

Mädätejäännöksen hyödynnettävyys ja haasteet

Tapio Salo, johtava tutkija

5.5.2026

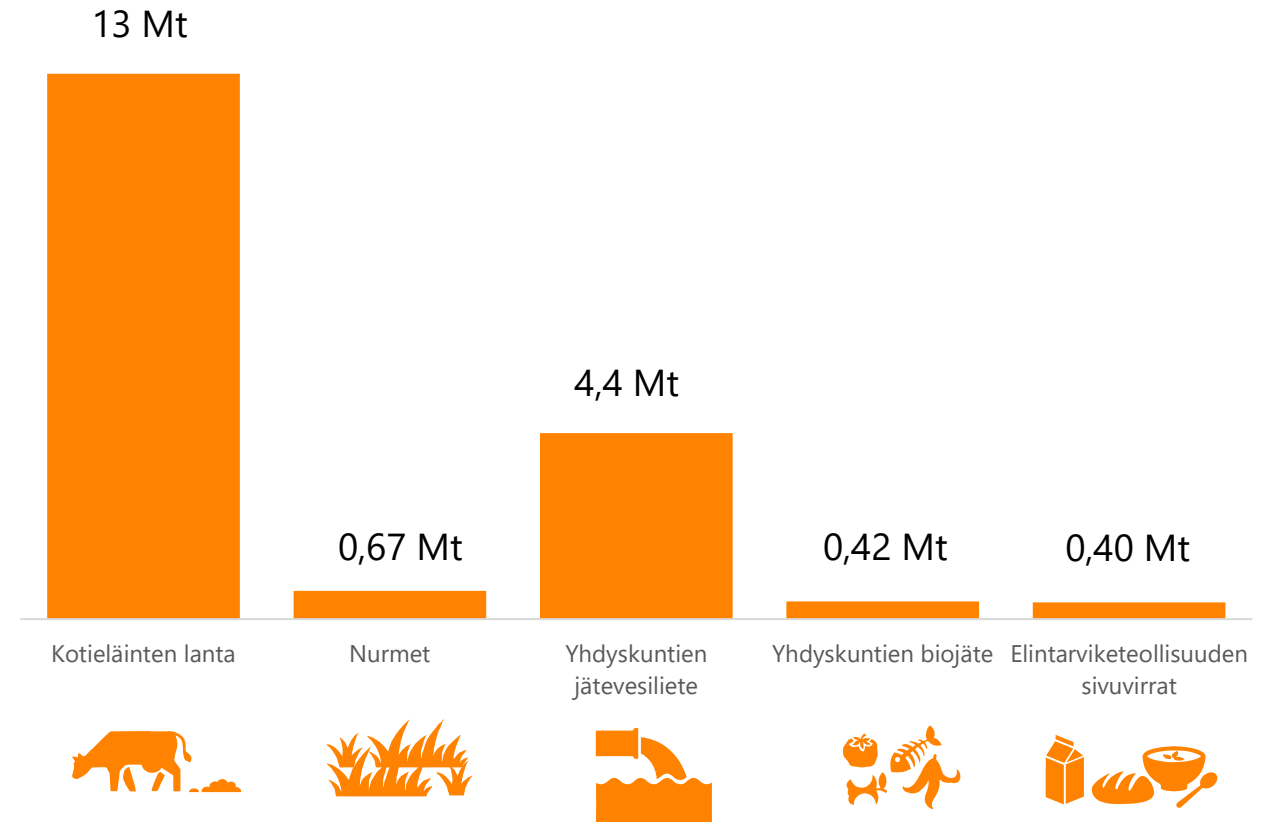


Raaka-aineet

Raaka-aineet

- Biokaasutuotantoon soveltuvia raaka-aineita ovat erilaiset orgaaniset, biohajoavat jäte- ja sivuvirrat
 - Näitä biomassoja muodostuu yhteensä vuosittain lähes 20 miljoonaa tonnia
 - Metsäteollisuuden sivuvirrat eivät mukana tarkastelussa

