
MÄDÄTYSJÄÄNNÖKSEN KASAVARASTOINNIN RAVINNEVALUMAT



Euroopan unioni
Euroopan aluekehitysrahasto

HAMK
HÄMEEN AMMATTIKORKEAKOULU

Ammattikorkeakoulun opinnäytetyö

Bio- ja elintarviketekniikka

Visamäki, kevät 2014

Anni Pihkamäki



Tekijä Anni Pihkamäki **Vuosi** 2014**Työn nimi** Määtysjäännöksen kasavarastoinnin ravinnevalumat

TIIVISTELMÄ

Biokaasulaitosten määtysjäännöstä voidaan hyödyntää lannoitevalmisena, ja sitä joudutaan varastoimaan lannoitteiden levitysrajoitusten vuoksi. Määtysjäännöksen varastointi laitosalueella on ympäristöluvan varaisista toimintaa. Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää määtysjäännöksen kasavarastoinnin aikana syntyvien valumavesien määrä, koostumus ja vaikutus määtysjäännöksen ravinnepitoisuuksiin. Opinnäytetyö liittyi helmikuussa 2013 alkaneeseen EAKR-hankkeeseen ”Biojätteistä ja lietteistä kestävä toimintaa” (Bioliike), jota rahoitetaan Etelä-Suomen EAKR-ohjelmasta.

Kirjallisuusosiossa selvitettiin määtysjäännöksen muodostuminen, hyötykäyttömahdollisuuksia, varastointitapoja ja varastoinnin aikana syntyneiden valumavesien hallintakeinoja biokaasulaitoksilla.

Kokeellisessa osiossa tehtiin määtysjäännöskasan valumaseuranta talvi-kuukausien aikana 21.11.2013–27.3.2014. Valumavesi- ja määtysjäännösnäytteistä analysoitiin mm. pääravinteet sekä kemiallinen ja biologinen hapenkulutus. Vastaavia asioita selvitettiin laboratorio-olosuhteissa kahden eri biokaasulaitoksen eri-ikäisille määtysjäännöksille sadevesiuuttokokeilla. Koejakso oli lyhyt (2vkoa) simuloiden lähinnä lyhyen sadejakson vaikutusta eri-ikäisten määtysjäännösten valumiin.

Määtysjäännöksen kasavarastoinnin noin 4 kk:n talvi-seurannan aikana valuma-vettä syntyi yhteensä 833 litraa 14,4 m² alalta, eli 58 l/m². Seuranta-jakso oli normaalitalvea lämpimämpi ja kasa oli jäässä tarkkailujaksosta noin 1 kk:n ajan. Valumavesien myötä määtysjäännöksen suurimmat ravinnehäviöt syntyivät ammoniumtypen osalta, noin 10 %. Kokonaistypen ja fosforin osalta ravinnehäviöt olivat pieniä, alle 1,5 %. Orgaanisen aineen (BOD) pitoisuus valumavedessä oli 600 mg/l, joka vastaa pitoisuutena normaalia jätevettä. Valumat eivät aiheuttaneet määtysjäännökselle merkittäviä ravinnehäviöitä noin neljän talvi-kuukauden kasavarastoinnin aikana.

Avainsanat Määtysjäännös, varastointi, valumavesi**Sivut** 68 s. + liitteet 6 s.

VISAMÄKI

Degree Programme in Biotechnology and Food Engineering
Environmental Biotechnology



Euroopan unioni
Euroopan aluekehitysrahasto

Author

Anni Pihkamäki

Year 2014

Subject of Bachelor's thesis

Nutrient leachate of pile stored digestate

ABSTRACT

Digestate can be used, for example, as a fertilizer. Because of this it must be stored due to spreading restrictions of fertilizers. The storage of digestate requires an environmental license. The purpose of this thesis was to find out the amount of leachates, the composition of leachates and their impact on the nutrient composition of the digestate during the pile storage. The thesis was related to the EAKR-project "Sustainable activities of organic wastes and sludges" (Bioliike) started in February 2013 and funded by South Finland's EAKR-program.

The literature section deals with the formation of digestates, utilization possibilities, the ways of storage and management methods of leachates during storage in different biogas facilities

In the experimental section the leachate of the pile stored digestate was followed during winter months (21 Nov 2013-27 March 2014). In the follow-up of leachates, their amount, compounds and impact on the digestate were studied. Similar things were studied in laboratory circumstances for two different digestates of different ages from two different biogas facilities through water extraction tests. The test period was short (2 weeks) mainly simulating the impacts of a short period of rain on the leachates of digestates of different ages.

During four months of pile storage of digestate a total of 833 liters leachates from 14,4 m² area or 58 l/m² was produced. The follow-up period was warmer than in normal winter and the pile was frozen one month during that time. The largest nutrient loss in the digestate during the follow-up period was that of the ammonium, about 10 %. The total nitrogen and phosphorous nutrient losses were low, under 1,5 %. The share of easily degradable organic substances in leachates was 0,06 % which was similar to the normal sewage. Hence, it was found out that the leachates formed didn't cause significant nutrient losses during the four months of pile storage.

Keywords Digestate, storage, leachate

Pages 68 p. + appendices 6 p.

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	1
2	ANAEROBINEN HAJOAMINEN	2
2.1	Tyypilliset raaka-aineet ja niiden käsittelyvaatimukset	2
2.2	Yleiskuvaus prosessista.....	3
2.3	Biokaasun käsittely	5
2.4	Mädätysjäännöksen käsittely.....	5
2.4.1	Kompostointi	6
2.4.2	Vanhentaminen.....	9
2.4.3	Terminen kuivaus ja rakeistus	9
3	MÄDÄTYSJÄÄNNÖKSEN KOOSTUMUS	9
3.1	Kuiva-aine ja orgaaninen aines	10
3.2	Ravinnepitoisuudet.....	10
3.3	Ravinteiden jakautuminen.....	11
4	MÄDÄTYSJÄÄNNÖKSEN HYÖDYNTÄMINEN	12
4.1	Lannoitekäyttö.....	13
4.1.1	Käyttösuositukset ja -rajoitukset	15
4.2	Muut käyttömahdollisuudet.....	15
5	BIOKAASULAITOKSEN YMPÄRISTÖLUPA	16
5.1	Mädätysjäännöksen varastointi - yleistä	16
5.2	Mädätysjäännöksen varastointi – Jeppo Biogas Ab.....	17
6	MÄDÄTYSJÄÄNNÖKSEN VARASTOINTI ERI BIOKAASULAITOKSILLA..	18
6.1	VamBio Oy:n ympäristölupahakemus Kuopion biokaasulaitokselle	19
6.2	VamBio Oy:n biokaasulaitos Vampula.....	19
6.3	Envor Biotech Oy Forssa	20
6.4	Kymen BioEnergia Kouvola	21
6.5	St1 Biofuels Hämeenlinna.....	21
6.6	Varastointi maataloilla	22
6.7	Varastoinnin vaikutus mädätysjäännöksen sisältämälle typelle.....	24
7	VALUMAVESIEN HALLINTA	25
7.1	Kaatopaikkavesien hallinta	26
7.2	Biokaasulaitosten valuma- ja suotovesien hallinta.....	26
8	KOKEELLINEN OSIO	27
8.1	Mädätysjäännöksen kasavarastointikokeen aloitus	27
8.2	Näytteenotto	29
8.3	Laboratoriotason sadevesiuuttotestit	30
8.3.1	Biokaasulaitos A mädätysjäännöksen sadevesiuuttokoe	31
8.3.2	Biokaasulaitos B mädätysjäännöksen sadevesiuuttokoe	31
8.4	Analyysit	31
8.4.1	pH	32
8.4.2	Kokonaistyyppi ja liukoinen kokonaistyyppi	32

8.4.3	Ammoniumtyppi.....	32
8.4.4	KokonaisCOD eli COD _{tot} ja liukoinenCOD eli COD _{sol}	32
8.4.5	BOD ₇	32
8.4.6	Kokonaisfosfori ja liukoinen fosfori.....	33
8.4.7	Kiintoaine.....	33
8.4.8	TS ja VS – pitoisuudet.....	33
9	TULOKSET JA NIIDEN TARKASTELU.....	33
9.1	Valumakokeen tulokset.....	33
9.1.1	Valuman määrä ja pH.....	34
9.1.2	Kokonaistyyppi ja liukoinen kokonaistyyppi.....	36
9.1.3	Ammoniumtyppi.....	38
9.1.4	COD.....	39
9.1.5	BOD ₇	40
9.1.6	Kokonaisfosfori ja liukoinen kokonaisfosfori.....	40
9.1.7	Kiintoaines.....	43
9.1.8	Mädätysjäännöksen TS- ja VS-pitoisuudet.....	43
9.2	Sadevesiuuttokokeiden tulokset.....	44
9.2.1	Sadevesiuuttokokeiden vesitaseet, valumien määrät ja pH:t.....	44
9.2.2	Kokonaistyyppi ja liukoinen kokonaistyyppi.....	46
9.2.3	Ammoniumtyppi.....	50
9.2.4	COD.....	53
9.2.5	BOD ₇	54
9.2.6	Kokonaisfosfori ja liukoinen kokonaisfosfori.....	55
9.2.7	Kiintoaines.....	58
9.2.8	Mädätysjäännösten TS- ja VS- pitoisuudet kokeen alussa ja lopussa...	59
9.3	Sadevesiuuttokokeiden ja valumakokeen vertailu.....	60
9.4	Virhetarkastelua.....	62
10	POHDINTAA JA JOHTOPÄÄTÖKSET.....	63
	LÄHTEET.....	65
Liite 1	Sääseuranta mädätysjäännöksen valumakokeen aikana	
Liite 2	Biokaasulaitoksen valumakokeen (kasa) tuloksia	
Liite 3	Biokaasulaitos A:n sadevesiuuttokokeen tuloksia	
Liite 4	Biokaasulaitos B:n sadevesiuuttokokeen tuloksia	

1 JOHDANTO

Mädätysjäännös on yksi anaerobisen prosessin lopputuotteista. Anaerobinen prosessi on osa suljettua ravinnekiertoa. Prosessiin syötetyt ravinteet poistuvat sieltä mädätysjäännöksen mukana. Mädätysjäännöstä voidaan hyödyntää esimerkiksi lannoitevalmisteena sellaisenaan tai esimerkiksi mekaanisesti kuivattuna. Lannoitevalmisteena hyödyntäessä rajoittavana tekijänä on Suomessa vallitseva ilmasto. Lannoitevalmisteita ei voida levittää pelloille maan ollessa jäässä. Lannoitevalmisteiden levittämistä pelloille säädellään esimerkiksi maatalouteen, energiantuotantoon ja ympäristönsuojeluun liittyvien lakien avulla. Esimerkiksi typpipitoisten lannoitevalmisteiden levitys pelloille on kielletty 15.10–5.4. välisenä aikana. Näin ollen varastointiajat vaihtelevat vähintään 0-5,5 kk välillä.

