



# Oamk Journal

Oulun ammattikorkeakoulun julkaisuja

Tämä on alkuperäisen julkaisun rinnakkaistallenne. Rinnakkaistallenne saattaa erota alkuperäisestä sivutukseltaan ja painoasultaan.

This is an electronic reprint of the original publication. This version may differ from the original in pagination and typographic detail.

Käytä viittauksessa alkuperäistä lähdettä/Please cite the original version:

Määttä, M., & Kosamo, J. (2025). Haitta-aineet osana ravinnekiertoa. *Oamk Journal*, (79). Oulun ammattikorkeakoulu. <http://urn.fi/urn:nbn:fi-fe2025060962947>

## METATIEDOT

**Tyyppi:** Artikkel

**Julkaisija:** Oulun ammattikorkeakoulu

**Julkaisunumero:** 79/2025

**Julkaisuvuosi:** 2025

**Tekijätiedot:** Määttä Marja, Kosamo Joni

**Oikeudet:** [CC BY-SA 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/)

**Kieli:** suomi

**Pysyvä osoite:** <http://urn.fi/urn:nbn:fi-fe2025060962947>

**Tiivistelmä:** Biokaasu on merkittävä biotalouteen liittyvä ratkaisu energiantuotannossa. Hyödyntämällä biokaasuntuotannossa esimerkiksi erilaisia maataloudesta ja yhdyskunnista syntyviä biomassoja voidaan edistää myös kiertotaloutta. Biokaasun tuotannosta syntyvällä mädätejäännöksellä on potentiaalia ravinteiden kierrätyksen näkökulmasta. Sivuvirtojen hyödyntäminen biokaasun tuotantoon ja mädätejäännöksen hyödyntäminen edelleen lannoitteiksi eivät kuitenkaan ole ongelmattomia, sillä osa biomassoista voi sisältää haitta-aineita. Haitta-aineet voivat heikentää biokaasuprosessia ja mädätejäännöksen sisältämällä haitta-aineilla voi olla suoria tai välillisiä vaikutuksia ympäristöön ja terveyteen. Syötemateriaalien ja mädätejäännösten osalta tarvitaan haitta-aineita koskevan analytiikan kehittämistä.

# Haitta-aineet osana ravinnekiertoa

18.6.2025 - Määttä Marja, Kosamo Joni

**Biokaasun tuotanto on yksi keskeisistä ratkaisuista biotalouden energiantuotantoon edistäen kiertotaloutta ja hyödyntäen yhdyskuntien biomassoja. Vaikka biokaasun tuotannosta syntyvällä mädätejäännöksellä on potentiaalia ravinteiden kierrätyksessä, sivuvirtojen ja mädätejäännöksen hyödyntäminen lannoitteiksi ei ole haitta-aineiden vuoksi vielä ongelmattonta. Haitta-aineet voivat heikentää biokaasuprosessia ja vaikuttaa ympäristöön sekä terveyteen, mikä korostaa tarvetta kehittää analytiikkaa.**

Osana ravinnekiertoa ja biokaasuprosessia hyödyllisten pääravinteiden ja hivenaineiden ohella kulkee myös haitta-aineita. Haitta-aineet ovat aineita, jotka voivat olla haitallisia jo pieninä pitoisuuksina. Erilaisia haitta-aineita ovat muun muassa raskasmetallit, mikromuovi ja lääkeaineet. Muita haitallisia aineita ovat esimerkiksi polysykliset aromaattiset hiilivedyt (PAH), polyklooratut bifenyylit (PCB) sekä dioksiinit.

Haitta-aineiden kulkeutumista elintarvikkeisiin ja sen kautta ihmisiin on tutkittu laajasti. On pyritty myös selvittämään, kuinka suuri riski lietteiden maatalouskäytöstä on ihmisille ja ympäristölle. Haitta-aineiden ongelmana on se, että vaikka ne eivät olisi yksittäisinä yhdisteinä haitallisia, niiden yhteisvaikutusta ympäristölle ja terveydelle ei vielä täysin tiedetä. Haitallisten aineiden yhteisvaikutus voikin olla merkittävä jo pieninä annoksina. Tämän vuoksi haitallisten aineiden pitoisuudet lainsäädännöllisesti esimerkiksi biokaasutuotannon mädätteessä on vielä osittain selvitysvaiheessa. EKOENERGIA-hankkeessa keskitytään ensin mainittuihin, biokaasutuotantoa haittaaviin yhdisteisiin sekä mädätejäännöksessä esiintyviin haitta-aineisiin ja mikromuoviin, jotka ovat haitallisia ympäristölle ja eliöille.