Kierrätettävät biomassat vuosittain

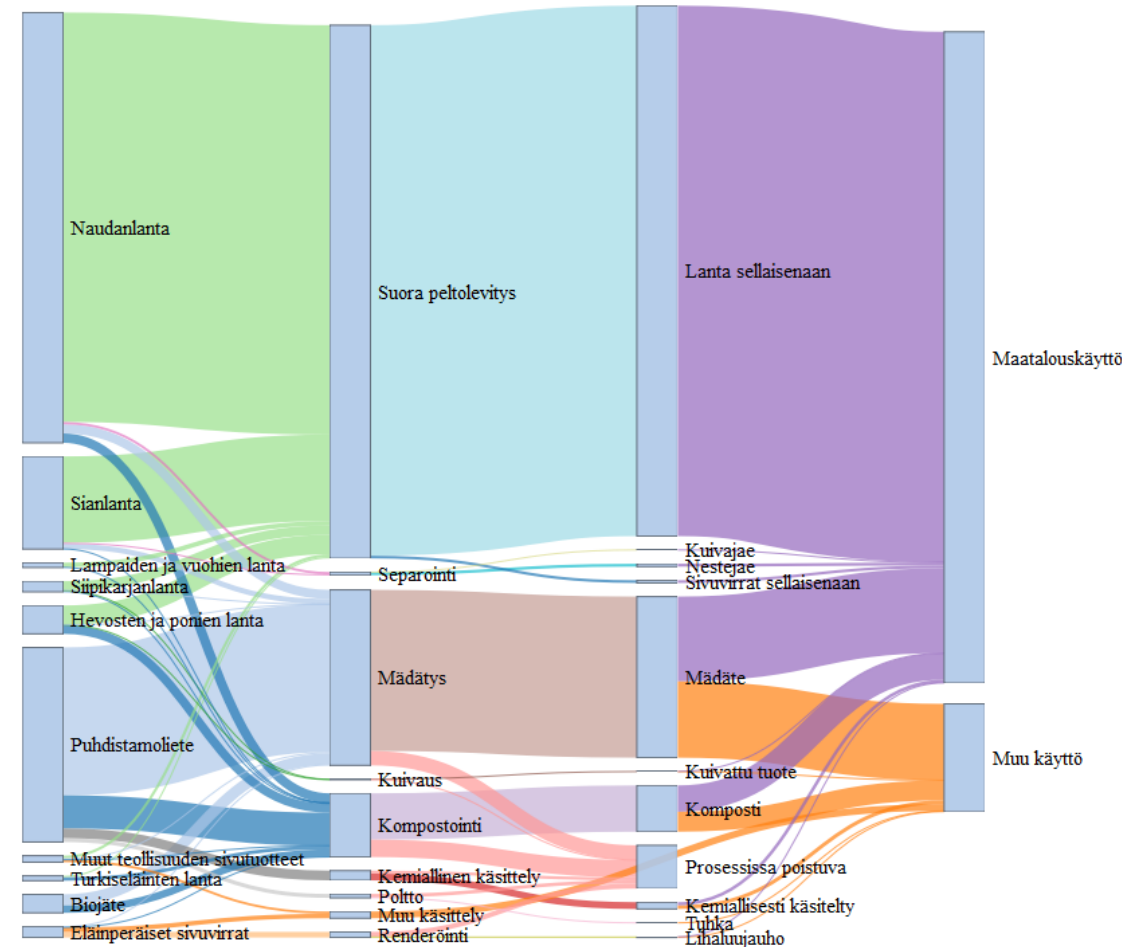


Ravinnelaskuri-työkalu. Alueellisen ravinnekierron suunnittelutyökalu (Luonnonvarakeskus Luke & Suomen ympäristökeskus SYKE)