Mädätysjäännöstä joudutaan siis varastoimaan biokaasulaitoksilla esimerkiksi varastokentillä tai siiloissa sen olomuodosta riippuen. Mekaanisesti kuivatun mädätysjäännöksen yleisiin varastointitapa on varastointi kasoissa varastokentällä. Mädätysjäännöksen varastointi on ympäristöluvan alaista toimintaa, jolloin biokaasulaitoksen ympäristöluvassa on eriteltävä varastointitavat ja siitä mahdollisesti aiheutuvien suoto- ja valumavesien hallinta- sekä käsittelytavat.

Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää mädätysjäännöksen kasavarastoinnin aikana syntyvien valuma- ja suotovesien määrä, valumien koostumus koejakson aikana sekä niiden vaikutus varastoidulle mädätysjäännökselle. Opinnäytetyön kirjallisuusosiossa selvitettiin mädätysjäännöksen muodostuminen, koostumus sekä hyödyntämistavat ja varastointiin liittyvät ympäristölupa-asiat. Kirjallisuusosiossa on myös selvitetty eri biokaasulaitosten tapoja varastoida mädätysjäännöksiä sekä laitosten tapoja hallita varastoinnista aiheutuvia suoto- ja valumavesiä.

Opinnäytetyön kokeellisessa osiossa suoritettiin noin neljän talvikuukauden mittainen mädätysjäännöskasan valumaseuranta. Kasavarastoinnin aikana syntynyt valumamäärä selvitettiin ja analysoitiin laboratoriossa sekä laskettiin valumien aiheuttamat ravinnehäviöt mädätysjäännökselle. Työssä tehtiin myös kahden eri biokaasulaitoksen mädätysjäännöksille ”sadevesiuuttokokeita” laboratorio-olosuhteissa, joiden tarkoituksena oli selvittää miten mädätysjäännöksen varastointiaika vaikuttaa muodostuneiden valumien koostumuksiin.

Opinnäytetyö liittyy helmikuussa 2013 alkaneeseen EAKR-hankkeeseen ”Biojätteistä ja lietteistä kestävää toimintaa” (Bioliike), jota rahoitetaan Etelä-Suomen EAKR-ohjelmasta. Hanketoteuttajina ovat HAMK, LAMK ja Laurea – ammattikorkeakoulut, ja hankkeessa on mukana jäte- ja vesihuoltoalan yrityksiä ja biopolttoainetuottajia. Tämän opinnäytetyön toimeksiantaja oli HAMK.

2 ANAEROBINEN HAJOAMINEN

Mädätysprosessissa raaka-aineiden orgaanista ainesta hajotetaan mikrobiin avulla hapettomissa eli anaerobisissa olosuhteissa. Hajoamistuotteena mikrobit tuottavat biokaasua. Jäljelle jäävää osaa kutsutaan mädätysjäätökseksi. Biokaasu koostuu lähinnä metaanista 55–70 % ja hiilidioksidista 30–45 %. Biokaasua voidaan hyödyntää energian lähteenä eri tavoin, esimerkiksi sähkön ja lämmön tuotannossa, liikennepolttoaineena sekä mekaanisen energian tuottamisessa. Mädätysjäätöstä voidaan puolestaan hyödyntää sen sisältäminen ravinteiden myötä esimerkiksi lannoitevalmisteenä tai kompostimullan raaka-aineena. (Lehtomäki, Paavola, Luostarinen & Rintala 2007, 44.)

2.1 Tyypilliset raaka-aineet ja niiden käsittelyvaatimukset

Biokaasulaitokset voidaan jaotella esimerkiksi raaka-aineiden mukaan. Erilaisia jaotteluja ovat maatilalaitokset, yhteismädätyslaitokset ja jätevedenpuhdistamoiden biokaasulaitokset eli lietemädättämöt. (Lehtomäki ym. 2007) Olemassa on myös erityislaitoksia, kuten Hämeenlinnassa sijaitseva St1Biofuelsin biokaasulaitos, jossa raaka-aineena käytetään ainoastaan biojätepohjaista materiaalia, josta on ennen mädätystä valmistettu bioetanolia. (St1 Oy 2014)

Maatilalaitokset käyttävät raaka-aineena lähinnä lantaa, joka on syntynyt omalla tilalla tai sopimustilalla. Pelkkää lantaa käyttävien maatilalaitosten metaanintuottopotentiaali on alhaisempi verrattuna yhteismädätyslaitoksiin, johtuen lannan alhaisesta ominaistuotosta (litraaCH₄/kgVS eli metaanintuotto) verrattuna esimerkiksi teurastamojätteeseen (Luostarinen 2014) Lannan alhaisen kuiva-ainepitoisuuden vuoksi metaanintuottopotentiaali reaktoritilavuutta kohti on alhainen käsiteltäessä pelkkää lantaa. Maatiloilla voidaan saannon parantamiseksi lisätä syötteen sekaan esimerkiksi tilalla syntyvää kasvibiomassaa, jolloin voidaan puhua yhteiskäsittelystä. (Lehtomäki ym. 2007, 19.)

Yhteismädättämöissä käsitellään useampia raaka-aineita yhtä aikaa, jolloin voidaan säätää syötteen kosteus- ja ravinnepitoisuus. Näin prosessiin saadaan mahdollisimman tehokas orgaanisen aineen hajoaminen sekä voidaan optimoida metaanin tuotto. (Partanen 2010, 12.) Yhteismädättämöissä käsitellään muun muassa teollisuuden ja kotitalouksien biojätettä, lantaa, sakkokaivo- ja puhdistamolietteitä sekä peltobiomassoja. (Lehtomäki ym. 2007, 19.) Mikäli laitoksessa käytetään eläinperäisiä raaka-aineita, täytyy laitoksen hakea hyväksyntä viranomaisilta. Hyväksynnän myöntää Evira eli Suomen Elintarviketurvallisuusvirasto. (Latvala 2009, 17.)

Jätevedenpuhdistamoiden biokaasureaktoreiden syötteenä käytetään jäteveden puhdistuksessa syntyneitä lietettä sekä muita lietteitä. (Latvala 2009,19.) Taulukossa 1 on esitetty eri raaka-aineiden metaanintuottopotentiaaleja.

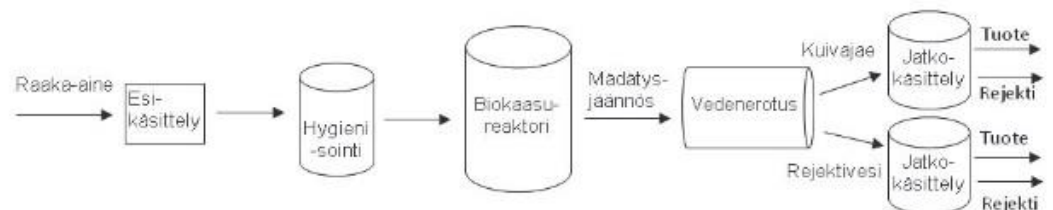
Taulukko 1. Eri raaka-aineiden metaanintuottopotentiaaleja orgaanista ainetta ja märkääpainoa kohti (Luostarinen 2014)

Raaka-aine	Metaanintuotto m ³ /t VS	Metaanintuotto m ³ / t märkääpaino
Teurastamojäte	500–900	100–300
Lanta	120–490	10–156
Jätevesiliete	220–430	10–32
Biojäte	300–500	130
Kasvibiomassa	300–500	30–150

Biokaasulaitoksen toimintaa säätelee merkittävästi Euroopan parlamentin ja neuvoston antama niin sanottu Sivutuoteasetus 1069/2009/EY sekä sitä täydentävä komission asetus 142/2011/EY. Asetukset koskevat muiden kuin ihmisravinnoksi tarkoitettujen eläimistä saatujen sivutuotteiden ja niistä johdettujen tuotteiden terveysäädöksiä. Asetuksessa kerrotaan muun muassa käsiteltäviksi sopivista materiaaleista ja niiden käsittely menetelmistä sekä lopputuotteen laadusta ja sen jatkokäytöstä. Sivutuoteasetuksessa luokitellaan erilaiset raaka-aineina käytettävät sivutuotteet kolmeen eri luokkaan niiden aiheuttaminen riskien vakavuuksien mukaan. Luokan 1 tuotteet eivät sovellu lainkaan biokaasulaitoksessa käsiteltäviksi. Luokkaan 2 kuuluvat tuotteet tulee painesteriloida 133 °C:ssa 20 barin paineessa keskeytyksettä 20 minuutin ajan. Luokkaan 3 kuuluvat tuotteet tulee hygienisoida 70 °C:ssa yhden tunnin ajan ennen käsittelyä tai käsittelyn jälkeen biokaasulaitoksella. Lanta kuuluu luokkaan 2 mutta sitä voidaan käyttää raaka-aineena biokaasulaitoksessa ilman painesterilointia, mikäli se ei sisällä tarttuvan taudin riskiä. (Sivutuoteasetus 1069/2009/EY)