## Biokaasutuotannon vaiheet

Biokaasun tuotanto jakautuu karkeasti neljään vaiheeseen. Ensimmäisessä vaiheessa tapahtuu syötteen vastaanotto, käsittely, hygienisointi ja syötteen siirto reaktoriin. Toisessa vaiheessa syöte mädätetään reaktorissa, jonka jälkeen käsitellään reaktorituotteet. Mädäte erotellaan nestemäiseen ja kuivaan jakeeseen. Raakakaasu välivarastoidaan ja jalostetaan käytettäväksi välivarastoinnin jälkeen. Reaktorin tila on

hapeton, joten biokaasuprosessin mädätysprosessia ylläpitää anaerobiset bakteerit. Mädätysprosessin ylläpitoon tarvittava bakteerikanta on erittäin laaja ja reaktioreitit erittäin monimutkaiset. Saman bakteerisuvun bakteerit saattavat osallistua hyvinkin erilaisiin, toisistaan poikkeaviin hajotusprosesseihin biokaasutuotannossa.

Tutkimusten mukaan korkea mikrobidiversiteetti korreloi korkean metaanituotannon kanssa. Koska mikrobien toiminta vaatii toimiakseen sopivat olosuhteet, pH:n ja lämpötilan mittaaminen ovat tärkeässä roolissa mikrobidiversiteetin ylläpidon kannalta. Suurimmalle osalle mikrobeista optimaalinen pH on 7 ja lämpötila 35–37 °C, jolloin puhutaan mesofiilisesta lämpötilasta. Mesofiilistä lämpötilaväliä suositetaan, koska se tarjoaa hyvän tasapainon biokaasuprosessin vakauden ja biokaasutuotannon tehokkuuden välillä. (Rajesh Banu, 2019, s. 15–16, 19.)

Anaerobisen biohajoamisen pääreaktiot ovat hydrolyysi, happokäyminen, asetogeneesi ja metanogeneesi. Hydrolyysaatiossa muodostuu monomeeriyhdisteitä, vetyä ja vettä, kun happokäymisessä puolestaan muodostuu rasvahappoja, alkoholeja, ketoneja, hiilidioksidia ja vettä. Asetogeenivaiheessa mikrobit hajottavat reaktiotuotteita asetaatiksi ja viimeisessä vaiheessa metanogeenit hajottavat kolmannen vaiheen tuotteet lopputuotteiksi eli metaaniksi ja hiilidioksidiksi. Mikrobien ketjussa edellä mainitut vaiheet tarkoittavat orgaanisten molekyylien hajoamista mikrobien toiminnan seurauksena aina pienemmiksi ja pienemmiksi molekyyleiksi ja lopulta metaaniksi ja hiilidioksidiksi. (Rajesh Banu, 2019, s. 15–16.)

## Biokaasutuotantoa inhiboivat yhdisteet

Biokaasutuotannon kannalta laaja mikrobidiversiteetti on erittäin tärkeää. Sen lisäksi tärkeää on biokaasuprosessia haittaavien vaikutusten minimointi. Koska syötteiden koostumus voi vaihdella huomattavasti mädätysprosessien välillä, se tuo mukanaan erilaisia haasteita. Inhibiittori eli biokaasuprosessia haittaava aine voi olla mukana syötteessä tai muodostua biokaasuprosessin aikana. Esimerkiksi runsaasti proteiinia ja rasvaa sisältävillä syötteillä on korkea energiapitoisuus ja siten suuri metaanipotentiali, mutta ne voivat joskus aiheuttaa prosessihäiriöitä haittaavien yhdisteiden muodostumisen tai vaahtoamisen vuoksi. Anaerobisen mädätysprosessin optimoimiseksi ja sen ohjaamiseksi olisi tärkeää tuntea ja ymmärtää tärkeimpien mikro-organismien aineenvaihduntakapasiteetit. Esimerkiksi hivenaineiden riittävä läsnäolo on tärkeää, jotta mikrobien aineenvaihduntaprosessit tapahtuvat. Jos aineenvaihduntaprosessien toiminta

estyy hivenainepuutoksen vuoksi, seurauksena voi olla rasvahappojen kertyminen.

Etenkin propionihappo on haitallinen biokaasutuotannon kannalta. (Rajesh Banu, 2019, s. 24–25.)

Yksi haitallisimmasta biokaasuprosessin inhibiittorista on ammoniakki (Rajesh Banu, 2019, s. 23). Korkeat ammoniakkipitoisuudet vaikuttavat mikrobidiversiteettiin sitä heikentävästi. Selluloosan tehottoman hajoamisen ja korkeiden ammoniakkipitoisuuksien välillä on osoitettu selkeä korrelaatio (Rajesh Banu, 2019, s. 26). Toisaalta optimaalinen ammoniakkipitoisuus varmistaa tehokkaan puskurointikyvyn anaerobiselle hajotusprosessille, jolloin biokaasuprosessi pysyy stabiilimpana.

Biokaasuprosesseissa yksi yleisimmistä syötteistä on ammoniakkia sisältävä lanta. Syötteenä käytettävän lannan ammoniakkipitoisuus vaihtelee, jolloin prosessissa olevan ammoniakkin määräkin vaihtelee. Ne lannat, jotka sisältävät runsaasti ammoniakkia, heikentävät biokaasutuotantoa etenkin biokaasutuotannon käynnistysvaiheessa. Muita biokaasuprosessia haittaavia yhdisteitä ovat muun muassa rikkivety ja nitraatit.

