



JEDU



BIOTUTO – Yhteistyöllä nostetta kierrätysravinteisiin ja paikalliseen bioenergian tuotantoon

www.oulu.fi/biotuto



Euroopan unionin
osarahoittama



POHJOIS-
POHJANMAA
COUNCIL OF OULU REGION



KERTTU SAALASTI
INSTITUUTTI
OULUN
YLIOPISTO

OAMK
OULUN AMMATTIKORKEAKOULU



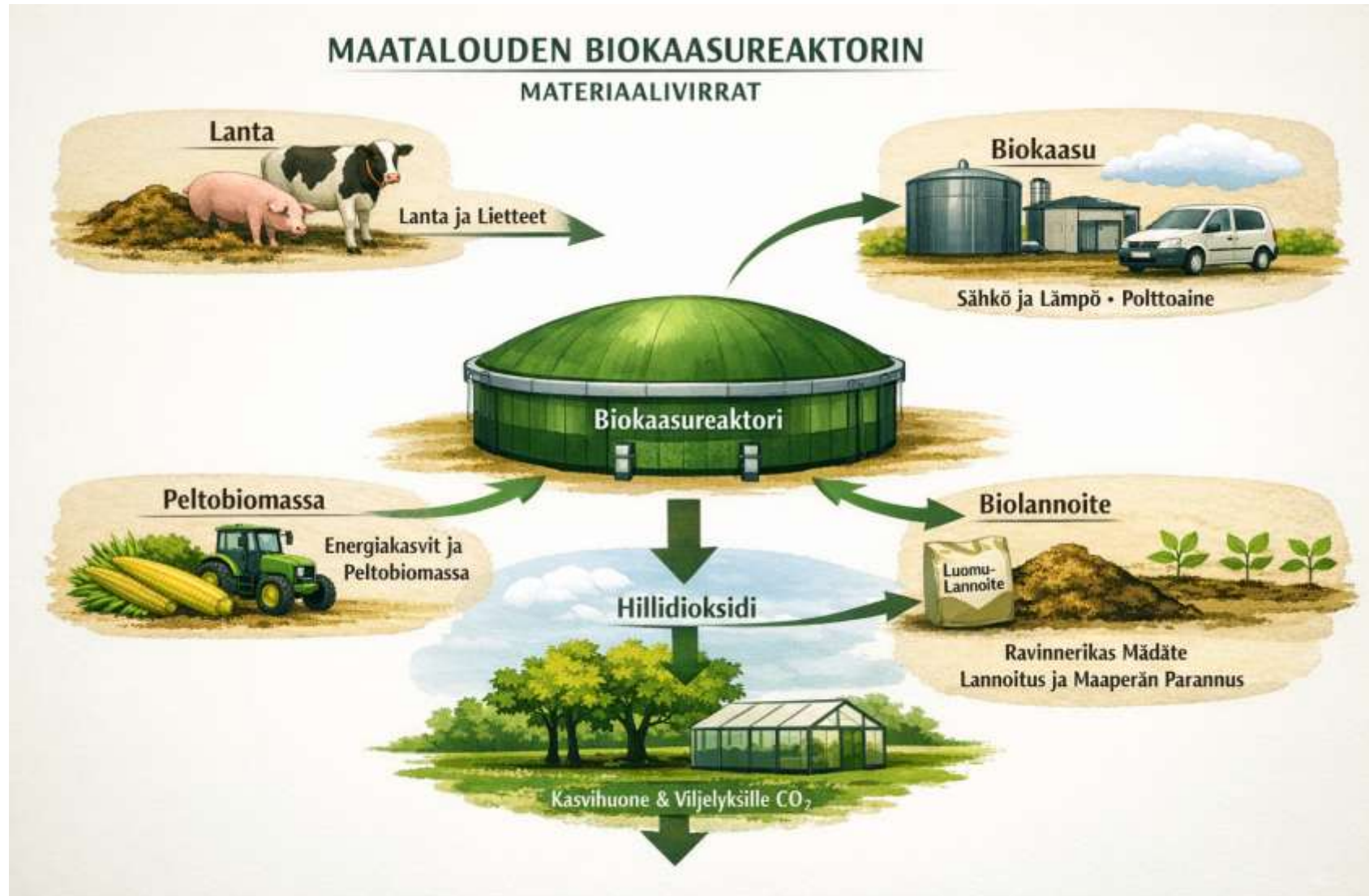
JEDU
Koulutuskeskus

NIHAK

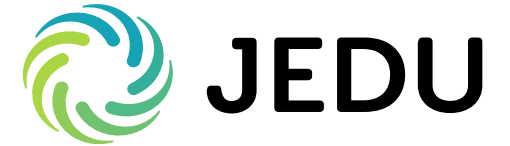
Loppuseminaari



Materiaalivirrat



Lannoitekokeiden taustaa



- JEDU:n Haapajärven koulutilalla on ollut biokaasulaitos toiminnassa kesästä 2007 saakka. Lannoituskokeita on suoritettu laitoksen valmistumisen jälkeen lähes vuosittain. Tavallisesti lannoitusjäseninä on käytetty:
 - 1. raakaa lietelantaa,
 - 2. biokaasureaktorin mädätejäännöstä
 - 3. Normaalaa väkilannoitetta ja
 - 4. O-kuutu, joka on täysin lannoittamaton ko. satokaudella.

Lisäksi on voinut olla muita koejäseniä, kuten tänä vuonna separoidut mädätejäännös koejakeet.

Lannoituskokeet on tehty yleensä nurmen 2. sadolle sekä ohralle.

Lannoituskokeita seurattiin kasvukauden aikana tarkastuskäyntien yhteydessä kuvaamalla, noin viikon välein.