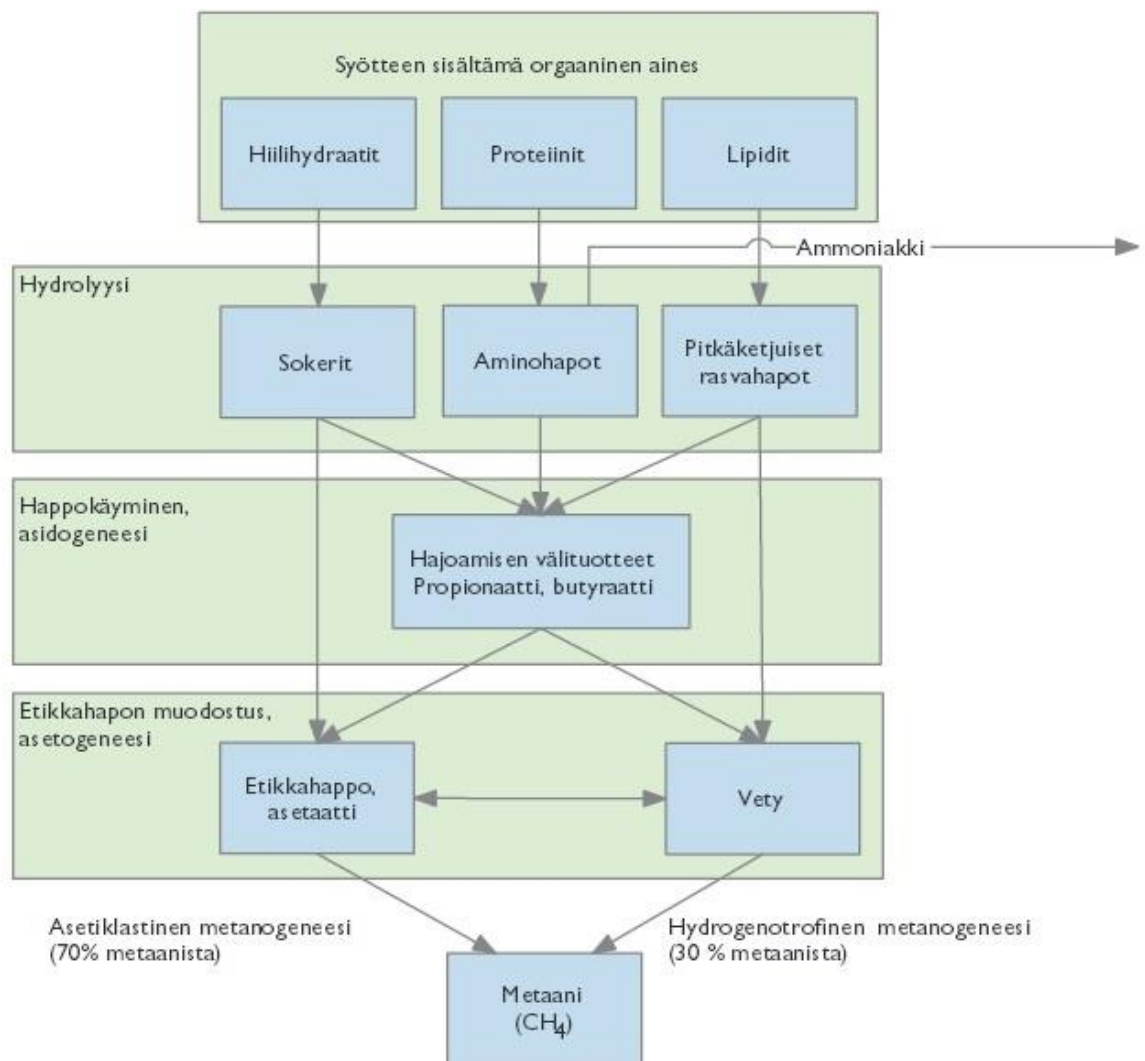
2.2 Yleiskuvaus prosessista

Tavanomainen mädätysprosessi on kuvattu kuvassa 1. Prosessi alkaa raaka-aineiden vastaanotosta, jonka jälkeen raaka-aineet esikäsitellään niiden vaatimalla tavalla. Erilaisia esikäsitelytapoja ovat esimerkiksi epäpuhtauksien kuten muovin ja metallin poisto, murskaus, painesterilointi (mikäli raaka-aineita luokasta 2) ja hygienisointi (luokkaan 3 kuuluvat raaka-aineet). Syöteseoksen kuiva-ainepitoisuus ja orgaanisen aineen pitoisuus säädetään raaka-aineiden avulla sopivaksi prosessille. Märkäprosessin kuiva-ainepitoisuus on alle 15 % ja kuivaprozessilla 20–40 % välillä. (Luoma, Peltonen, Helin, Teräväinen 2006, 68–69.)



Kuva 1. Yleiskuvaus mädätysprosessista (Marttinen ym. 2013)

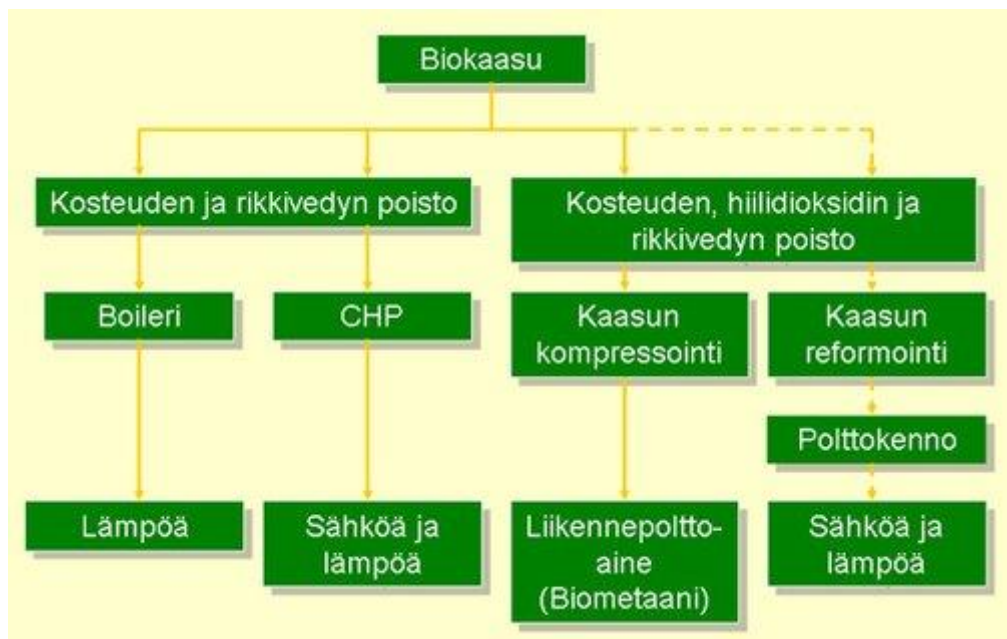
Itse mädätys tapahtuu biokaasureaktorissa anaerobisissa olosuhteissa joko termofiilisessä lämpötilassa, 50–55 °C, mesofiilisessä lämpötilassa, 35–37 °C tai psykrofiilisessä lämpötilassa < 25 °C. Prosessiin valittava lämpötila on riippuvainen käytetystä syötteestä. Termofiilisen prosessin etuna on muun muassa sen nopeus, patogeenien tehokas tuhoutuminen sekä tehokkuus. Termofiilinen prosessi on kuitenkin herkempi häiriötekijöille kuten esimerkiksi inhibiittoreille ja pH:n muutoksille, joten näin ollen mesofiilinen prosessi on vakaampi. Termofiilinen prosessi kuluttaa myös enemmän energiaa suuremman lämmitystarpeen vuoksi. (Al Seadi Finsterwalder, Janssen, Knöttner, Prassl, Rutz & Volk 2008, 23–24.) Biokaasureaktorissa erilaiset mikrobit hajottavat syötteen orgaanista ainesta kuvan 2 mukaisesti.



Kuva 2. Anaerobinen hajoaminen biokaasureaktorissa (Latvala 2009,30.)

2.3 Biokaasun käsittely

Mädätysprosessin yhtenä lopputuotteena syntyy biokaasua, joka sisältää metaania keskimäärin 60 %. Biokaasu sisältää myös hiilidioksidia sekä pieniä määriä happea, rikkivetyä, ammoniakkia, vetyä ja hääkää. (Lehtomäki ym. 2007, 45.) Biokaasu sisältää myös kosteutta, mikä voi haitata jatkokäsittelyssä. Näin ollen kaasun kuivausta suositellaan erilaisilla vedenerottimilla. Tällöin myös suurin osa korroosiota aiheuttavasta rikkivedystä saadaan poistettua. (Latvala 2009, 41–42.) Biokaasua voidaan hyödyntää kuvan 3 mukaisesti.