## Haitta-aineet biokaasuprosessissa ja ravinnekierrossa

Osana ravinnekiertoa ja biokaasuprosessia hyödyllisten pääravinteiden ja hivenaineiden ohella kulkee myös haitta-aineita. Haitta-aineet ovat sellaisia aineita, jotka voivat olla haitallisia jo pieninä pitoisuuksina. Erilaisia haitta-aineita ovat muun muassa raskasmetallit, mikromuovi ja lääkeaineet, joita Oulun ammattikorkeakoulun (Oamk) BKTY-laboratoriossa (bio- ja kiertotalouden tuote- ja ympäristölaboratorio) tarkastellaan. Muita haitallisia aineita ovat esimerkiksi PAH- (polysykliset aromaattiset hiilivedyt), PCB- (polyklooratut bifenyylit) ja dioksiinit.

Haitta-aineiden kulkeutumista elintarvikkeisiin ja sitä kautta ihmisiin on tutkittu laajasti. On pyritty selvittämään, kuinka suuri riski jätevesilietteistä valmistetun mädätteen maatalouskäytöstä on ihmisille ja ympäristölle. Haitta-aineiden ongelmana on se, että vaikka ne eivät olisi yksittäisinä yhdisteinä haitallisia, niiden yhteisvaikutusta ympäristölle ja terveydelle ei vielä täysin tiedetä. Haitallisten aineiden yhteisvaikutus voikin olla merkittävä jo pieninä annoksina. Tämän vuoksi haitallisten aineiden pitoisuudet lainsäädännöllisesti esimerkiksi biokaasutuotannon mädätteessä on vielä osittain selvitysvaiheessa. Laboratorioanalyysissä keskitytään hankkeessa ensin mainittuihin, biokaasutuotantoa haittaaviin yhdisteisiin sekä mädätejäännöksessä esiintyviin haitta-aineisiin ja mikromuoviin, jotka ovat haitallisia ympäristölle ja eliöille.

Haitta-ainepitoisuuksia ja mikromuoveja voidaan tutkia eri laboratoriolaitteistojen ja menetelmien avulla. Analyysit auttavat ymmärtämään paremmin ympäristön tilaa ja kehittämään ratkaisuja ympäristön sekä terveyden suojelemiseksi. BKTY-laboratorion toiminta keskittyykin ympäristön suojelun ja kestävän kehityksen edistämiseen.

Laboratorianalyseja voidaan tehdä kahdesta näkökulmasta: haitta-aineet ja yhdisteet, jotka häiritsevät biokaasuprosessia tai biokaasuprosessista saatavan mädätejäännöksen sisältämien haitta-aineiden analysoiminen. EKOENERGIA-hankkeessa laboratorioanalyseja tehdään mädätejäännöksille ja syötteille. Biokaasuprosessia haittaavia yhdisteitä ja muita tekijöitä tarkastelemme teoreettisella tasolla. Tällä hetkellä ehkä tärkeimmät biokaasuprosessin mittausparametrit, jotka suoritetaan ovat metaanintuotto, lämpötila, alkaliniteetti (puskurointikyky) sekä pH-arvo. Myös syötteen syöttönopeutta mitataan.