Mädätys osa ravinteiden kierrätyksen kokonaisuutta

- Suomessa tuotetaan orgaanisia lannoitevalmisteita vuosittain yli 800 000 tonnia
 - Josta n. 70 % biokaasulaitosten mädätteitä, n. 30 % komposteja, pieni määrä muita tuotteita
 - Valmistetaan yhdyskuntien, teollisuuden ja sivuvirroista
 - Alhainen jalostusaste: painotus jätteiden käsittelyssä, ei ravinteiden kierrättämisen tehostamisessa**
- Kotieläinten lanta
 - Hyödynnetään suurimmaksi osaksi sellaisenaan tiloilla
 - Alle 3 % mädätetään
- Noin 80 prosenttia biomassoista päätyy lannoituskäyttöön maataloudessa
 - Lannoilla osuus 98 %

Biomassojen nykyinen prosessointi ja loppukäyttö (massa)



Biokaasuprosessi

- Biokaasuprosessissa lanta (ja muut syötteet) hajoavat anaerobisen mikrobitoiminnan tuloksena biokaasuksi ja mädätteeksi.
 - Biokaasu sisältää 50-70 % metaania lopun ollessa pääosin hiilidioksidia
 - Mädate (mädätysjäännös) sisältää hajoamattoman aineksen sekä kaikki syötteiden ravinteet.
 - Se voidaan separoida, jolloin myös muodostuu **kuivajaetta ja nestejaetta** (saatetaan kutsua myös rejektiksi).
 - Näitä voidaan edelleen prosessoida eteenpäin, jotta saadaan väkevämpiä tuotteita.
- Mädätteen ravinteet tulee käyttää lannoituksessa (tai hyödyntää muuten).
- Koska prosessissa osa orgaanisesta tyydestä hajoaa liukoiseksi, mädätteessä on raakalantaa **enemmän ammoniumtyyppiä** ja sen **pH** ja lämpötila ovat usein **korkeammat**, mädate (ja separoidut jakeet) tulisi aina varastoida katettuna ja levittää päästöjä vähentävin tekniikoin.

Hyödynnettävyys

Typen käyttökelpoisuus

- Typen liukoisuus ja sitä kautta käyttökelpoisuus korkeaksi
 - Typpilannoitus kasvin tarpeen mukaan
 - Orgaanisen typen vapautuminen ei välttämättä vastaa kasvin tarvetta
- Määtys itsessään lisää ammoniumin osuutta
- Prosessoinnin kautta voidaan muodostaa väkevempiä ja helpommin kuljetettavia lannoitevalmisteita
 - Prosessointi lisää kustannuksia
- Ammoniakin haihtumisen torjuminen (korkea ammonium ja usein myös pH)
 - Sijoitus tai nopea multaus
- Määdete usein tasalaatuisempaa kuin vastaava raakalanta

Typen käytön ohjaus; Nitraattiasetus 1250/2014

- Vuosittain 170 kg/ha maksimimäärä typpeä kotieläinten lannasta
 - Lannoitevalmisteissa >10% lantaa raaka-aineissa
- Levitysrajoitukset olosuhteiden ja ajan suhteen
 - Ei lumipeitteiseen, jäätyneeseen tai vedenkylästäämään maahan
 - Ei saa levittää marraskuun alusta maaliskuun loppuun paitsi poikkeustilanteissa
- Lannoitus on kielletty viisi metriä lähempänä vesistöä.
- Peltolohkon osilla, joiden kaltevuus on vähintään 15 prosenttia, lietelannan, virtsan ja nestemäisten orgaanisten lannoitevalmisteiden levittäminen muulla tavoin kuin sijoittamalla on aina kielletty.
- Talousveden hankintaan käytettävien kaivojen ja lähteiden ympärille on jätettävä maaston korkeussuhteista, kaivon rakenteesta ja maalajista riippuen vähintään 30–100 metrin levyinen vyöhyke, jota ei lannoiteta lannalla ja orgaanisilla lannoitevalmisteilla.
- Pellon pintaan levitetty lanta on muokattava maahan vuorokauden kuluessa lukuun ottamatta kasvustoon levitettyä lantaa
- Liukoisen typen enimmäismäärät kasvilajeittain