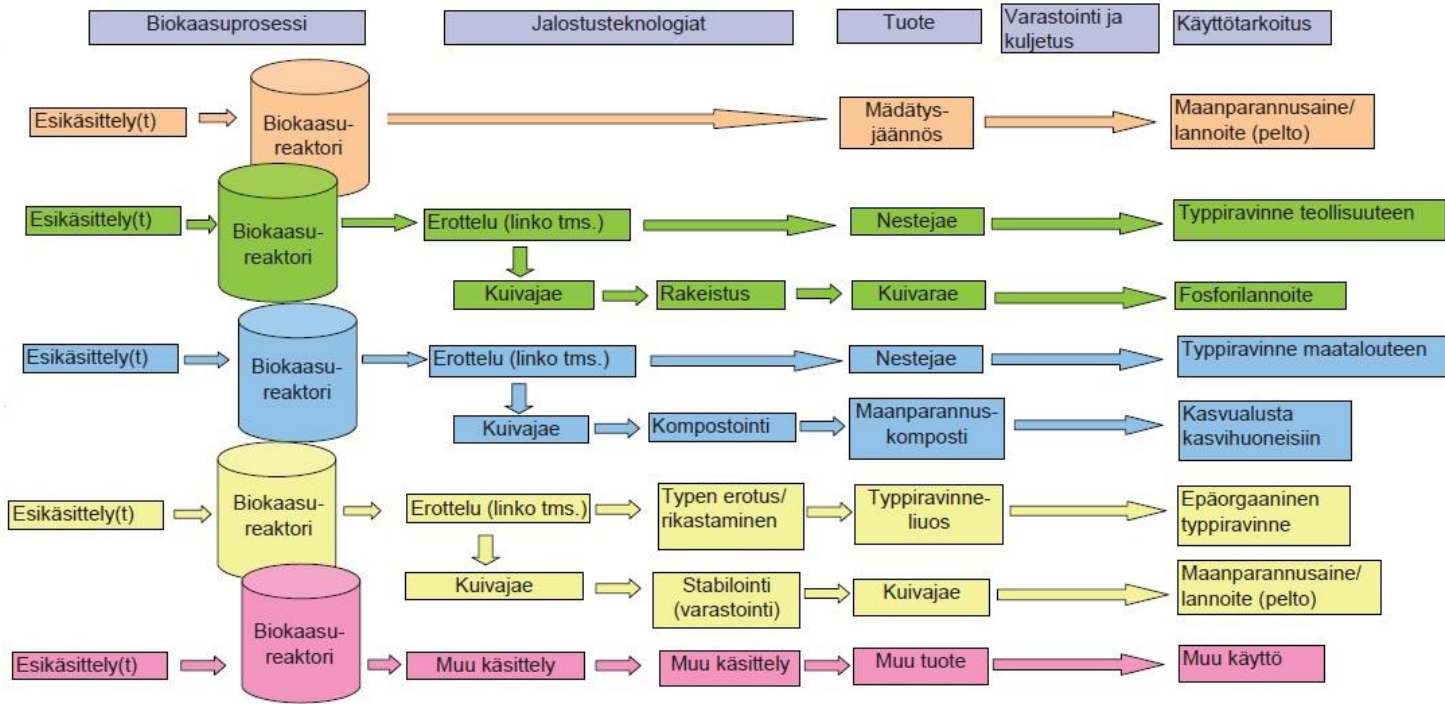


Kuva 3. Biokaasun hyötykäyttömahdollisuudet (Biokaasufoorumi n.d.)

2.4 Mädätysjäätännöksen käsittely

Prosessin toinen lopputuote biokaasun lisäksi on mädätysjäätännös, joka koostuu biokaasureaktorissa hajoamattomasta orgaanisesta ja epäorgaanisesta aineksesta sisältäen esimerkiksi mineralisoituneita ravinteita. Kuvassa 4 on esitetty mädätysjäätännöksen yleisimmät käsittelymenetelmät ja niistä saatavat lopputuotteet.

Mädätysjäännöksen kasvarastoinnin ravinnevalumat



Kuva 4. Mädätysjäännöksen yleisimmät käsittelytekniikat ja saadut lopputuotteet (Paavola, Kapuinen, Salo & Rintala 2011, 25, mukailtu 2014.)

Tärkeimmät hyötykäyttöön vaikuttava tekijät ovat biokaasuprosessissa käytetyt raaka-aineet ja niiden aiheuttamat rajoitukset hyötykäyttöä varten. Useimmiten käsittelyjäännös käytetään lannoitevalmisteena, jolloin ravinteet saataisiin takaisin luontoon. (Latvala 2009, 49.) Yleisesti mädätysjäännös erotetaan kuivajakeeseen ja nestejakeeseen eli rejektiveteen. (Marttinen ym. 2013, 12.) Erotus tehdään mekaanisesti kuivaamalla esimerkiksi linko- tai ruuvipuristinkuivaimella. Mekaanisesti erotettu kuivajae voidaan hyödyntää sellaisenaan, kompostoida, polttaa tai kuivata termisesti. Kompostoinnin tai termisen kuivauksen jälkeen voidaan kuivajae käyttää maa- ja metsätaloudessa, kaatopaikkojen verhoiluun, viherrakentamiseen ja maisemointiin tai varastoida kaatopaikoille. Kun kuivajae poltetaan, varastoidaan jäljelle jäänyt epäorgaaninen aines eli tuhka kaatopaikoille. (Latvala 2009, 49.)

2.4.1 Kompostointi

Kompostointi on hapellisissa eli aerobisissa olosuhteissa tapahtuvaa hajoamista ja humustumista mikrobien avulla. Biokaasulaitoksen mädätysjäännöksen kompostoinnin tarkoituksena on nopeuttaa luonnossa tapahtuvaa hajotustoimintaa. Biokaasuprosessin aikana suurin osa helposti hajovasta materiaalista on jo hajonnut ja jäljellä on hitaasti hajoavaa orgaanista ainesta. Näin ollen hallituissa olosuhteissa tapahtuva humustuminen ja massan kääntäminen nopeuttavat hitaasti hajoavan orgaanisen aineen hajoamista. Koska helposti hajoava materiaali on jo hajonnut biokaasuprosessin aikana, joukkoon joudutaan usein lisäämään seosainetta parantamaan materiaalin kompostoitavuutta. Seosaineena voidaan esimerkiksi käyttää turvetta, haketta, kuivaa lehti- ja neulaskariketta, kutterilastua tai

näiden seoksia. Turpeen etuna on sen kyky sitoa ammoniumtyyppiä ja haittana puolestaan sen aiheuttama materiaalimassan tiivistyminen sekä sen hajoamattomuus kompostoinnin aikana. (Latvala 2009, 54.) Kompostin tukiaineita voidaan lisätä myös nostamaan hiili-typpisuhdetta sekä vähentämään ammoniakkin haihtumista. Optimaalisena hiili-typpisuhteena pidetään 30:1–20:1. Typpihäviöiden minimoimiseksi hiili-typpi suhteen tulisi olla yli 30. (Suomalainen 2007, 69–70.)

Kompostointi takaa myös mikrobeille riittävän hapen, hiilen, veden ja ravinteiden saannin. Kompostoinnin aikana mädätysjäännöksestä hajoavat kasvien kasvulle haitalliset eli fytotoksiset yhdisteet, kuten rikkakasvien siemenet ja taudinaiheuttajat. Näin ollen kompostoitu materiaali on stabiilimpaa kuin kompostoitamaton. Kompostointi vähentää myös mädätysjäännöksen hajuhaittoja entisestään ja parantaa sen levitettävyyttä. (Latvala 2009, 54.)

Kompostointiprosessi voidaan jakaa neljään eri vaiheeseen: mesofiilivaihe, termofiilivaihe, jäähtymisvaihe ja kypsymisvaihe. Mesofiilisessä vaiheessa mikrobit hajottavat helposti hajoavaa orgaanista ainetta esimerkiksi rasvoja, sokereita ja tärkkelystä. Mikrobin toiminnan vuoksi kompostin lämpötila alkaa nousta ja pH hetkellisesti laskee mikrobin tuottaessa mm. orgaanisia happoja. (Halinen & Tontti, 2004, 12.)

Toisessa vaiheessa eli termofiilivaiheessa kompostin lämpötila kohoaa ja mikrobit alkavat hajottamaan esimerkiksi proteiineja. Proteiineja hajotettaessa muodostuu ammoniakkia, joka kohottaa kompostin pH:ta. Kompostin lämpötila voi nousta jopa 70 C°:seen. (Albers, Helle, Varpula, Itävaara, Kapanen & Vilkmann, 2003, 12.; Halinen & Tontti, 2004, 12.)

Jäähtymisvaiheen alkaessa mikrobitoiminta hidastuu ja kompostin lämpötila laskee. Kompostin pH alkaa myös laskea haihtuneen ammoniakkin vuoksi lähelle neutraalia. Viimeisessä eli kypsymisvaiheessa mikrobitoiminta on vähäistä vähäisen helposti hajoavan orgaanisen aineen määrän vuoksi eikä kompostin lämpötila enää nouse. Kypsymisvaiheessa tapahtuu humustumista. (Halinen & Tontti, 2004, 13)

Kompostointitavaksi voidaan valita reaktorikompostointi tunnelissa tai rummussa kompostoinnin alkuvaiheiden nopeuttamiseksi. Nämä kompostointitavat soveltuvat hyvin asutusten läheisyyteen, koska hajuhaitat ovat pieniä. Tämä johtuu kompostointitilan suljettavuudesta. Kuitenkin tunneli- ja rumpukompostointi lisäävät investointikustannuksia. Reaktorikompostoinnin viipymäajat ovat yleisesti muutaman viikon. Tällöin massan orgaanisesta aineksestä saadaan 15–20% kulumaan kompostoinnin aikana. Usein kuitenkin tarvitaan vielä jälkikypsytysvaihe aumoissa. (Latvala 2009, 54.)

Aumakompostointi soveltuu myös mädätysjäännöksen prosessointiin. Tällöin kuitenkin turpeen käyttö seosaineena on haasteellista koska turve voi hankaloittaa ilman kulkua aumoissa. Aumakompostoinnin pituudeksi suositellaan 20–30 päivää riippuen laitoksesta. Näin saadaan kompostoinnin aikana 40 % vähemmän orgaaniseen ainekseen. (Latvala 2009, 54.)