## Analyyysien menetelmäkehitys

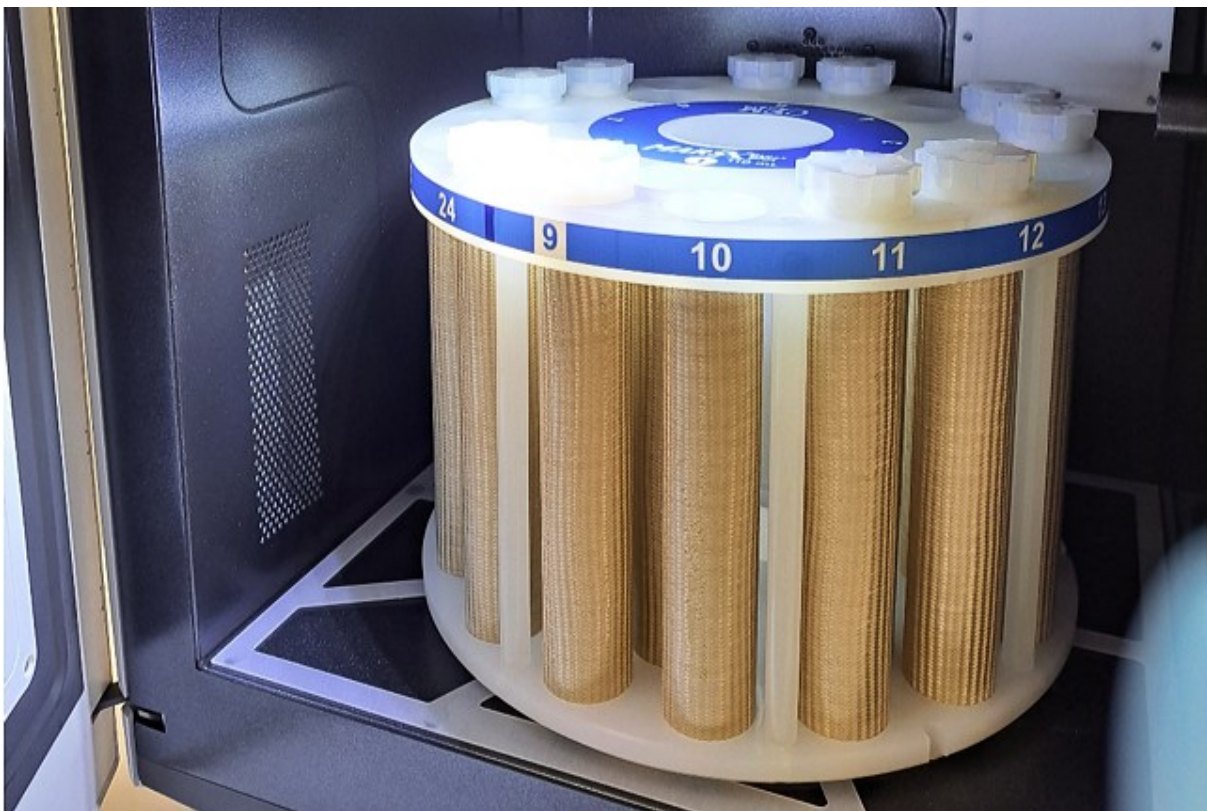
Raskasmetallien määrää maaperässä ja jätevesissä on tutkittu jo pitkään. Raskasmetallien haitallinen vaikutus ympäristöön ja ihmisten terveyteen on pystytty toteamaan, minkä seurauksena raskasmetallien esiintymismäärille maaperässä ja vedessä on asetettu laissa raja-arvot (Maa- ja metsätalousministeriön asetus lannoitevalmisteista 6.10.2023/964). Lainsäädäntö rajoittaa myös biokaasutuotannossa saatavien rejektien jatkokäyttöä muun muassa rejektin sisältämien metallimäärien mukaan. Metallit alkuaineina eivät häviä luonnon kiertokulussa, vaan ne voivat ainoastaan muuttaa muotoaan. Osa maaperässä esiintyvistä raskasmetalleista, kuten kupari ja sinkki, ovat kuitenkin välttämättömiä kasvien aineenvaihduntaprosessien kannalta. Vaikka niitä ei luokitella varsinaisesti haitta-aineiksi, ne voivat olla suurina pitoisuuksina haitallisia ihmisille ja ympäristölle, minkä vuoksi niiden määrää maaperässä ja ravintokierrossa on syytä seurata. Huomioitavaa on, että maaperässä esiintyy myös luonnostaan metalleja.

Raskasmetallien määrää biokaasusyötteissä ja rejekteissä mitataan ICP-OES-tekniikan (kuvat 1 ja 2) avulla, joka on yleinen menetelmä metallimäärityksiin. ICP-OES-tekniikalla voidaan mitata tarkasti biokaasurejekteissä esiintyvien metallien määrää. Erityisen haitallisia raskasmetalleja ympäristön ja eliöiden kannalta ovat kadmium, elohopea, lyijy, arseeni ja kromi (Proagria, 2020, s. 10). Edellä mainitut raskasmetallit voivat kertyä ravintoketjussa ja aiheuttaa esimerkiksi hermostovaurioita, munuaisvaurioita ja syöpää. Etenkin kadmium on siitä haitallinen raskasmetalli, sillä sen puoliintumisaika on kymmeniä

vuosia (Tuomisto, 2020). Käytännössä siis lähes kaikki elämän aikana ravinnon mukana kertynyt kadmium jää elimistöön pysyvästi.



KUVA 1. Ennen varsinaisia analyysimittauksia näytteiden valmisteluissa on useita eri vaiheita (kuva: Marja Määttä).



KUVA 2. Kiinteät näytteet käsitellään märkäpolttomikroaaltouunissa, jotta ne saadaan analyysija varten nestemäiseen muotoon (kuva: Marja Määttä).

Mikromuovitutkimus on vielä uudempaa tutkimusaluetta ja tutkimusmenetelmät ovat siten kehitysvaiheessa. Mikromuovit ovat pieniä muovihiukkasia, jotka voivat aiheuttaa merkittäviä ympäristöhaittoja. Mikromuoveiksi luokitellaan sellaiset muovihiukkaset, jotka ovat alle 5 millimetrin kokoisia (Shi ym., 2024, s. 2).