Fosforin käyttökelpoisuus

- Lannoissa pääosin epäorgaanisessa muodossa
 - Lantapohjaisissa mädätysjäännöksissä vastaa fosforilannoitteita
- Puhdistamolietteen rauta/alumiiniyhdisteet laskevat käyttökelpoisuutta
 - Fosforiasetus määrittää 60% käyttökelpoisuuden
 - Lasketaan tarvittaessa massasuhteiden perusteella
- Maan viljavuusfosforin pitoisuus kuvaa hyvin liukoisen fosforin huuhtoutumisriskiä
 - Maan viljavuusluokka ja viljelyskasvi ratkaisevat käyttömäärät
 - Viiden vuoden tasausjakso on mahdollinen
- Maan pintaan jäänyt liukoinen fosfori (lanta, kasvinjätteet) kulkeutuu pintavalunnan mukana
 - Pinnassa olevan liukoisen fosforin sekoittaminen maahan pienentää selvästi huuhtoutumisen riskiä

Fosforiasetus (64/2023)

- Fosforin käyttökelpoisuus lannoista on 100 % paitsi turkiseläimille 60% 31.12.2027 asti
- Puhdistamolietepohjaiset lannoitevalmisteet 60%
- Enimmäismäärään lasketaan kaikki lannoitevalmisteet, lanta ja muut tuotteet, joissa fosforia levitetään > 1kg/ha. Fosforin pidättämiseen tarkoitettuja tuotteita kuten rakennekalkkia ja kipsiä ei lasketa mukaan.
- Enimmäismäärät pohjautuvat maan P-luokkaan, kasviin ja mahdolliseen satotasokorjaukseen.
- **On mahdollista lisätä P 5 kg/ha in korkeissa P luokissa (5 and 6) jos P peräisin lannan tai mädätteen fosforinerotuksesta, ja tot-N/tot-P on >10**
- **Fosforintasausta** voidaan käyttää enintään viiden vuoden aikajaksona:
 - Jos vuosittainen enimmäismäärä = P 10 kg/ha,
 - 2026 voidaan lisätä P 50 kg/ha, ja fosforilannoitusta ei tehdä 2027-2030.
- Lantapoikkeus antaa mahdollisuuden lisätä jonkin verran enemmän fosforia luokissa 4 ja 5, kun käytetään vain kotieläinten lantaa. Mahdolliset kasvit: Viljat, öljykasvit, palkokasvit; yksi- ja monivuotiset rehunurmet, rehumaisi. Lantapoikkeuksen voimassaolo on toistaiseksi 31.12.2027 asti.

Muut ravinteet ja orgaaninen aines

- Muiden ravinteiden lisäys kerryttää maahan ravinnereservejä
 - Parantaa viljavuutta
 - Määrät laskettavissa tuoteselosteiden kautta
- Orgaanisen aineksen ja hiilen lisäys
 - Mädätyksen läpikäynyt orgaaninen aines kestävämpää kuin esim. raakalannan
 - Orgaanisen aineksen ravinnereservit
 - Parantaa maan rakennetta
 - Murujen kestävyys
 - Vedenpidätuskyky
 - Mikrobiaktiivisuus lisääntyy

CAP -ympäristökorvaus

- Kiertotalouden edistäminen (37 €/ha)
 - Lietelannan, virtsan, nestejakeen tai nestemäisen orgaanisen lannoitteen levittäminen sijoittavilla tai multaavilla laitteilla
 - Tai
 - Peltolohkolle lisätään orgaanista materiaalia, jonka kuiva-aine >20%
 - Orgaaniset lannoitteet ja maanparannusaineet, ja niiden seokset
 - Oman tilan kuivalanta, jos se on kiertänyt biokaasulaitoksen kautta