Kun mädätysjäännöksen kompostointi aloitetaan, massaa on hyvä kääntää tai ilmastaa, jotta kompostoituminen saadaan hyvin käyntiin. Massa on hapetonta sen tullessa reaktorissa, joten kompostoinnin hoitaville mikrobeille on saatava happea. Kääntäminen lisää myös massan kuohkeutta ja parantaa tuuletusta sekä lisää massan homogeenisuutta. Varsinainen humustuminen tapahtuu jälkikompostoinnin aikana eli kun kompostoinnin termofiilivaihe on ohi. Kompostoinnin aikana on huolehdittava kompostointi- ja varastointikentiltä muodostuvien suoto- ja valumavesien keräyksestä. Vesien laatu on määritettävä, jotta tarvittava käsittelytarve ja niiden johtaminen käsittelyyn onnistuu. (Latvala 2009, 54.)

Kompostoinnin tarkoituksena on lisätä materiaalin stabiilisuutta sekä huumuksen määrää, jolla on parantava vaikutus maaperään. Kompostointi lisää esimerkiksi fosforin liukoisuutta, mikä puolestaan lisää materiaalin arvoa lannoitekäytössä. Kompostoinnin aikaisessa hajoamisessa vapautuva fosfori jää yleisesti helppoliukoiseen muotoon eikä siis sitoudu uudelleen eloperäiseen muotoon. Fosforin liukoisuutta lisää eloperäisen aineen lahoaminen. (Paatero ym.1984, 206–207.)

Kompostointi vaikuttaa eloperäisen materiaalin tyyppien liukoisuuteen suuresti. Myös tyyppien liukoisuus kasvaa eloperäisen aineen hajotessa. (Paatero, Lehtikari & Kempainen 1984, 205–206.) Kompostoinnin aikana ravinteita häviää valumavesien tai haihtumisen kautta. Kompostoinnin aikana typesistä voi hävitä jopa 60 %, mikä oleellisesti vähentää materiaalin lannoitearvoa. Suurin osa typesistä haihtuu sen ollessa ammoniakki muodossa. Typpi esiintyy eniten ammoniakki muodossa pH:n ja lämpötilan ollessa korkeita, jolloin ammoniakin haihtuminen on suurinta. Näin ollen tyyppien haihtuminen kompostista on suurinta kompostoinnin termofiilivaiheen aikana. Myös valuma vesien mukana kompostoitavasta materiaalista voi hävitä typpiä ja fosforia. (Suomalainen 2007, 60–70.)

Tuorekompostina markkinoitavaa orgaanista maanparannusainetta voidaan käyttää esimerkiksi vilja- ja energiakasvien viljelyssä, eroosion estoon sekä maisemointiin. Tuorekompostissa orgaanisen aineen osuus tulee olla 25 % kuiva-aineesta ja massan hiilidioksidintuoton tulee olla alle 6 mgCO₂-C/gVS/vrk. Tuoteselosteessa on mainittava seuraavat ravinteet: kokonaisytyppi ja liukoinen typpi, kokonaisfosfori ja liukoinen fosfori sekä kalium. Ravinteet on ilmoitettava mg/kgTS kohti sekä kg/m³ myyntikosteudessa olevaa tuotetta kohti. (MMM 19/09)

Maanparannuskompostia voidaan edelleen käyttää pakatun seosmullan tai kompostimullan yhtenä raaka-aineena. Maanparannuskompostin vaatimukset ovat orgaanisen aineen osalta samat kuin tuorekompostissa mutta massan hiilidioksidin tuotto tulee olla alle 3 mgCO₂-C/g VS/vrk. Maanparannuskompostin NO₃-N/NH₄-N suhde tulee olla yli 1 eli massan tulee sisältää nitraattityyppiä vähintään yhtä paljon kuin ammoniumtyyppiä. (MMM 19/09)

2.4.2 Vanhentaminen

Vanhentamisella tarkoitetaan pitkäaikaista varastointia esimerkiksi lietteelle. Periaatteeltaan vanhentaminen on samanlaista kuin kompostointi. Sen aikana materiaali hajoaa edelleen aerobisissa olosuhteissa toimivien mikrobien toimesta ja humustuu. Vanhentamisen aikana materiaalin joukkoon ei lisätä seos- tai tukiaineita eikä massa tarvitse kääntää. Näin ollen vanhentaminen on kompostointiin verrattuna yksinkertaisempaa vaikka massan stabiilisuus kasvaa myös vanhentamisen aikana. Vanhennettuja tuotteita voidaan saattaa markkinoille kompostituotteina mikäli ne täyttävät tuore- tai maanparannuskompostien vaatimukset. (Partanen 2010, 40–41; Tyvärinen, Toivikko, Paavola & Vuorinen 2013, 32.)

2.4.3 Terminen kuivaus ja rakeistus

Terminen kuivaus ja rakeistus ovat myös mädätysjäännöksen mahdollisia käsittelytapoja. Termisessä kuivauksessa mekaanisesti kuivatusta mädätysjäännöksestä, jonka kuiva-ainepitoisuus on noin 30 %, haihdutetaan vettä pois lämmön avulla. Erilaisia termisen kuivauksen tapoja ovat esimerkiksi kontaktikuivaus ja konvektiokuivaus. Termisessä kuivauksessa voidaan päästä jopa 90 % kuiva-ainepitoisuuteen, joka vähentää muun muassa kuljetuskustannuksia ja parantaa hygienisoitumista. Kuivatun materiaalin paino voi vähentyä jopa viidesosaan. Kuitenkin terminen kuivaus on paljon energiaa vaativa tekniikka, jolloin kustannukset nousevat huomattavasti. (Latvala 2009, 52–53.)

Rakeistuksessa kuivattu liete voidaan puristaa joko nauhamaiseen muotoon tai puristaa telojen välissä murenevaksi levyksi. Rakeistuksen yhteydessä materiaalin joukkoon lisätään rakeiden kestävyttä ja rakeistamista edistäviä aineita. Lisättävät aineet voivat heikentää ravinteiden liukoisuutta ja näin ollen huonontaa niiden arvoa lannoitevalmisteena. (Latvala 2009, 53.)

3 MÄDÄTYSJÄÄNNÖKSEN KOOSTUMUS

Mädätysjäännös on biokaasuprosessissa hajoamatonta orgaanista ainesta. 30–80 % biokaasureaktoriin syötettävästä orgaanisesta aineksestä on hajonnut reaktorissa metaaniksi tai hiilidioksidiksi. Hiilen muututtua metaaniksi materiaalien hiili/typpi-suhde laskee ja suhteen lasku vaikuttaa mädätysjäännöksen lannoitevaikutukseen typen osalta parantavasti. Mädätysprosessin aikana suurin osa orgaanisessa muodossa olevasta timestä muuttuu liukoiseen ammoniumtyppi muotoon, jolloin typpi on peltolevityksen kannalta paremmassa muodossa suoraan kasvien käytettävissä. Prosessin aikana materiaalien viskositeetti kasvaa ja kuiva-ainepitoisuus laskee, mikä parantaa peltolevitysominaisuuksia. (Lehtomäki ym. 2007, 44–45.)

3.1 Kuiva-aine ja orgaaninen aines

Taulukossa 2 on esitetty eri biokaasulaitosten lopputuotteiden tuoteselosteissa mainittuja kuiva-ainepitoisuuksia ja orgaanisen aineen osuuksia kuiva-aineesta. Suurin osa taulukossa olevista tuotteista on linkokuivattuja mädätysjäännöksiä ja osa on suoraan biokaasureaktorista (alhainen kuiva-ainepitoisuus).

Taulukko 2. Tuoteselosteista saatuja tietoja biokaasulaitoksen lopputuotteista

Tyyppinimi	Kauppanimi	Kuiva-ainepitoisuus	Orgaanisen aineen pitoisuus kuiva-aineesta	Valmistaja
mädätysjäännös	Natural100 Biolannos	4,0 %	60 %	Kymen Bioenergia Oy
	Natural100 Biovoima	26,0 %	60 %	Kymen Bioenergia Oy
	Biovakka humusvoima	29,5 %	50,9 %	Biovakka, Turku
	Biovakka humusvoima	28,5 %	35,5 %	Biovakka, Vehmaa
	LuomuKymppi A	2,1 %	66 %	BioKymppi Oy
	LuomuKymppi B	24,7 %	85 %	BioKymppi Oy
	PeltoKymppi A	6,7 %	61 %	BioKymppi Oy
	Peltoravinne	28 %	55 %	Envor Biotech
rejektivesi	Biovakka Moniravinne	1,6 %	50,9 %	Biovakka
	Biovakka Woimakas	18,0 %	70 %	Biovakka

Mekaanisesti kuivatun mädätysjäännöksen kuivajakeen kuiva-ainepitoisuus on tuoteselosteiden perusteella noin 30 %. Orgaanisen aineen osuus kuiva-aineesta on yleisesti 50–65 % välillä. Poikkeuksena Biovakka Vehmaan tuottama Biovakka humusvoimaa mädätysjäännöksessä, jonka orgaanisen aineen osuus kuiva-aineesta on 35 %. Mädätysjäännösten väliset erot voivat johtua esimerkiksi käytetyistä raaka-aineista sekä mädätysjäännöksen käsittelymenetelmistä. Mädätysjäännöksen, jota ei ole kuivattu mekaanisesti, kuiva-ainepitoisuus vaihtelee 2,1–6,7 välillä. Ero johtuu osaltaan käytetyn syötteen kuiva-ainepitoisuudesta sekä biokaasureaktorissa tapahtuvasta hajoamisesta.

3.2 Ravinnepitoisuudet

Taulukossa 3 on esitetty erilaisia raaka-aineita käyttävien biokaasulaitosten erilaisten lopputuotteiden ravinnepitoisuuksia. Taulukossa on esitelty tuotteina mädätysjäännös, kuivajae, rejektivesi sekä kuivarae.