Mikromuovihiukkasia esiintyy laajasti ympäristössämme. Voidaan todeta, että mikromuovit ovat päätyneet osaksi ympäristöämme, sillä mikromuovihiukkasia on löydetty elintarvikkeista, juomavedestä, maaperästä, kasveista sekä sisä- ja ulkoilmasta.

Mikromuoveille altistutaan päivittäin ravinnon ja hengityksen kautta. Mikromuoveja on löydetty ihmisiltä muun muassa verestä ja keuhkoista. Myös ihmisen aivoista on löydetty huomattavat määrät mikromuovia, mikä on huolestuttavaa (Freeborn, 2024). Mikromuovien terveysvaikutuksia tunnetaan vielä hyvin vähän, mutta joidenkin tutkimusten mukaan mikromuovit aiheuttavat suurina pitoisuuksina kroonisia tulehduksia.

Ympäristössä mikromuovit voivat kulkeutua ravintoketjussa laajalle päästölähteestään (Shi ym., 2024, s. 2). Joidenkin tutkimusten mukaan mikromuovit heikentävät ruuantuotantoa heikentämällä kasvien yhteyttämistä, jonka seurauksena sadot pienenevät.

Mikromuovien levinneisyyden ja haitallisuuden vuoksi mikromuovien määrää ympäristössä, etenkin mädätteissä, selvitetään myös EKOENERGIA-hankkeessa. Mikromuovien määrää ja laatua selvitetään FTIR-laitteiston avulla (kuva 3), joka on tehokas menetelmä orgaanisten yhdisteiden ja mikromuovien tunnistamiseen sekä analysointiin (Shi ym., 2024, s. 5). FTIR-tekniikan avulla voidaan tunnistaa erilaisia muovilajeja ja niiden alkuperää, mikä auttaa ymmärtämään paremmin mikromuovien leviämistä ja vaikutuksia ympäristöön.



KUVA 3. FTIR-spektroskoopilla mittaus on nopea, mutta näytevalmistelu vie reilun viikon. Kuvassa on meneillään FTIR-testaus muoville (kuva: Joni Kosamo).

Kolmas ja ehkä laajin haitta-aineanalyysikokonaisuus EKOENERGIA-hankkeessa liittyy lääkeaineiden määrien analysointiin syötteissä ja rejekteissä. Lääkeaineanalytiikka keskittyy etenkin syötteenä käytettävien jätevesilietteiden mädätteisiin. Yleisimpiä lääkeaineita ovat erilaiset kipulääkkeet, verenpainelääkkeet, hormonit ja antibiootit. Osa kipulääkkeiden vaikuttavista aineista, kuten ibuprofeini, saadaan lähes kokonaan poistettua jäteveden puhdistusprosessissa lietteeseen. Lääkeaineita ja lääkeainejäämiä tiedetään kuitenkin jäävän puhdistettuun veteen (Helsingin seudun ympäristöpalvelut, 2024). Koska suuri osa lääkeainejäämistä päättyy lietteeseen puhdistusprosessissa, ne kulkeutuvat lietteen mukana ympäristöön ja vaikuttaa haitallisesti ekosysteemeihin. Yksi reitti luontoon päätyemisessä onkin biokaasuprosessista muodostuva rejekti, jota voidaan käyttää lannoitteena tietyin reunaehdoin.

## Lääkeaineanalytiikka

Lääkeainejäämien analysointi vesinäytteistä on melko monimutkaista. On siis sanomattakin selvää, että analysointi on vielä huomattavan monimutkaisempaa mädätteestä tai lannasta, jotka sisältävät huomattavan määrän erilaisia yhdisteitä

mitattavien aineiden lisäksi. Lääkeaineanalytiikkaa voidaan tehdä LC-MS-laitteistolla. Triplekvadrupoli LC-MS-tekniikka on erittäin toimiva menetelmä erityisesti monimutkaisten näytteiden analysoinnissa. Tekniikka yhdistää nestekromatografian (LC) ja kolmoismassaspektrometrian (MS/MS), mikä mahdollistaa yhdisteiden erottelun ja tarkan kvantifioinnin. Triplekvadrupoli LC-MS-laitteiston resoluutio mahdollistaa alhaiset havaitsemisrajat ja korkean selektiivisyyden, mikä on erityisen hyödyllistä haastavissa näytematriiseissa, kuten lietteissä.

Laitteisto kykenee erottamaan ja tunnistamaan yhdisteitä monimutkaisista seoksista, mikä tekee siitä arvokkaan työkalun paitsi lääkeaineiden analysoinnissa, niin myös ympäristömyrkyjen, luonnon arvoaineiden ja elintarvikkeiden analysoinnissa. LC-MS-tekniikan käyttöönotto tulee olemaan merkittävä askel eteenpäin laboratoriossamme, sillä se mahdollistaa entistä tarkempien ja laajempien analyysien tekemisen myös tulevilla hankkeilla.