Nurmi

Vk 32

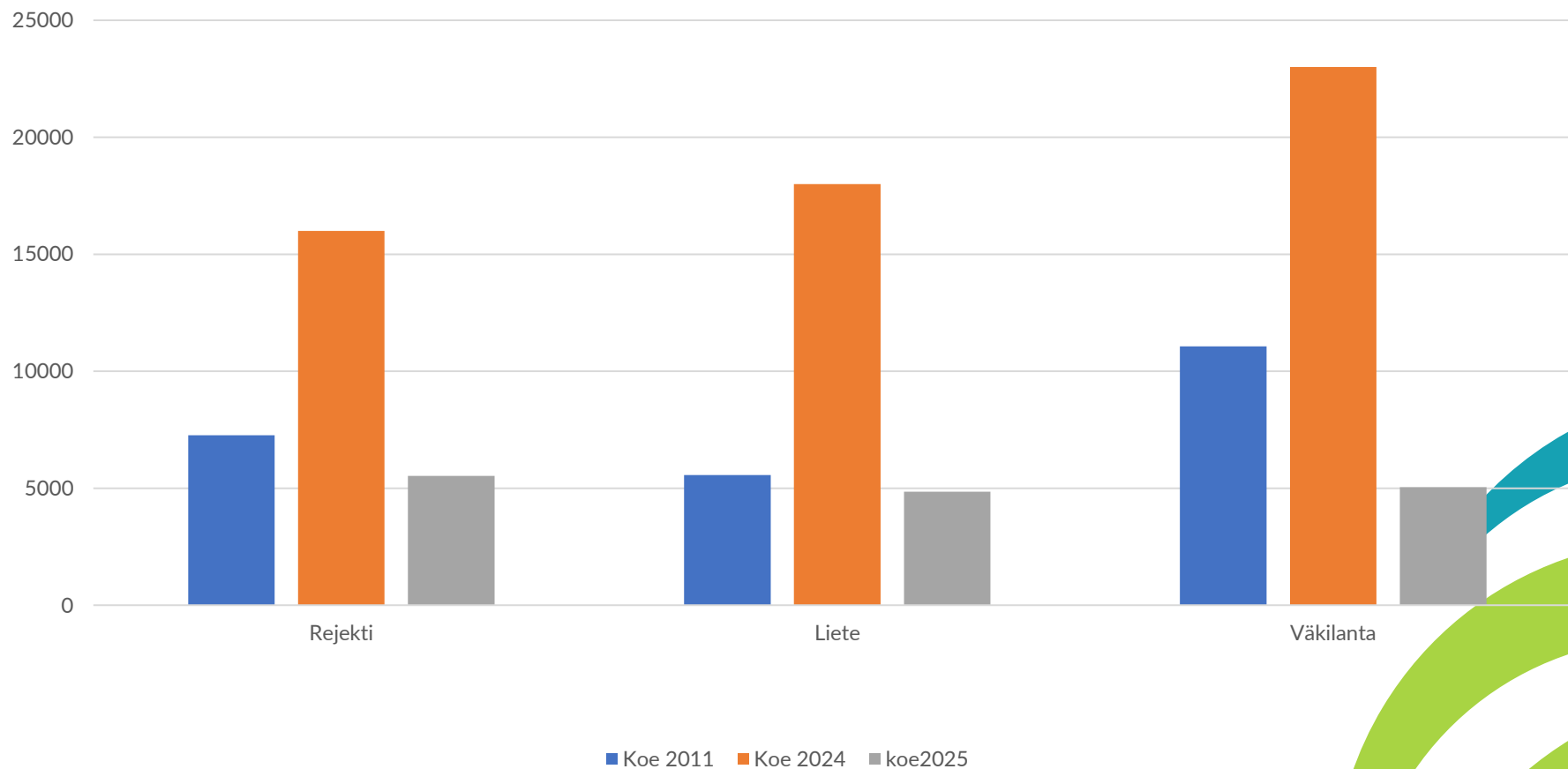


Ohran punti



Vertailua eri vuosien tuloksista

Vertailua: nurmen hehtaarisato 2011 vs. 2024 vs. 2025



Yleisiä havaintoja lannoituskokeista

- Mädatejäännöksellä kasvuun lähtö on ollut nopeampaa ja varmempaa, kuin kuilulietteellä.
- Satotaso on kuitenkin tasoittunut syksyä kohden
- Väkilannoitteella tasaisin satotaso verrattuna eri vuosia keskenään.
- Mikä on ollut mädatejäännöksen typpipitoisuus lannoitushekellä vs. lannoitussuunnitelma?



Rejektin separointi



- Separointi suoritettiin Ekoerotus Oy:n ruuviseparaattorillakeväällä 2025 Haapajärven biokaasupäivän yhteydessä.
- Lyhyen separointi jakson takia kiintoainetta ei saatu kovinkaan suuria määriä, jotta lannoituskokeet kiintojakeella olisi voitu suorittaa.



Lannoitejakeiden analyysit

- Kuiluliete.

Suure	arvo	yksikkö	arvo	yksikkö	arvo	yksikkö
Kuiva-aine	7,9	%				
Typpi (N) kokonaispitoisuus	38 (±7,6)	g/kg ka.	3	kg/tonni	3,1	kg/m ³
Liukoinen typpi (N)	20,5	g/kg ka.	1,6	kg/tonni	1,7	kg/m ³
Fosfori (P), kokonaispitoisuus	8,0 (±1,0)	g/kg ka.	0,63	kg/tonni	0,66	kg/m ³
Kalium (K) kokonaispitoisuus	33 (±4,0)	g/kg ka.	2,7	kg/tonni	2,8	kg/m ³
Magnesium (Mg) kokonaispitoisuus	7,4 (±1,5)	g/kg ka.	0,59	kg/tonni	0,61	kg/m ³
Kalsium (Ca) kokonaispitoisuus	10 (± 2,6)	g/kg ka.	0,81	kg/tonni	0,84	kg/m ³