Taulukko 3. Erialaisten biokaasuprosessien lopputuotteiden ravinnepitoisuuksia (Marttinen ym. 2013, 13.)

Raaka-aine	Tuote/ Ni- mike	TS %	Kok. N g/kg	NH ₄ - N g/kg	Kok. P g/kg	Liuk. P g/kg	Kok. K g/kg	Käyttö
Puhdistamoliete	kuivajae	26	9,7	2,1	5,8	0,004	0,69	Fosforipitoinen maanparannusaine/ lannoite
Erilliskerätty biojäte (20 %) Puhdistamoliete (70 %) Teollisuuden rasva- kaivoliete (10 %)	kuivarae	91	30	0,54	9,1	0,001	2,0	Fosforipitoinen maanparannusaine
Sian lietelanta (50 %) Teollisuuden sivutuot- teet (50 %)	mädätys- jäännös	8,9	7,6	5,8	2,0	0,48	1,8	Typpi- fosforilannoite
	kuivajae	32	9,0	4,0	6,1	0,12	1,6	Fosforipitoinen maanparannusaine/ lannoite
	rejektivesi	3,7	7,1	5,8	1,0	0,53	1,7	Typpilannoite

Eri laitosten kuivajakeita verrattaessa keskenään, voidaan todeta, että sian lietelantaa ja teollisuuden sivutuotteita käsittelevän laitoksen kuivajae on ravinnearvollisesti hieman parempaa, kuin pelkkää puhdistamolietettä käsittelevän laitoksen kuivajae. Puhdistamolietettä käsittelevän laitoksen kuivajae sisältää hivenen enemmän kokonaistyyppiä, mutta hyötykäytön kannalta ammoniumtyppipitoisuus on kuitenkin oleellisempi. Suuria eroja typen osalta kuivajakeissa ei kuitenkaan ole. Liukoisen fosforin osalta puhdistamolietettä käsittelevän laitoksen kuivajae on selkeästi heikompaa lannoitekäyttöä ajatellen.

3.3 Ravinteiden jakautuminen

Taulukossa 4 ja 5 on esitetty kahden eri raaka-aineita käyttävien biokaasulaitosten mädätysjäännöksen massan sekä pääravinteiden, typen ja fosforin, jakautuminen kuivajakeen ja rejektiveden välillä.

Taulukko 4. Lietelantaa ja elintarviketeollisuuden sivutuotteita raaka-aineena käyttävä laitoksen mädätysjäännöksen massan ja ravinteiden jakautuminen (Marttinen 2013)

	Kuivajae	Rejektivesi
Massa	17 %	83 %
Kokonaistyyppi	20 %	80 %
Kokonaisfosfori	56 %	44 %

Taulukko 5. Puhdistamolietettä raaka-aineena käyttävä laitoksen mädätysjäätännöksen massan ja ravinteiden jakautuminen (Marttinen 2013)

	Kuivajae	Rejektivesi
Massa	24 %	76 %
Kokonaistyyppi	60 %	40 %
Kokonaisfosfori	95 %	5 %

Vertaillessa raaka-aineena puhdistamolietettä (taulukko 5) käyttävän laitoksen kuivajaetta ja lietelantaa sekä elintarvikkeiden sivutuotteita raaka-aineena käyttävän (taulukko 4) laitoksen kuivajaetta, voidaan todeta puhdistamolietettä käyttävän laitoksen kuivajakeen sisältävä suuremman osan raaka-aineiden ravinteista, kun taas toisen laitoksen rejektivesi sisältää suuremman osan ravinteista. Massan jakautuminen mädätysjäätännöksessä on lähestulkoon samanlainen molemmissa mädätysjäätännöksissä. Suurin osa mädätysjäätännöksestä on rejektivettä, mikä johtuu mädätysjäätännöksen alhaisesta kuiva-ainepitoisuudesta. Käytettäessä puhdistamolietettä raaka-aineena kuivajae sisältää noin 95 % fosforista, kun taas lietelantaa ja elintarviketeollisuuden sivuvirtoja käyttävän laitoksen kuivajae sisältää fosforista 56 %. Kuitenkaan ravinteiden jakautuminen ei kerro sitä miten paljon määrällisesti kuivajae ja rejektivesi sisältävät ravinteita.

Taulukossa 6 on esitetty keskimääräinen ravinteiden jakautuminen mädätysjäätännöksessä kuivajakeen ja nestejakeen välillä.

Taulukko 6. Keskimääräinen ravinteiden jakautuminen mädätysjäätännöksessä kuivajakeen ja rejektiveden kesken (Kirchmeyer, F. 2013)

	Kuivajae	Rejektivesi
Massa	10–20 %	80–90 %
Kokonaistyyppi	25–35 %	65–75 %
Kokonaisfosfori	55–65 %	35–45 %

Suurin osa kokonaistypestä on mädätysjäätännöksen nesteosassa eli rejektivedessä, kun taas puolestaan suurin osa fosforista on kuivajakeessa. Kuitenkin pitoisuudet voivat vaihdella suuresti käytetyn raaka-aineen mukaan, kuten voidaan huomata taulukossa 4 ja 5.

4 MÄDÄTYSJÄÄTÄNNÖKSEN HYÖDYNTÄMINEN

Mädätysprosessi on suljettu prosessi, joten kaikki ravinteet, jotka menevät biokaasuprosessiin, tulevat sieltä ulos mädätysjäätännöksen muodossa. Näin saavutetaan erittäin tehokas ravinnekierro. Biokaasulaitokselta saatavat tuotteet ovat mädätysjäätännös, kuivajae ja rejektivesi. Lannoitekäytön näkökulmasta nämä vähentävät kemiallisten lannoitteiden käyttötarvetta. (Lehtomäki ym. 2007, 9.)

Mädätysjäätännöksen hyödyntäminen ei rajoitu ainoastaan mekaanisesti kuivatun mädätysjäätännöksen hyödyntämiseen. Mädätysjäätännöstä voidaan hyödyntää myös lietemäisenä eli ilman mekaanista kuivausta. Yksi esimerkki siitä on Kymen Bioenergian Oy:n mädätysjäätännös, jonka kaup-

panimenä on Natural100 Biolannos ja tyyppinimenä mädätysjäännös. (Kymen Bioenergia Oy 2012)

Rejektivedestä voidaan puolestaan valmistaa typpi- ja fosforipitoista lannoitetta. Rejektiveden käyttöä lannoitevalmisteena rajoittaa kuitenkin mädätysprosessissa käytetyt raaka-aineet. Lannoitevalmisteena rejektivettä voidaan käyttää, kun raaka-aineena on käytetty ainoastaan eläin- tai kasvipäisiä raaka-aineita. Näin ollen puhdistamolietettä käyttävän laitoksen rejektivettä ei voida käyttää lannoitevalmisteena. Kuitenkin mädätysjäännöstä ja kuivaraetta voidaan käyttää lannoitevalmisteena, vaikka raaka-aineena olisi käytetty puhdistamolietettä. (Marttinen ym. 2013, 12.)

4.1 Lannoitekäyttö

Stabiilisuus- tai toksisuusvaatimuksia ei ole säädetty erikseen biokaasulaitoksen lopputuotteille. (Marttinen ym. 2013, 11) Kun mädätysjäännös halutaan jalostaa lannoitevalmisteeksi, puhutaan silloin orgaanisesta lannoitevalmisteesta. Muun muassa seuraavat lait ja asetukset koskevat orgaanisia lannoitevalmisteita: Sivutuoteasetus 1069/2009 ja sitä täydentävä täytäntöönpanoasetus 142/2011, Lannoitevalmistelaki 539/2006, Maa- ja metsätalousministeriön asetus 19/09 ja Valtioneuvoston asetus maataloudesta peräisin olevien nitraattien vesiin pääsyn rajoittamisesta 931/2000. Sivutuoteasetus määrittelee orgaanisen maanparannusaineen ja lannoitteen eläinperäisistä aineksiksi, joita käytetään maaperän kemiallisten ja fyysikaalisten ominaisuuksien sekä maaperän biologisen toiminnan parantamiseksi tai säilyttämiseksi. Orgaanisiin maanparannusaineisiin ja lannoitteisiin lukeutuvat muun muassa lanta, komposti ja mädätysjäännös. (Neuvoston asetus (EY) 1069/2009 art.3)

Lannoitekäytön kannalta on edullista, että suurin osa biokaasureaktoriin syötettävien raaka-aineiden orgaanisesta tyyppistä mineralisoituu liukoiseen muotoon ammoniumtypeksi. Tällöin typpi on helpommin kasvien käytössä peltoviljelyssä. Orgaanisten lannoitteiden käyttö lisää maaperän humustumista toisin kuin mineraalilannoitteet. (Lehtomäki ym. 2007, 44.)

Sivutuoteasetuksen 1069/2009 artiklassa 32 on säädetty, että orgaaniset maanparannusaineet sekä lannoitteet saavat sisältää luokan 2 ja 3 aineksia, jotka on käsitelty kompostoimalla tai mädättämällä, kunhan raaka-aineet tai mädätysjäännös on painesteriloitu tai hygienisoitu sivutuoteasetuksen vaatimalla tavalla. Orgaaniset lannoitteet ja maanparannusaineet tulee olla valmistettu viranomaisten hyväksymissä laitoksissa.