EKOENERGIA-kehittämishankkeen rinnalla toimii samanniminen investointihanke, joka mahdollistaa triplekvadrupoli LC-MS-laitteiston hankinnan. Se on uusi lisä BKTY-laboratorion analyysimenetelmiin. Hankkeen analytiikan kehittämiseen tarvittavaa laitteistoa varten saatiin merkittävä investointituki EU:n Oikeudenmukaisen siirtymän rahastosta. Hankinta on huomionarvoinen, sillä triplekvadrupoli LC-MS-laitteistoja ei juurikaan Pohjois-Suomessa tai ylipäätään Suomessa ole. Uuden triplekvadrupolin LC-MS-laitteiston käyttöönotto vaatii huolellista analyysien suunnittelua ja uusien menetelmien käyttöönottoa sekä menetelmäkehitystä. Laitteiston käyttöönoton ja analyysien osalta tehdään paljon yhteistyötä yritysten ja tutkimuslaitosten kanssa parhaan mittauspotentiaalinsa saavuttamiseksi.

## Lainsäädännön nykytila

Ravinnekiertoa kansallisella ja EU:n tasolla on suunniteltu ja toteutettu jo hyvin pitkän aikaa. Ravinnekierrossa on otettu huomioon lannan ja maatalousbiomassojen hyötykäyttö ympäristönäkökulman lisäksi myös elinkeinonäkökulmasta. Ravinnekierto on keskeinen ekologinen prosessi, jolla varmistetaan tärkeiden ravinteiden, kuten typen ja fosforin, kiertäminen ekosysteemissä oikein. Samalla varmistetaan maaperän pysyminen hedelmällisenä. Tehokas ravinnekierto on siis välttämätöntä maatalouden ja ympäristönsuojelun kannalta, sillä se vähentää synteettisten lannoitteiden tarvetta ja

minimoi ravinteiden valumista vesistöihin. Hyvä ravinnekierto varmistaa ravinteiden jäämisen maaperään. (Maa- ja metsätalousministeriö, n.d.)

Ravinnekiertoon ja kiertotalouteen kuuluvat olennaisena osana maatalouden ja teollisuuden sivuvirtojen, kuten lannan ja biomassan, hyödyntäminen uudelleen. Ravinnekierron avulla voidaan kehittää uusia tuotteita ja liiketoimintamalleja, jotka perustuvat resurssien tehokkaaseen käyttöön ja kierrätykseen.

Kiertotalous vaatii tarkkaa ja ajantasaista lainsäädäntöä. Lainsäädäntö on monimutkainen ja laaja-alainen kokonaisuus, joka vaatii jatkuvaa päivitystä ja kehittämistä.

EKOENERGIA-hankkeessa lainsäädäntöä tarkastellaan muun muassa biokaasutuotannosta saatavan rejektin uudelleenkäytön näkökulmasta.

Biokaasutuotannon syötteinä voivat olla muun muassa jo aiemmin mainitut teollisuuden sivuvirrat, lanta ja jätevesilietteet, mutta myös kotitalousbiojätteet. Kierrätyslannoitteiden käytöllä varmistetaan ravinteiden kierron ohella hiilen kiertoa, jolloin ympäristöystävällisyysnäkökulma tulee huomioiduksi. Biokaasutuotannosta saatavien rejektien käytön kannalta keskeisimmät lainsäädännöt liittyvät tällä hetkellä raskasmetallien määriin, eläimistä saatavien sivutuotteiden käyttöön syötteenä sekä taudinaiheuttajiin (Salmonella ja E. coli) (Ruokavirasto, 2024, b).

Eläimistä saatavien sivutuotteiden käytöstä lannoitteena on tarkat luokitukset. Muiden kuin ihmisravinnoksi tarkoitettujen eläimistä saatavien sivutuotteiden ja niistä johdettujen tuotteiden käyttöä lannoitevalmisteissa ohjaa EY:n sivutuoteasetus 1069/2009 ja EU:n täytäntöönpanoasetus 142/2011 (Ruokavirasto, 2024, a, c). Lisäksi kansallinen sivutuotelaki 517/2015 (Laki eläimistä saatavista sivutuotteista 24.4.2015/517) ja maa- ja metsätalousministeriön asetus 783/2015 (Maa- ja metsätalousministeriön asetus eläimistä saatavista sivutuotteista 18.6.2015/783) ohjaavat lannoitevalmisteiden käyttöä. Edellä mainittuja lannoitelakeja ohjaa ruoantuotanto kierrätyslannoitealueella, mutta lainsäädännössä huomioidaan myös kasvit. Lainsäädäntö kieltää rejektien käytön lannoitteena tai maanparannusaineena, jotka sisältävät haitallisten kasvitautien siemeniä.