Kupari (Cu) kokonaispitoisuus	38 (± 11)	mg/kg ka.	3	g/tonni	3,1	g/m ³
Mangaani (Mn) kokonaispitoisuus	190 (± 47)	mg/kg ka.	15	g/tonni	16	g/m ³
Sinkki (Zn) kokonaispitoisuus	240 (± 72)	mg/kg ka.	19	g/tonni	20	g/m ³
Natrium (Na) kokonaispitoisuus	4,3 (±1,7)	g/kg ka.	0,34	kg/tonni	0,36	kg/m ³
Boori (B) kokonaispitoisuus	16 (± 4,9)	mg/kg ka.	1,3	g/tonni	1,3	g/m ³

Lannoitejakeiden analyysit

Mädätejäännös

Suure	arvo	yksikkö	arvo	yksikkö	arvo	yksikkö
Kuiva-aine	3,8	%				
Typpi (N) kokonaispitoisuus	78 (±16)	g/kg ka.	3	kg/tonni	3	kg/m ³
Liukoinen typpi (N)	33,3	g/kg ka.	1,3	kg/tonni	1,3	kg/m ³
Fosfori (P), kokonaispitoisuus	14 (±1,8)	g/kg ka.	0,54	kg/tonni	0,54	kg/m ³
Kalium (K) kokonaispitoisuus	110 (±13,0)	g/kg ka.	4,2	kg/tonni	4,2	kg/m ³
Magnesium (Mg) kokonaispitoisuus	15 (±2,9)	g/kg ka.	0,56	kg/tonni	0,56	kg/m ³
Kalsium (Ca) kokonaispitoisuus	21(± 5,1)	g/kg ka.	0,79	kg/tonni	0,79	kg/m ³
Kupari (Cu) kokonaispitoisuus	72 (± 22)	mg/kg ka.	2,8	g/tonni	2,8	g/m ³
Mangaani (Mn) kokonaispitoisuus	330 (± 83)	mg/kg ka.	13	g/tonni	13	g/m ³
Sinkki (Zn) kokonaispitoisuus	390 (± 120)	mg/kg ka.	15	g/tonni	15	g/m ³
Natrium (Na) kokonaispitoisuus	12 (±4,9)	g/kg ka.	0,47	kg/tonni	0,47	kg/m ³
Boori (B) kokonaispitoisuus	29 (± 8,8)	mg/kg ka.	1,1	g/tonni	1,1	g/m ³

