ☐ Nurmen perustaminen

☐ Syyskylvö ☐ Levitys kasvustolle

Varastointi

7. Onko tilallanne mahdollisuutta varastoida mädätysjäännöstä omaan käyttöön?

☐ Kyllä ☐ Ei

käännä

(jatkuu)

(liite 7 jatkoa)

Kuljetus

8. Jos tilallanne ei ole mahdollisuutta varastoida mädätysjäännöstä, voisitteko hakea lannoitetta itse?

☐ Kyllä

☐ En, tarvitsisin rahtipalvelua

Levitys

9. Onko Teillä lannoitteiden levityskalustoa?

☐ On mädätysjäännökselle soveltuvaa, mitä: _____

☐ On kuivarakeelle soveltuvaa, mitä:_____

☐ Ei ole kummallekaan soveltuvaa

9b. Jos kalustoa on, onko Teillä kiinnostusta urakoida lannoitteen levittämisessä?

☐ Kyllä, mädätysjäännöksen ☐ Kyllä, kuivarakeen ☐ Ei

Hinnoittelu

Mädätysjäännöspohjaisista lannoitteista kertovalla sivulla on kuvattu näiden lannoitteiden sisältämien pääravinteiden arvoa verrattuna keinolannoitteissa ostettavien ravinteiden hintaan. Hintatasona on käytetty 20.9.2010 Maaseudun tulevaisuuden markkinakatsauksen Yaran lannoitteiden ravinteiden pohjalta laskettuja hintoja.

10. Mitä hintatasoa olisitte valmis maksamaan (hinta kyytiin lastattuna, ALV 0 %);

10a Mädätysjäännöksestä:

☐ 1 - 10 €/tn ☐ 10 - 20 €/tn ☐ En ole valmis maksamaan mitään.

10b Kuivarakeesta:

☐ 10 - 20 €/tn ☐ 20 - 30 €/tn ☐ En ole valmis maksamaan mitään.

Muuta

11. Onko mielessänne kysymyksiä mitä haluaisitte tietää näistä lannoitevalmisteista?

_____

_____

_____

Kiitoksia yhteistyöstä

LIITE 8. Logistiikkakustannusten alkuarvot sekä kustannusten erittely

Taulukko 1. Logistiikkakustannuksissa käytetyt hinnat. Hintojen yksikkönä on €/t siirrettävää/kuljetettavaa materiaalia. Hinnat ovat Kymenlaakson Jäte Oy:n sopimushintojen mukaan.

Työvaihe	Hinta
siirto+lastaus	1,24
lastaus kärryyn	0,47
siirto kuivurilta lavalle	1,24
siirto+lastaus+lastaus	1,71
siirto, 0,5 km	0,77
kuljetus 5 km	1,25
kuljetus 11 km	2,09
kuljetus 15 km	2,64
kuljetus 25 km	3,84

Taulukko 2. Eri vaihtoehtojen logistiikkakustannuksia (ALV 0 %) ennen luovutuspaikkaa (ks. luku 8.6. taulukko 36). Massa sekä kustannukset ovat Mäkikylän laitokselta vastaanotettava mädätysjäännöstä kohden (alaindeksi MK).

Vaihe	Massa[a] [t/t_{MK}]	Yksikköhinta [€/t]	Kustannukset [$€/t_{MK}$] A) Mäd.jään - pelto	B) Hapetuskerros	C) Kuivarae - pelto	D) Kuivarae - poltto
Kuljetus Mäkikylä - Ekopark (15 km)	1,00	2,64		2,64	2,64	2,64
Siirto: kompostointi - kaatopaikka (500m)	1,10	0,77		0,85		
Kuivaukseen liittyvä lastaustyö:						
Lastaus lavalta kuivurille	1,00	1,24			1,24	1,24
Kuivurilta varastoon ja varastosta lavalle	0,33	1,71			0,57	0,57
Kuljetus Ekopark - polttolaitos (25 km)	0,33	3,84				1,28
Yhteensä			0,00	3,49	4,45	5,73

[a] tuotteen massa taulukon 22 mukaan (luku 7.2)

(jatkuu)

(liite 8 jatkoa)

Taulukko 3. Eri vaihtoehtojen logistiikkakustannuksia (ALV 0 %) luovutuspaikan (ks. luku 8.6. taulukko 36) jälkeen. Massa sekä kustannukset ovat Mäkikylän laitokselta vastaanotettava mädätysjäännöstä kohden (alaindeksi MK).

	Massa[a] [t/t_{MK}]	**Yksikkö-hinta [€/t]**	**A) Mäd.jään - pelto**	**B) Hapetuskerros**	**C) Kuivarae - pelto**	**D) Kuivarae - poltto**
Mäkikylä- pellot (15km	1,00	2,64	2,64			
Ekopark - pellot (rae) (11 km)	0,33	2,09			0,70	
Voimalaitos - tuhkan sijoitus (5km)	0,14	1,25				0,17
Asiakkaalle tulevat kustannukset yht:			2,64	0,00	0,70	0,17

[a] tuotteen massa taulukon 22 mukaan (luku 7.2)