Lannoitevalmiste lain 539/2006 tavoitteena on taata ympäristön, elintarvikkeiden ja kasvintuotannon laatu takaamalla vain turvallisten lannoitevalmisteiden pääsy markkinoille. Lannoitteiden tulee siis olla käyttötarkoitukseltaan turvallisia ja sopivia. Lannoitevalmisteiden tulee myös täyttää lannoiteasetuksessa ja sivutuoteasetuksessa annetut ehdot. Markkinoille saa saattaa vain kansalliseen tyyppinimiluetteloon tai Euroopan yhteiseen tyyppinimiluetteloon tyyppinimeltään kuuluvia lannoitevalmisteita. Tyyppinimen tarkoituksena on kertoa tuotteen valmistustapa, käyttötarkoitus tai koostumus. (Evira 2014) Vuonna 2009 Evira lisäsi mädätysjäännöksen

tyyppinimen korvaamaan aiemmin käytetyn tyyppinimen mädätetty puhdistamoliete. Mädätysjäännös soveltuu sellaisenaan maanparannus- ja lannoitekäyttöön pelloilla esimerkiksi vilja- ja energiakasveille. Mikäli mädätysjäännös sisältää puhdistamolietettä, on sen käyttöä rajoitettu siten, ettei sitä voi käyttää vihannes- ja puutarhaviljelyssä eikä taimituotannossa. Käyttörajoitukset on mainittava tuoteselosteessa. (Elintarviketurvallisuusviraston Tiedote 2009)

Kaikissa markkinoille saatetuissa lannoitevalmisteissa on oltava tuoteseloste, josta pitää löytyä tuotteen ominaisuudet, käyttötarkoitus, tyyppi- ja kaupanimen tiedot, koostumus, maahantuoja ja valmistaja sekä käyttörajoitukset. Taulukossa 7 on esitetty erilaisia tyyppinimivaihtoehtoja mädätysjäännökselle tai siitä jalostetulle tuotteelle sekä rejektivedelle. (Evara 2014)

Taulukko 7. Mahdollisia tyyppinimiä biokaasulaitoksen mädätysjäännökselle tai siitä jalostetulle tuotteelle sekä rejektivedelle (Kansainvälinen lannoitevalmistajien tyyppinimiluettelo 2011)

Nro	Tyyppinimiluokka	Tyyppinimi	Huomioita
1B1	Orgaaniset lannoitteet - Orgaaninen eläinperäinen lannoite	Orgaaninen eläinperäinen lannoite	Ei saa sisältää puhdistamolietettä
3A2	Maanparannusaineet - Orgaaniset maanparannusaineet	Maanparannuskomposti Tuorekomposti Kuivarae ja -jauhe	
3A5	Maanparannusaineet - Maanparannusaineena sellaisenaan käytettävät sivutuotteet	Mädätysjäännös	
1B4	Orgaanisina lannoitteina sellaisenaan käytettävät sivutuotteet	Rejektivesi	Mädätysjäännöksestä erotettu vesiosa, ei saa olla käytetty puhdistamolietettä raaka-aineena

Mikäli tyyppinimiluettelosta ei löydy sopivaa tyyppinimeä, voidaan luetteloon lisätä myös uusi tyyppinimi. Kuitenkin uuden tyyppinimen lisäämiseen on erilaisia ehtoja. Lannoitevalmisteiden tulee olla hyödyllisiä ravinteiden suhteen, valmisteet tulee pystyä analysoimaan EY:n lainsäädännön mukaisilla menetelmillä, hyväksytyllä standardimenetelmällä tai lannoitevalmisteiden näytteenottoon tai analysointiin validoilulla menetelmällä. Päätöksen tyyppinimen lisäämisestä tekee Elintarviketurvallisuusvirasto. (Partanen 2009, 34–35) Orgaanisten lannoitevalmisteiden ravinnepitoisuudet ja muut aineet tulee ilmoittaa painoprosentteina kuiva-aineesta. Ravinteet tulee ilmoittaa joko alkuaineina tai oksideina. Maanparannusaineiden ravinnepitoisuudet pitää ilmoittaa mg/kgTS kohti ja kuiva-aine- ja kosteuspitoisuus ilmoitetaan prosentteina. Mädätysjäännös tyyppinimellä markkinoitavasta maanparannusaineesta ilmoitettavat ravinteet ovat kokonaistyyppi ja liukoinen kokonaistyyppi, kokonaisfosfori ja liukoinen fosfori sekä kokonaiskalium. (Maa- ja metsätalousministeriön asetus(19/09) Liite 1B)

Orgaaniset lannoitteet, kuten esimerkiksi mädätysjäännöksestä tuotteistetut lannoitevalmisteet, sisältävät yleisesti pienempiä ravinnepitoisuuksia. Ne vaativat yleisesti lisälannoitusta kaliumin ja typen osalta. Kiinnostus orgaanisia lannoitteita kohtaan on noussut mineraalilannoitteiden hinnan nousun sekä orgaanisten lannoitteiden saatavuuden parantumisen vuoksi. Kuitenkin mineraalilannoitteiden käytön etuja on edelleen sen edullisuus, tasalaatuisuus ja tehokkuus. Sen vuoksi biokaasulaitosten tuotteistamaa mädätysjäännöstä lannoitekäyttöön on jouduttu jakamaan joko ilmaiseksi tai pienellä hinnalla. (Patanen 2010, 50–51.)

Mädätyksen aikana orgaaninen aines hajoaa, jolloin typen denitrifikaatio vähentyy maaperässä lannoitetta lisättäessä. Suurin osa orgaanisten lannoitteiden typpihävikistä tapahtuu huuhtoutumisen muodossa. Orgaanisissa lannoiteissa typpi on orgaanisessa muodossa, jolloin se hajoaa ja vapautuu hitaasti. Tällöin osa tuestä saattaa vapautua vasta syksyllä ja syksyn sateet saattavat silloin lisätä typen huuhtoutumista. (Toivanen 2008, 21.)

4.1.1 Käyttösuositukset ja -rajoitukset

Valtioneuvoston asetuksessa 931/2000 maataloudesta peräisin olevien nitraattien vesiin pääsyn rajoittamisesta pykälässä 5 säädetään lannoitevalmisteiden levityksestä. Typpipitoisia lannoitteita ei saa levittää pelloille lumen peittäessä maan, routaiseen maahan tai kun vesi on kyllästännyt maan. Lannan levitys pelloille on kielletty 15.10–5.4. välisenä aikana. Syksyisin on pelto kynnettävä tai mullattava viimeistään vuorokauden kulluttua orgaanisen lannoitteen levityksestä.

Raaka-aineista lanta sisältää kasveille myrkyllisiä eli fytotoksisia yhdisteitä. Ne aiheuttavat lannoitekäytössä kasveille tummentumia ja kovettumia, josta johtuen ei lantaa voida levittää lannoitekäytössä suoraan kasvien päälle. Biokaasuprosessi lisää lannan juoksevuuksia ja tuhoaa fytotoksisia yhdisteitä, jolloin käsiteltyä lantaa voidaan levittää suoraa kasvien päälle. (Lehtomäki ym. 2007, 45.)

Puhdistamolietettä sisältävien lannoitevalmisteiden käyttäminen luonnonmukaisessa tuotannossa ei ole sallittua. Puhdistamolietettä sisältävien maanparannusaineiden käyttö on myös rajoitettu tavallisessa tuotannossa. Sitä voidaan käyttää viljelymailla, jossa viljellään viljaa, öljykasveja, sokerijuurikasta tai sellaisia kasveja, joita ei yleisesti käytetä ihmisten ravintona tuoreena eikä eläinten rehuna. (Vuorinen 2013, 5). Perunaa, vihannuksia ja juureksia ei saa viljellä viiteen vuoteen puhdistamolietettä sisältäneen maanparannusaineen levityksestä (Biovakka Humusvoimaatuoteseloste 2013).

4.2 Muut käyttömahdollisuudet

Kuivattua mädätysjäännöstä voidaan sijoittaa kaatopaikoilla sulkemisen yhteydessä maakerrosten luomiseen ja pintakerroksen verhoiluun

sekä päivittäispeittomateriaaliksi. Sulkemiseen käytettävä materiaali on ol-tava lannoitevalmistelain mukaista materiaalia, mikäli kaatopaikka otettaisiin sulkemisen jälkeen muuhun käyttöön. Käsittelyjäännöksen ei tarvitse täyttää lannoitevalmistelain vaatimuksia jos kaatopaikalle ei ole yleistä pääsyä. (Latvala 2009, 50.)

Mädätysjäännöstä voidaan myös polttaa, mikäli sille ei ole muita käsittelyvaihtoehtoja. Kuitenkaan poltto ei ole kannattavaa koska mädätysjäännöksen sisältämät ravinteet eivät pääse takaisin kierto, vaan häviävät polton aikana. Tilanne, jossa mädätysjäännöstä jouduttaisiin polttamaan, voi johtua siitä että biokaasuprosessissa on ollut häiriöitä, jonka vuoksi mädätysjäännös sisältää liikaa haitallisia aineita ja epäpuhtauksia ettei sitä voitaisi hyödyntää muilla tavoin. (Latvala 2009, 50.)

5 BIOKAASULAITOKSEN YMPÄRISTÖLUPA

Ympäristölupa tarvitsee olla kaikelle toiminnalle, joka voi aiheuttaa ympäristön pilaantumista ja jo luvan saaneen toiminnan muuttuessa. Siinä ympäristöhaittoja aiheuttavaa toimintaa tarkastellaan kokonaisvaltaisesti. Luvassa on arvioitava ympäristöön, maaperään ja ilmaan aiheutuvia ympäristöhaittoja samanaikaisesti. (Latvala 2009, 15.) Seuraavana käsitellään asioita, jotka on otettava huomioon mädätysjäännöstä varastoitaessa.