Lannoitejakeiden analyysit

Separoitu nestejæ

Suure	arvo	yksikkö	arvo	yksikkö	arvo	yksikkö
Kuiva-aine	3,7	%				
Typpi (N) kokonaispitoisuus	80 (\pm 16)	g/kg ka.	3	kg/tonni	3	kg/m ³
Liukoinen typpi (N)	48,6	g/kg ka.	1,8	kg/tonni	1,8	kg/m ³
Fosfori (P), kokonaispitoisuus	18 (\pm 2,4)	g/kg ka.	0,68	kg/tonni	0,69	kg/m ³
Kalium (K) kokonaispitoisuus	64 (\pm 7,6)	g/kg ka.	2,4	kg/tonni	2,4	kg/m ³
Magnesium (Mg) kokonaispitoisuus	7,4 (\pm 1,5)	g/kg ka.	0,63	kg/tonni	0,63	kg/m ³
Kalsium (Ca) kokonaispitoisuus	10 (\pm 2,6)	g/kg ka.	0,85	kg/tonni	0,87	kg/m ³
Kupari (Cu) kokonaispitoisuus	38 (\pm 11)	mg/kg ka.	2,4	g/tonni	2,5	g/m ³
Mangaani (Mn) kokonaispitoisuus	190 (\pm 47)	mg/kg ka.	14	g/tonni	14	g/m ³
Sinkki (Zn) kokonaispitoisuus	240 (\pm 72)	mg/kg ka.	15	g/tonni	16	g/m ³
Natrium (Na) kokonaispitoisuus	4,3 (\pm 1,7)	g/kg ka.	0,26	kg/tonni	0,26	kg/m ³
Boori (B) kokonaispitoisuus	16 (\pm 4,9)	mg/kg ka.	0,99	g/tonni	1	g/m ³