Joidenkin kierrätyslannoitteiden kohdalla käytetään varoaikaa, joka riippuu biokaasutuotannossa käytetystä syöttestä. Käsittelyn jätevesilietteen käyttö biokaasutuotannossa ja siitä saatavan kierrätyslannoitteen käyttö ihmisravinnoksi viljeltävillä kasveilla vaatii kahden vuoden varoajan ja eläimille tarkoitetulla rehulla vuoden varoajan (Virolainen-Hynnä & Pitkänen, 2024, s. 38). Orgaanisilla lannoitteilla, kuten orgaanisilla eläinperäisillä kivennäislannoitteilla, varoaika on vähintään 21 vuorokautta,

jolloin tuotantoeläimet eivät saa laiduntaa eikä laidunkasvillisuutta saa käyttää ruokintaan (Kiertoravinne.fi, n.d.). Varoajat ovat tärkeitä, koska ne varmistavat, että mahdolliset haitalliset aineet ehtivät hajota tai poistua ennen kuin kasveja käytetään ravinnoksi tai rehuksi.

## Lainsäädännön kehitys

Aikaisemmin lannoitelainsäädäntö koski vain epäorgaanisia lannoitteita ja osaa kalkitusaineista. Uuden asetuksen myötä lannoitelakisäädäntö koskee myös orgaanisia lannoitteita, orgaanisia kivennäislannoitteita, kalkitusaineita, maanparannusaineita, kasvualustoja, inhibiittoreita, kasvibiostimulantteja sekä lannoitevalmisteiden mekaanisia seoksia. Näin EU-lainsäädäntö mahdollistaa sisämarkkinat myös orgaanisille lannoitteille ja maanparannusaineille. Uudistunut lannoitelainsäädäntö astui voimaan 14.7.2019, ja sitä on sovellettu 16.7.2022 alkaen (Maa- ja metsätalousministeriö, 2019). Uudistunut lannoitelainsäädäntö yhdenmukaistaa EU:n alueella markkinoitavien lannoitevalmisteiden valmistus- ja laatuvaatimukset.

Kansallinen jätelain laaja uudistus (Laki jätelain muuttamisesta 15.7.2021/714) sisältää EU:ssa hyväksytyt uudet jätelain säädökset sekä lisää jätteen kierrätystä. Biojätteen erilliskeräysvelvoite laajeni jätelain uudistuksessa koskemaan vähintään viiden huoneiston asuinkiinteistöltä sekä kaikista yli 10 000 asukkaan taajamista (Virolainen-Hynnä & Pitkänen, 2024, s. 12). Biojätteitä voidaan hyödyntää syötteenä biokaasutuotannossa, mutta kompostointi on myös mahdollista.

## Analytiikan kehittämällä ympäristökestävämpiin ratkaisuihin

Lainsäädännön avulla on jo voitu asettaa raja-arvot useille haitallisille aineille, joita esiintyy biokaasutuotannosta saatavissa ja lannoitteena käytettävissä rejekteissä. Mikromuovin ja lääkeainejäämien osalta tarvitaan lisätutkimusta ja analytiikan kehitystä. Hankkeessa pyritään kehittämään analytiikkaa siten, että lääkeainejäämien ja mikromuovien määristä ravintoainekierrossa saadaan konkreettista tietoa. Tavoitteena on parantaa jatkuvasti analyysien tarkkuutta ja laajuutta, jotta ympäristönsuojeluun voidaan tarjota entistä parempia ratkaisuja.

Yksi hankkeen tavoitteista on edistää kierrätyslannoitteiden käyttömahdollisuuksia. Samalla tavoitteena on kehittää osaamista, jotta alueen yritysten ja muiden organisaatioiden tarpeisiin voidaan vastata myös hankkeen jälkeen tavalla, joka hyödyttää myös opiskelijoiden osaamisen kehittymistä työelämää paremmin palvelevaksi. Oamk on sitoutunut edistämään kestävästä kehityksestä ja ympäristön hyvinvointia.

### **Marja Määttä**

projektiasiantuntija, EKOENERGIA-hanke

TKI-yksikkö/Vähähiilisyys

Oulun ammattikorkeakoulu

### **Joni Kosamo**

lehtori ja projektiasiantuntija, EKOENERGIA-hanke

Liiketalous ja luonnonvara-ala

Oulun ammattikorkeakoulu

## **[Haapaveden-Siikalatvan seutukunnan ekoenergia – toimintamalli maaseudun hybridiin uusiutuvaan energiaan \(EKOENERGIA\)](#)**

Tavoite: Hankkeen tavoitteena on luoda toimintamalli maaseudun hybridiin, paikallisesti keskitettyyn energiantuotantoon, jakeluun, varastointiin ja käyttöön. Maaseudun hybridissä uusiutuvan energian toimintamallissa keskitytään erityisesti biokaasuun, aurinkoenergiaan ja tuulivoimaan sekä näiden yhteensovittamiseen. Hankkeessa edistetään myös ravinnekierron kehittämistä muun muassa kehittämällä biokaasun tuotannossa hyödynnettävien syötemateriaalien ja mädätejäännösten mahdollisia haitta-aineita koskevaa analytiikkaa.