Esimerkkejä mädätysjäännösten ravinnepitoisuuksista

Noin 50% puhdistamolietettä

Lantaa ja elintarviketeollisuuden sivuvirtoja

	1	2	3	4	5	6
Kuiva-aine, %	5.0	30.7	16.7	22.3	9.1	11.2
Org. C kg/t	17.0	99.0	79.0	49.0	37.0	39.5
Kok-N, kg/t	5.5	9.8	24.2	6.0	7.4	7.9
Liuk-N, kg/t	3.5	2.6	16.0	3.4	4.0	5.0
Kok-P, kg/t	1.4	10.7	1.1	3.3	0.6	0.9
Lannoite-P, kg/t	1.1	8.9	1.1	3.3	0.6	0.9
Kok-K, kg/t	0.8	1.2	2.8	1.1	2.7	3.4
Cd, g/t	0.02	0.12	0.02	0.03		

Erilaisia perusteita levitysmäärille

Noin 50% puhdistamolietettä

Lantaa ja elintarviketeollisuuden sivuvirtoja

			Levitys t/ha			
	1	2	3	4	5	6
10 P kg/ha	9.0	1.1	9.5	3.0	15.6	11.1
20 P kg/ha	18.0	2.3	19.0	6.0	31.3	22.2
50 P kg/ha	44.9	5.6	47.5	14.9	78.1	55.6
60 Nliuk kg/ha	17.0	23.3	3.7	17.6	15.0	12.0
170 Nkok kg/ha	30.8	17.4	7.0	28.2	23.0	21.5
			Kuivajakeita, 17-31% ka.			

P 50 kg/ha hyödyntää fosforin taseusjaksoa

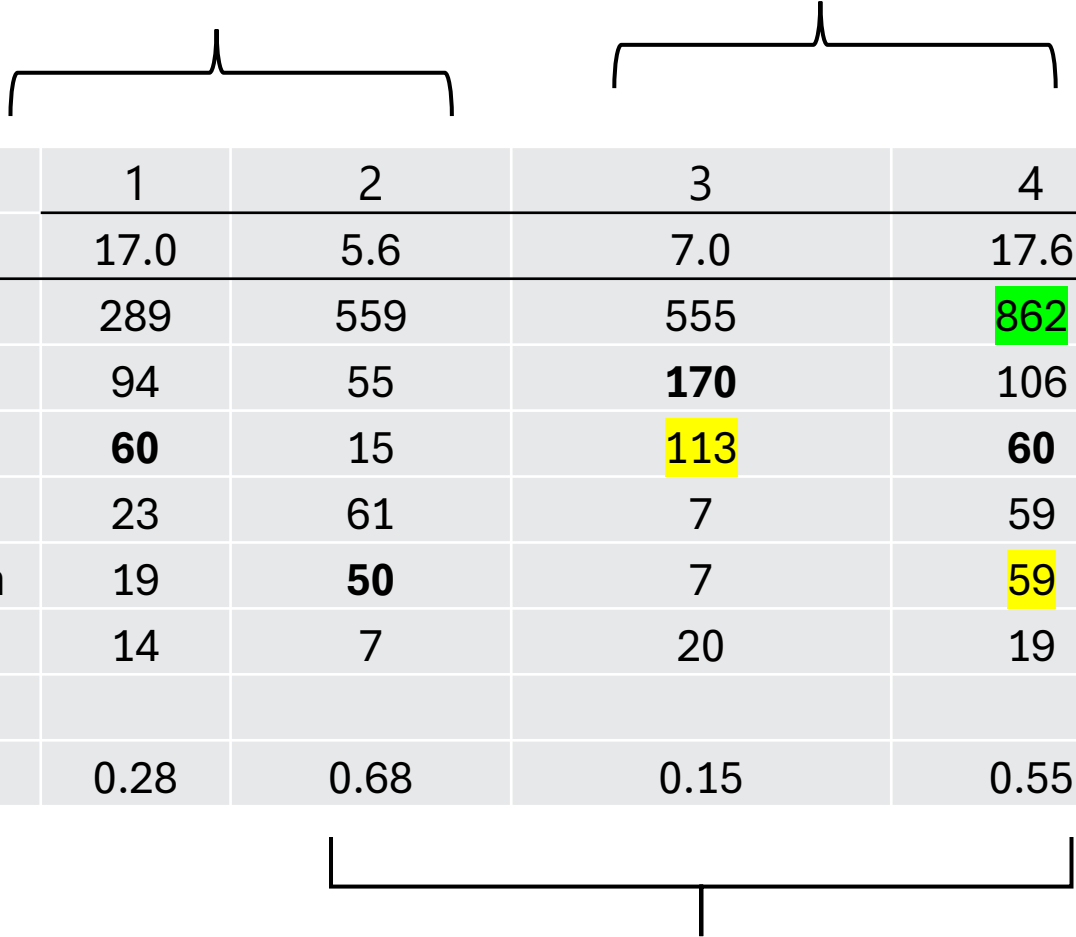
170 kg/ha kokonaistyppeä vuodessa on nitraattiasetuksen enimmäismäärä tuotteille, joissa lantaa > 10%