Lannoitejakeiden analyysit

Separoitu kiintojae

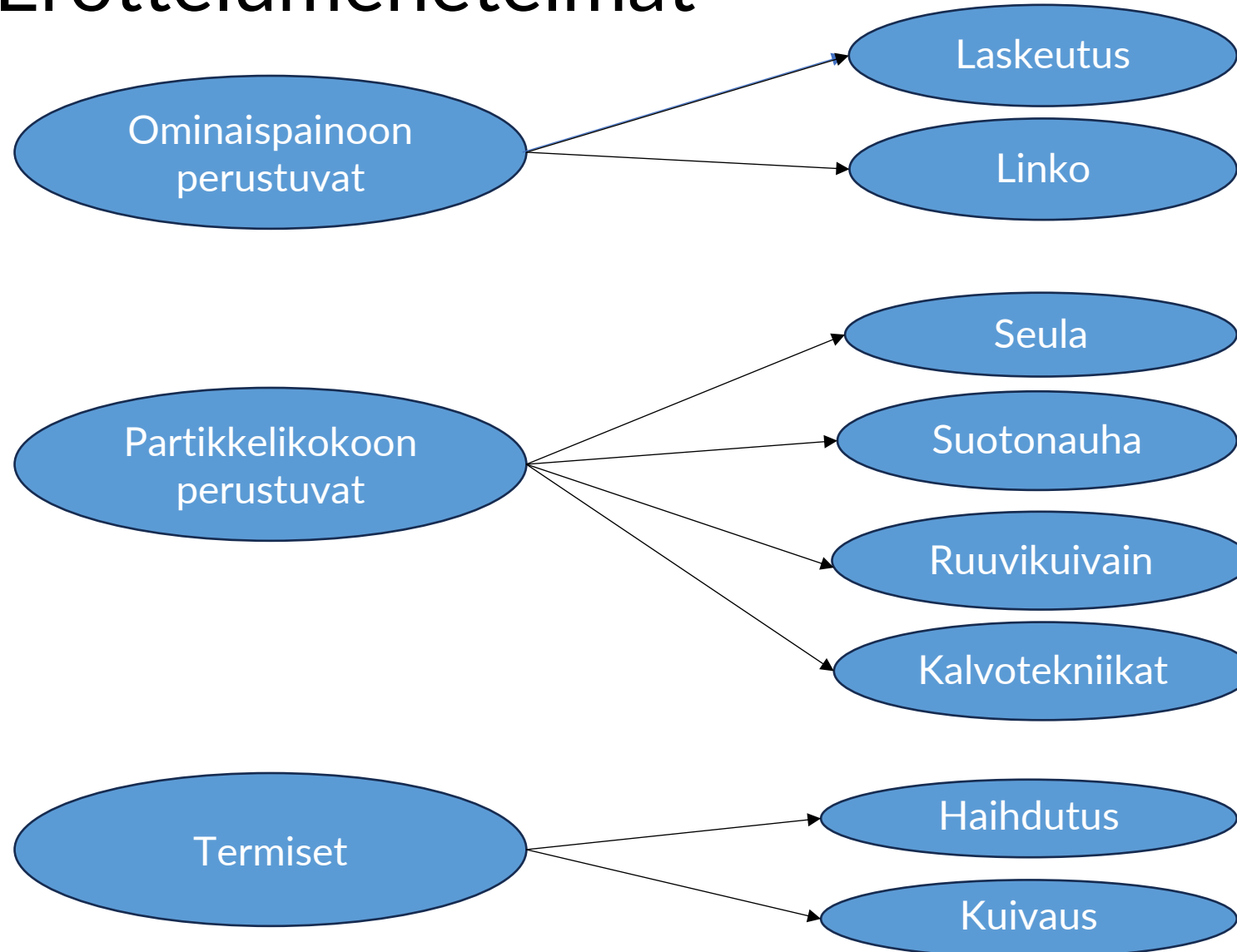
Suure	arvo	yksikkö	arvo	yksikkö	arvo	yksikkö
Kuiva-aine	23,9	%				
Typpi (N) kokonaispitoisuus	15 (± 16)	g/kg ka.	3,5	kg/tonni	3,5	kg/m ³
Liukoinen typpi (N)	1,2	g/kg ka.	0,28	kg/tonni	0,28	kg/m ³
Fosfori (P), kokonaispitoisuus	5,1	g/kg ka.	1,2	kg/tonni	0,45	kg/m ³
Kalium (K) kokonaispitoisuus	13 ($\pm 1,6$)	g/kg ka.	2,3	kg/tonni	1,2	kg/m ³
Magnesium (Mg) kokonaispitoisuus	4,7 ($\pm 0,93$)	g/kg ka.	1,1	kg/tonni	0,41	kg/m ³
Kalsium (Ca) kokonaispitoisuus	9,1 ($\pm 2,3$)	g/kg ka.	2,2	kg/tonni	0,8	kg/m ³
Kupari (Cu) kokonaispitoisuus	13 ($\pm 3,8$)	mg/kg ka.	3	g/tonni	1,1	g/m ³
Mangaani (Mn) kokonaispitoisuus	130 (± 31)	mg/kg ka.	30	g/tonni	11	g/m ³
Sinkki (Zn) kokonaispitoisuus	110 (± 32)	mg/kg ka.	26	g/tonni	9,4	g/m ³
Natrium (Na) kokonaispitoisuus	1,5 ($\pm 0,59$)	g/kg ka.	0,36	kg/tonni	0,13	kg/m ³
Boori (B) kokonaispitoisuus	19 ($\pm 5,6$)	mg/kg ka.	4,6	g/tonni	1,7	g/m ³

Yhteenveto

- Kuilulietteen fosforipitoisuus on korkeampi kuin normaali taulukkoarvo (+32 %), typen määrät ovat molemmat lähellä taulukkoarvoja,
- Mädatejäännöksen fosforipitoisuus on hieman korkeampi kuin normaali taulukkoarvo (+7 %), typen määrät ovat molemmat lähellä taulukkoarvoja, kokonaistyyppi (+3 %) ja liukeneva typpi (-30 %).
- Separoidun nestejakeen ja separoidun kiintoaineen typpipitoisuudet ovat lähellä taulukkoarvoja. Typpeä on enemmän nestejakeessa, kuin kiintojakeessa.
- Kiintojakeessa oli enemmän fosforia kuin nestejakeessa