Kesto: 1.9.2023–31.8.2026

Rahoittajat: Hanke on Euroopan unionin osarahoittama. Rahoituksen on myöntänyt Pohjois-Pohjanmaan liitto

Koordinaattori: Haapaveden-Siikalatvan seudun kuntayhtymä

Osatoteuttaja: Oulun ammattikorkeakoulu

**[Kaikki hankkeen julkaistut Oamk Journalissa](#)**

# Lähteet

Freeborn, J. (23.9.2024). Scientists discover microplastics in the olfactory bulbs of the human brains. *Medical News Today*. <https://www.medicalnewstoday.com/articles/discover-microplastics-brain-olfactory-bulbs-first-time>

Helsingin seudun ympäristöpalvelut. (2024). *Haitalliset aineet ja kemikaalit jätevedessä*. <https://www.hsy.fi/vesi-ja-viemarit/vinkit-veden-ja-viemarin-kayttoon/haitalliset-aineet-ja-kemikaalit/>

Kiertoravinne.fi. (n.d.). *Verkkosivut*. <https://kiertoravinne.fi/>

Laki eläimistä saatavista sivutuotteista 24.4.2015/517. <https://finlex.fi/fi/laki/alkup/2015/20150517>

Laki jätelain muuttamisesta 15.7.2021/714. <https://finlex.fi/fi/laki/alkup/2021/20210714>

Maa- ja metsätalousministeriö. (3.7.2019). *Uusi EU-lannoitevalmisteasetus vauhdittaa orgaanisten ja jätepohjaisten lannoitevalmisteiden käyttöä* [tiedote]. <https://mmm.fi/-/uusi-eu-lannoitevalmisteasetus-vauhdittaa-orgaanisten-ja-jatepohjaisten-lannoitevalmisteiden-kayttoa>

Maa- ja metsätalousministeriö. (n.d.). *Ravinteet ja energia hyötykäyttöön*. <https://mmm.fi/ravinteetkiertoon>

Maa- ja metsätalousministeriön asetus eläimistä saatavista sivutuotteista 18.6.2015/783. <https://finlex.fi/fi/laki/alkup/2015/20150783>

Maa- ja metsätalousministeriön asetus lannoitevalmisteista 6.10.2023/964. <https://finlex.fi/fi/laki/alkup/2023/20230964>

ProAgria. (2020). *Puhdistamolietteen käyttö maataloudessa*. Vesilaitosyhdistys. [https://www.proagria.fi/uploads/archive/attachment/puhdistamolieteopas\\_2020\\_linkit\\_1.pdf](https://www.proagria.fi/uploads/archive/attachment/puhdistamolieteopas_2020_linkit_1.pdf)

Rajesh Banu, J. (toim.). (2019). *Anaerobic digestion*. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.73348>

Ruokavirasto. (2024a). *Lainsäädäntö*. <https://www.ruokavirasto.fi/kasvit/lannoitevalmisteet/lainsaadanto2/>

Ruokavirasto. (2024b). *Elintarvikkeiden mikrobiologiset vaatimukset – Ohje elintarvikealan toimijoille* [Ohje 4095/04.02.00.01/2020/5].

<https://www.ruokavirasto.fi/elintarvikkeet/oppaat/elintarvikkeiden-mikrobiologiset-vaatimukset—ohje-elintarvikealan-toimijoille/elintarvikkeiden-mikrobiologiset-vaatimukset—ohje-elintarvikealan-toimijoille/>

Ruokavirasto. (2024c). *Sivutuotelainsäädäntö*.

<https://www.ruokavirasto.fi/elaimet/elaimista-saatavat-sivutuotteet-ja-kuolleet-elaimet/elaimista-saatavat-sivutuotteet/sivutuotelainsaadanto/>

Shi, Y., Shi, L., Huang, H., Ye, K., Yang, L., Wang, Z., Sun, Y., Li, D., Shi, Y., Xiao, L., & Gao, S. (2024). Analysis of aged microplastics. *Environmental Chemistry Letters*, 22, 1861–1888. <https://doi.org/10.1007/s10311-024-01731-5>

Tuomisto, J. (2020). *Vieläkö raskasmetalleista on ongelmia?* Terveyskirjasto.

<https://www.terveyskirjasto.fi/asy00220>

Virolainen-Hynnä, A., & Pitkänen, N. (2024). *Toimiala-analyysi: Orgaanisten kierrätyslannoitevalmisteiden valmistus ja markkinat* [Suomen Biokierto & Biokaasu ry:n julkaisu 3/2024]. [https://biokierto.fi/wp-content/uploads/2024/03/Toimiala-analyysi\\_Kierratyslannoitteiden-valmistus-ja-markkinat\\_SBB\\_5.3.2024-1.pdf](https://biokierto.fi/wp-content/uploads/2024/03/Toimiala-analyysi_Kierratyslannoitteiden-valmistus-ja-markkinat_SBB_5.3.2024-1.pdf)