Sopivuus levityskalustolle?

Ravinteiden ja hiilen määriä erilaisilla levitystasoilla

Noin 50% puhdistamolietettä

Lantaa ja elintarviketeollisuuden sivuvirtoja



	1	2	3	4	5	6
Levitys tn/ha	17.0	5.6	7.0	17.6	15.6	21.5
OrgC kg/ha	289	559	555	862	578	850
Ntot, kg/ha	94	55	170	106	116	170
Nliuk, kg/ha	60	15	113	60	63	108
Ptot, kg/ha	23	61	7	59	10	19
LannoitusP, kg/ha	19	50	7	59	10	19
Ktot, kg/ha	14	7	20	19	42	73
Cd, g/ha	0.28	0.68	0.15	0.55		

Kuivajakeita, 17-31% ka.

Levitykset

Levitystekniikoita esitelty ja verrattu

Levilogi-hanke: <https://portal.mtt.fi/portal/page/portal/mtt/hankkeet/levilogi>

- Rejektivesi ja lietemäinen mädätysjäännös
 - Lietteenlevitys kuten lietelannan ja virtsan osalta
- Kiintojäte
 - Samat levitysvälineet kuten kuivalannalle
 - <https://youtu.be/-E113TEFO4I?t=238>; <https://youtu.be/2CvoDSB0I9g>
- Rakeet ja pelletit
 - Jos levitysmäärät ovat sopivia, rakeisten lannoitteiden levittimet
 - Matalat ravinnepitoisuudet – suuret levitysmäärät
 - Kestävyys voi olla mineraalilannoitteita heikompi
 - <https://www.youtube.com/watch?v=58wRqKpx2rs>
- Nesteet
 - Kasvinsuojeluruiskut (laimeat liuokset → alhaiset levitysmäärät)
 - Nestemäisten tuotteiden levittimet (Euroopassa jonkin verran)

Lietteiden levitysmenetelmät

Hajalevitys

Mädätysjäännösten pH usein korkeahko, jolloin ammoniakin haihtumisen riski kasvaa.