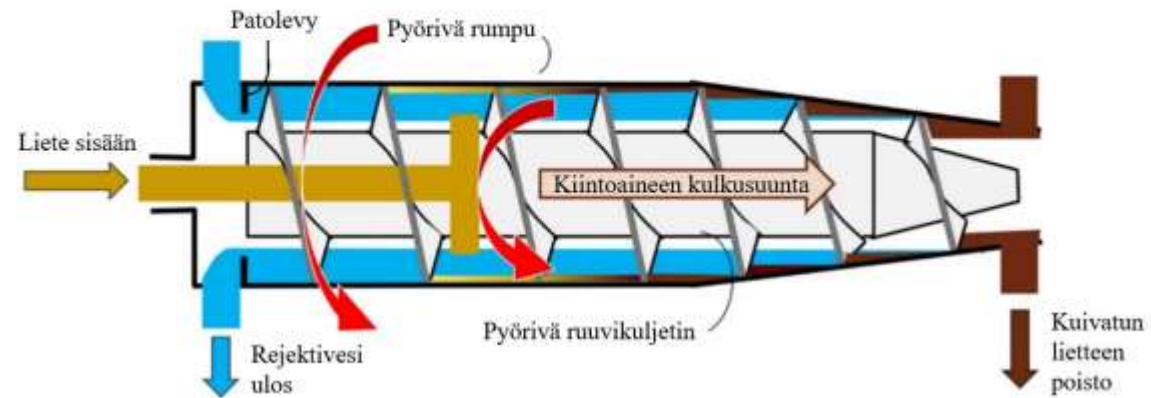
Erottelumenetelmät



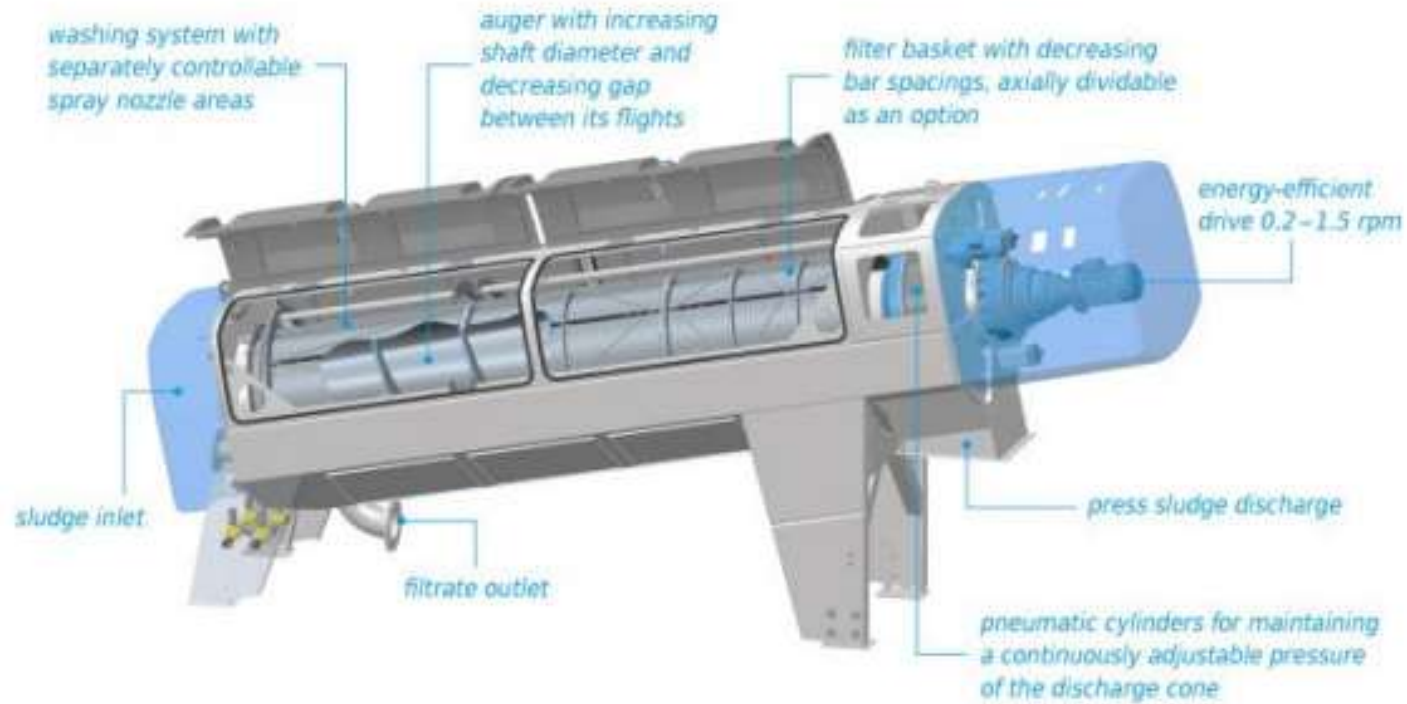
Tavoitteena erottaa rejektin tyyppi ja fosfori eri jakeisiin.
Typpi -> nestejäte,
Fosfori - > kiintojätettä.



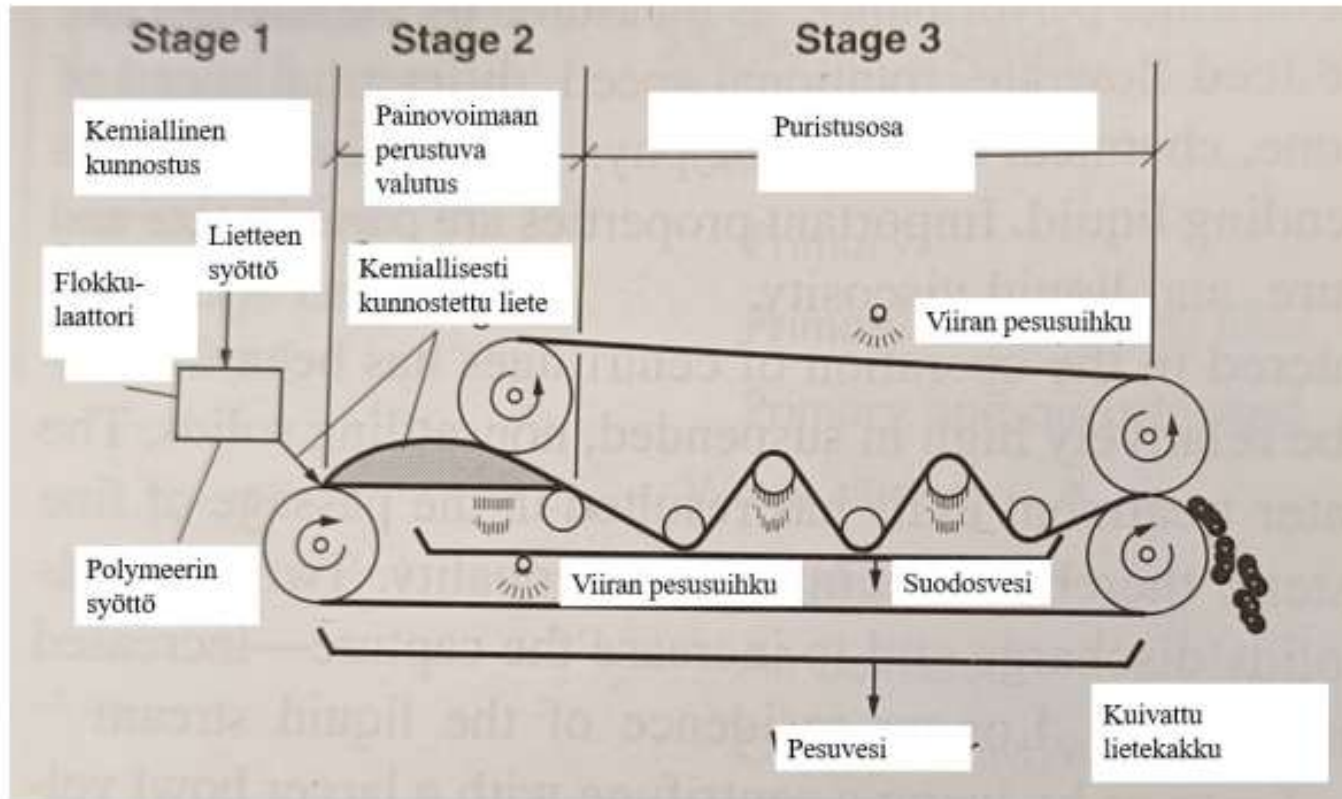
Dekantterilinko



Ruuvikuivain



Suotonauhapuristin



Nestejakeen jatkojalostus

- Nestejakea voidaan käyttää sellaisenaan typpipitoisena lannoitteena, eikä vaadi välttämättä jatkojalostusta. Sopii pienemmille laitoksille.
- Jatkojalostus:
 - Strippaus
 - Haihdutus
 - Kiteytys
 - Biologinen käsittely
 - Kemiallinen käsittely
 - Kalvotekniikka
- Yleisimmät Suomessa strippaus, haihdutus, biologinen käsittely ja kalvotekniikka