Letkulevitys
riviin pellon pinnalle



Vannas sijoittaa lietteen vakoon pinnan alapuolella

Levityksen ajoitus

- Kasvin ravinnetarve
 - Liukoiset ravinteet kasvin tarvitessa niitä
- Ravinteiden liukoisuus
 - Liukoiset, hidasliukoiset, orgaanisen aineksen hajotessa vapautuvat
- Maan rakenne
 - Tiivistymisen välttäminen
- Varastokapasiteetti
 - Kuljetuskapasiteetin vähyys hidastaa usein levityksiä
- Levityskaluston saatavuus
 - Oma kalusto tai urakoitsijat

Haasteet

Haasteet

- Koostumuksen vaihtelu
- Logistiikka
- Ravinnesuhteet
 - NP-suhde liian alhainen
 - Täydennystyppilannoituksen tarve
- Haitta-aineet
 - Puhdistamolietepohjaisten lannoitevalmisteiden rajoitukset
 - Haitalliset metallit
 - Orgaaniset haitta-aineet (PFAS, lääkejäämät)
 - Mikromuovit
 - Riskinarviointi vaikeaa
- Markkinahaasteet
 - Elintarvikeketjun rajoitukset
 - Viljelijöiden varovaisuus
 - Kysynnän vaihtelu

Julkinen keskustelu – hyväksyttävyys

Kuluttajat – Jalostava teollisuus - Viljelijät

- Turvallisuus
 - Haitelliset alkuaineet (Cd, Cr, As, Hg, Cu, Zn, ...)
 - Taudinaiheuttajat (E. coli, Salmonella, Legionella...)
 - Haitalliset orgaaniset yhdisteet
 - antibiootit, palonestokemikaalit (PFAS).
 - Mikromuovit
- Puhdistamolietteen käyttö lannoitevalmisteiden raaka-aineena
 - Riskit eivät ole tutkimusten mukaan suuria, mutta mm. jalostava teollisuus ei halua mainehaittaa.

Julkinen keskustelu – hyväksyttävyys

Viljelijöiden haasteet

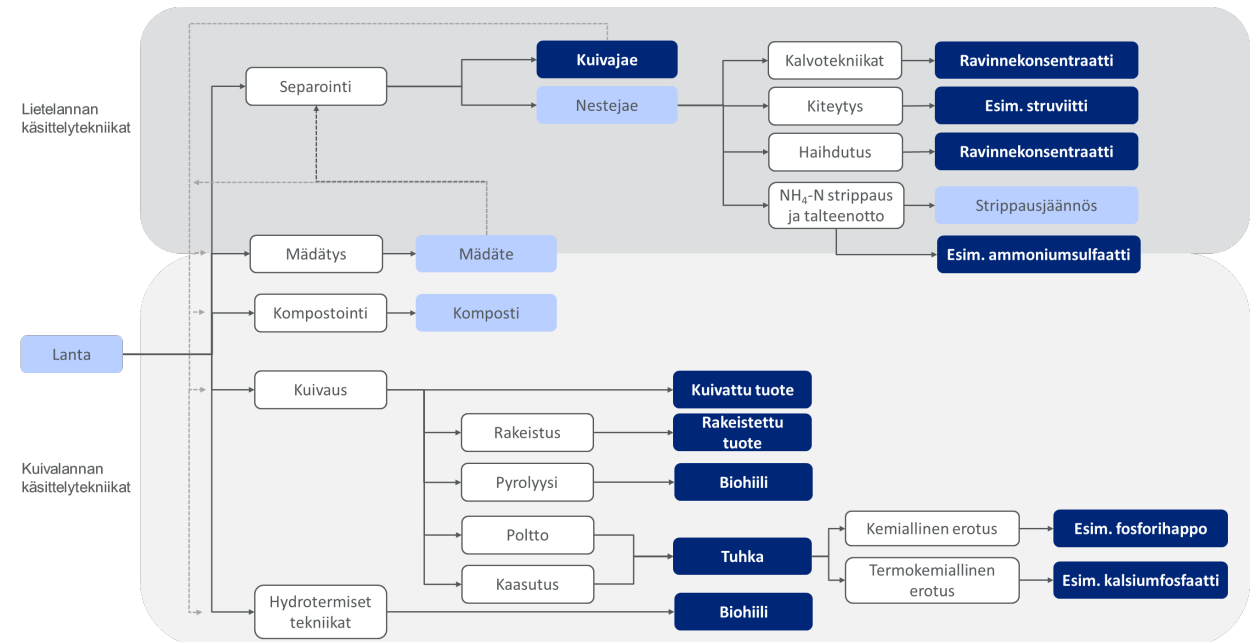
- Hinta
 - Epäorgaanisten ravinteiden hinta määrittelee mielenkiintoa
 - Mineraalilannoitteiden hinnan noustessa mädätysjäännökset kiinnostavat
 - Edullisten hintojen vallitessa vältetään mädätysjäännösten lisätyötä.
 - Suuret massat-> kuljetuksen, varastoinnin ja levityksen kustannukset
- Levityskalusto
 - Epäorgaanisten lannoitteiden laitteet valmiina
 - Mädätysjäännösten levityskalustoa ei välttämättä saatavilla
- Levitysten ajoittaminen
 - Haasteet sovittaa muiden toimien aikatauluihin
- Hyödyt
 - Ravinnekustannus on yleensä alhainen
 - Lisää maan orgaanista ainesta ja mikrobiaktiivisuutta