Strippaus

- Ammoniumtypen NH_4^+ -N poisto nesteestä kaasufaasiin ammoniakkinä NH_3
- Vaatii joko korotetun paineen ja/tai korotetun pH:n, jolloin ammoniumionit menettävät varauksensa ja muuttuvat ammoniakiksi.
- Ammoniakki on helpommin haituva yhdiste kuin vesi ja voidaan näin erottaa kaasufaasiin.
- Korkea pH parantaa erottuvuutta. Separoidun nestejakeen pH vaihtelee välillä 7,5 – 8,0. pH:n kohottamiseen strippausta varten voidaan käyttää esim. natriumhydroksidia.
- Siepattu ammoniakki otetaan talteen pesuriyksikössä, jossa ammoniakki muutetaan taas takaisin ei-haihtuvaan ammonium muotoon. Sieppausyksikön pH on hapan.
- Parhaimmillaan päästään 80 -95% talteenottotehokkuuteen.
- Haitat: likaantuminen, korroosio, tukkeutuminen ja vaahtoaminen sekä energian kulutus
- Tuotettuja typpiliuoksia voidaan käyttää typpilannoitteena tai teollisuudessa korvaamaan ureaa.

Haihdutus

- Haihdutusta voidaan käyttää joko suoraan kiintoaineen erotuksen jälkeen tai strippausprosessin jälkeen.
- pH hapan 5 -6, säätö rikkihapolla. Typpi nesteessä on ammoniummuodossa.
- Suoritetaan alipaineessa, lämpötila noin 80 °C, jolloin vesi kiehuu alemmassa lämpötilassa.



Kalvotekniikka

- Kalvoerotuksessa käytetään puoliläpäiseviä kalvoja
- Mahdollisuus erittäin suureen erotustarkkuuteen
- Tulovirta jakaantuu kalvossa läpimenevään (permeaatti) ja läpäisemättömään (retentaatti) ainevirtaan.
- Ajavana voimana käytetään yleensä painetta jolloin yhdisteitä siirtyy väkevämmästä liuoksesta kalvon läpi laimeampaan liuokseen.
- Haittana on kalvojen likaantuminen.



Typen biologinen poisto

- Perinteisessä menetelmässä typpi ensin nitrifioidaan nitraatiksi, jonka jälkeen se denitrifioidaan typeksi.
- Vaihtoehtoiset menetelmät perustuvat ammoniumtypen anaerobiseen hapettamiseen.
- Kaupallisia tekniikoita esim. DEMON ja ANAMMOX



Kiintojakeen jatkojalostus

- Yleensä mitään jatkojalostusta ei tarvita.
- Käyttö suoraan sellaisenaan lannoitteena pelloille.
- Voidaan käyttää turpeen korvikkeena kuivikkeena.
- Kiintojake voidaan kompostoida orgaanisten lisäsyötteiden kanssa. Tällöin syntyy lämpöä.
- Kompostointia voidaankin käyttää kiintojakeen hygienisoinnissa.
- Terminen kuivaus, jossa kiintoaineen pitoisuus nousee yli 90% Toimii myös hygienisointina.
- Termisen kuivauksen yhteydessä voidaan tehdä myös rakeistus.
- Pelletointi voidaan tehdä kuivauksen jälkeen.



Jatkojalosteiden käyttö

- Konsentroituja tuotteita voidaan käyttää lietelantojen typpi-fosforisuhteen parantamiseen. Yleensä lietelannoissa on liikaa fosforia verrattuna typpeen.
- Typen konsentroinnissa käytetään yleensä rikkihappoa pH:n säätämiseen -> rikkilannoitus saadaan samalla.
- Erilaisilla NIR-mittauksilla tulisi mitata mm. ravinnepitoisuuksia (N, P, K), kiintoainetta ja kuiva-ainetta.
- Kasvatuskokeissa keskeistä olisi tutkia rejektiveden typen (sis. liukoinen typpi) NIR- mittauksilla juuri ennen levitystä.
- Viljelysuunnitelmien arvio typpitaso levityshetkellä vs. todellinen lietteen typpitaso
- Lainsäädäntö?



Kiitos!