Tutkimusta mädätteiden laadusta

- Tukea turvallisempien kierrätyslannoitevalmisteiden tueksi ([Tuki](#)) -hanke pureutuu haitta-aineisiin
 - 1) Tuottamalla **päivitettyä julkista tietoa** Suomessa kierrätyslannoitevalmisteina käytettävien tuotteiden tai niissä käytettävien raaka-aineiden **haitta-aine- ja mikromuovipitoisuuksista**
 - Näytteiden keruu biokaasulaitoksilta + vertailuna lanta- ja mineraalilannoitenäytteet
 - 2) Arvioida pitoisuuksien **haitallisuutta** ympäristöön ja elintarvikeketjuun
 - 3) Esittämällä **keinoja** haitta-ainetasojen vähentämiseksi ketjun eri vaiheissa
- Hanke on käynnissä 2025-2026, tulokset valmistuvat loppuvuodesta
- Rahoitus YM:n AHTI-ohjelmasta

Prosessointi myös ravinteiden ja hiilen kierrätyksen tehostamiseksi

- Haasteena usein mädätteiden laimeat ravinnepitoisuudet/vesipitoisuus ja erilaiset olomuodot vs. väkilannoitteet -> kuljetuskustannus, suuret levitysmäärät, epäsojivuus levityslaitteistoihin, varastoinnin haasteet
- Mädätteiden prosessointi tarpeen kuljetettavuuden parantamiseksi sekä ravinnesuhteiden optimoimiseksi
 - Myös haitta-aineiden hallintaa!
- Kaikesta ei saada kustannustehokkaasti väkilannoitteita muistuttavia tuotteita
 - Käyttöönotto vaatii uusia toimintatapoja



Yhteenveto

- **Mädäte on tärkeä kierrätysravinteiden lähde**
- **Raaka-aineiden laadun mukainen erottelu**
- **Typen ja fosforin käyttökelpoisuus lisääntyy**
- **Mädätteen orgaaninen aines hajoaa hitaammin kuin esim. lannan**
- **Mädätteen mukana myös muita ravinteita**
- **Logistiikka ja levitys vaativat mietityt ratkaisut**
- **Haitta-aineiden kertymistä on vältettävä**
- **Hyväksyttävyyden ja kannattavuuden eteen on tehtävä kehitystyötä**

Kiitos!

Tapio Salo
etunimi.sukunimi@luke.fi



Luke Jokioisten biokaasulaitos. Kuvaaja: Jari Lindeman.



luke.fi

Biopaja

<https://www.luke.fi/fi/palvelut/biopaja-kiertotalouden-ratkaisuja>