5.1 Mädätysjäännöksen varastointi - yleistä

Biokaasulaitokselle, jossa käsitellään vuodessa yli 5 000 tonnia jätettä, on haettava toiminnalleen ympäristönsuojelulain 86/2000 mukainen ympäristölupa. Ympäristöluvan myöntää aluehallintovirasto. Ympäristölupa hakemuksessa on selvitettävä toiminta, toiminnan vaikutukset ympäristöön, tiedot perustettavasta laitoksesta ja sen ympäristöstä, selvitys mahdollisista ympäristökuormituksista, BAT- tekniikan eli parhaan mahdollisen tekniikan käyttäminen sekä tarkkailu ja raportointi menetelmät. (Ympäristöhallinnon yhteinen verkkopalvelu 2014)

Hakemuksessa on eriteltävä tarpeelliset tiedot toiminnan tuotteista, tuotannosta, prosesseista, laitteistoista, tuotantokapasiteetista, rakenteista ja niiden sijainnista. Kaikki prosessista syntyvät päätuotteet sekä sellaiset myynti-, väli- ja sivutuotteet, joiden valmistamisessa syntyy päästöjä tai jätteitä tulee ilmoittaa ympäristölupahakemuksessa. (Ympäristöhallinnon yhteinen verkkopalvelu 2014)

Ympäristölupahakemuksessa on eriteltävä tuotantokapasiteetti, laitoksen keskimääräinen käyntiaika, esitellään rakenteet ja prosessit prosessikaavioineen sekä raaka-aine-, polttoaine-, välituote-, tuote- ja jätevarastot. Varastot kuvataan asemapiirroksessa. Varastoalueiden ja – säiliöiden rakenteet ja materiaalit kuvataan. Syntyvät jätevedet tulee myös kuvata ja esittää niiden johtamistapa. Mikäli jätevesiä ei johdeta viemäreihin, on kuvattava minne vedet johdetaan. Viemäroittävien tai veteen johdettavien kokonaisjätevesimäärä ilmoitetaan ja eritellään se vielä prosessi-, saniteetti- se-

kä muihin jätevesiin ja jäädytys- sekä hulevesiin. (Ympäristöhallinnon yhteinen verkkopalvelu 2014)

Mädätysjäännöksen varastoinnissa muodostuvien suoto- ja valumavesien kannalta oleellisin kohta ympäristölupahakemuksessa on kohta, jossa esitetään päästölähteet ja päästöjen estäminen maaperään. Kohdassa on selvitettävä varastointitavat ja miten vältetään päästöjen pääsy maaperään esimerkiksi varastoalueen pinnoite sekä suoto- ja valumavesien hallintaan vaikuttavat ratkaisut, joita voivat olla esimerkiksi erilaiset viemärintekniikat. Hakemukseen on myös sisällytettävä miten vettä käsitellään tai minne ne mahdollisesti johdetaan käsiteltäväksi. (Ympäristöhallinnon yhteinen verkkopalvelu 2014)

Suoto- ja valumavesien pääsystä maaperään on tehtävä arviointi niiden vaikutuksista maaperässä ja vesistössä. Vesistä ilmoitetaan ympäristökannalta tärkeimmät ainekohtaiset keskimääräiset pitoisuudet ja kuormitukset. (Ympäristöhallinnon yhteinen verkkopalvelu 2014)

5.2 Mädätysjäännöksen varastointi – Jeppo Biogas Ab

Jepuan biokaasulaitoksen ympäristölupapäätös on myönnetty vuonna 2011. Laitoksen raaka-aineena käytetään lantaa, peltobiomassaa ja elintarviketeollisuuden sivutuotteita. Jätteitä käsitellään laitoksella vähintään 10 000 tonnia vuodessa. Ympäristöluvassa on eritelty kaikki edellisessä luvussa vaaditut kohdat. (Jeppo Biogas Ab ympäristölupapäätös 2011)

Laitos ei sijaitse pohjavesialueella, eikä sen toiminta aiheuta vaikutuksia tai vaaraa pohjavesialueille. Lähin tärkeä pohjavesialue sijaitsee 5,1 kilometrin etäisyydellä laitoksen sijaintipaikasta Gunnarskanganin kankaalla. (Jeppo Biogas Ab ympäristölupapäätös 2011)

Laitoksella syntyy vuosittain noin 81 000 – 85 000 tonnia mädätysjäännöstä, kun laitos toimii täydellä teholla. Mädätysjäännöksen kuiva-ainepitoisuus vaihtelee 5-10 % välillä riippuen käytetyn syötteen kuiva-ainepitoisuudesta. Mädätysjäännös varastoidaan kolmeen varastosäiliöön, joiden tilavuus 5 000 m³ /säiliö. Säiliöt ovat tiiviitä ja katettuja, jolloin niihin voidaan varastoida suoraan biokaasureaktorista poistettua mädätysjäännöstä. Lietettä voidaan käyttää sellaisenaan lähialueen pelloilla lannoitteena. Laitos on solminut sopimuksia yhteistyökumppaneina toimivien sikalojen kanssa tilojen varastosäiliöiden käytöstä biokaasulaitoksen varasäiliöinä. Näin ollen varastointikapasiteetti on noin seitsemän kuukauden aikana syntyvälle mädätysjäännökselle. Varastointikapasiteetin on oltava suuri koska mädätysjäännöstä saa levittää pelloille vain tiettyinä vuoden aikoina. (Jeppo Biogas Ab ympäristölupapäätös 2011)

Mikäli mädätysjäännöstä halutaan kuljettaa pidemmälle etäisyydelle hyötykäyttöön, voidaan se kuivata noin 30 % kuiva-ainepitoisuuteen linko- tai ruvikuivaimen avulla. Kuivauksessa muodostuva rejektivesi voidaan ohjata erilliseen prosessivesisäiliöön, josta sitä voidaan käyttää syötteen valmistamiseen. Ylimääräinen rejektivesi voidaan ohjata lannoitekäyttöön

pelloille koska raaka-aineena ei käytetä puhdistamolietettä. (Jeppo Biogas Ab ympäristölupapäätös 2011)

Laitos ei aiheuta pohjaveteen tai maaperään päästöjä. Laitosalue ja laitteistoja ympäröivät alueet on päällystetty ja mahdolliset valumavedet kerätään talteen valumavesien keräysjärjestelmällä. Järjestelmä on varustettu näytteenottokaivolla, mikäli vedestä on saatava näyte. (Jeppo Biogas Ab ympäristölupapäätös 2011)

6 MÄDÄTYSJÄÄNNÖKSEN VARASTOINTI ERI BIOKAASULAITOKSILLA

Tässä luvussa on esitelty eri biokaasulaitosten mädätysjäännöksen varastointitapoja. Tarkastelun kohteena olivat VamBion biokaasulaitos Vampulassa, Envor Biotech Oy:n biokaasulaitos Forssassa, Kymen Bioenergian biokaasulaitos Kouvolassa ja St1 Biofuelsin biokaasulaitos Hämeenlinnassa. Lopuksi on vielä esitelty esimerkki orgaanisen lannoitevalmisteen varastointitavasta maatilalla.

Maa- ja metsätalousministeriön asetuksessa 1854/14/2009 määritellään lannoitevalmisteiden varastointivaatimuksia. Varastoinnin aikana ei tuotteen koostumus saa muuttua ja sen tulee vastata tuoteselostetta varastoinnin jälkeenkin. Orgaaniset lannoitevalmisteet on varastoitava ja kuljetettava siten, ettei niiden laatu heikkene mikrobiologisen kontaminaation tai haitallisen kosteuden vuoksi. Orgaaniset lannoitevalmisteet on myös pidettävä erillään rehusta. (MMM 19/09)

Mädätysjäännöstä joudutaan varastoimaan esimerkiksi valtioneuvoston asetuksessa 931/2000 säädetyin levitysaikarajoituksen vuoksi, kun halutaan hyödyntää mädätysjäännös lannoitevalmisteena tai maanparannusaineena. (Valtio neuvostonasetus 931/2000 5§) Mädätysjäännöksen varastointitavat riippuvat siitä, missä muodossa mädätysjäännöstä halutaan varastoida. Vaihtoehdot ovat kuivaamattoman mädätysjäännöksen varastointi tai mekaanisesti kuivatun mädätysjäännöksen varastointi. Kuivaamatonta mädätysjäännöstä varastoidaan useimmiten siiloissa, kun taas kuivattua mädätysjäännöstä voidaan varastoida esimerkiksi hallissa tai ulkona varastointikentillä. Siiloissa varastoidusta mädätysjäännöksestä ei muodostu valumavesiä tai hajuhaittoja suljetun systeemin vuoksi. Varastointikentillä varastoidusta kuivatusta mädätysjäännöksestä voi syntyä valumavesiä sadevesien tai lumien sulamisen vuoksi. (Juura, sähköpostiviesti 14.1.2014; Aalto-Partanen, sähköpostiviesti 30.1.2014)

Mädätysjäännös usein kuitenkin kuivataan mekaanisesti ennen sen varastointia koska kuivaamattoman mädätysjäännöksen varastointi vie paljon tilaa (Sura 2008). Esimerkiksi Jepuan laitoksen ympäristöluvassa (kappale 5.2) on esitetty varastosäiliöiden kooksi 5 000 m³ ja varastosäiliöitä on yhteensä kolme kappaletta (Jeppo Biogas Ab ympäristölupapäätös 2011).

6.1 VamBio Oy:n ympäristölupahakemus Kuopion biokaasulaitokselle

Ympäristölupahakemuksessa on kuvattu yleisesti laitoksen toiminta ja esimerkiksi se, miten mädätysjäännöksen varastointi aiotaan toteuttaa. Laitoksella syntyy vuosittain noin 27 000 tonnia kuivattua mädätysjäännöstä. Vesi erotetaan mädätysjäännöksestä linkoamalla. Kuivattu mädätysjäännös sijoitetaan laitosalueelle olevalle varastointikentälle välivarastointiin ennen sen hyödyntämistä. Varastointikenttä on tiivis ja varustettu viemäröinnillä. Varastointikentillä muodostuvat suoto- ja valumavedet johdetaan takaisin prosessiin laimennusvedeksi. Laitosalue on asfaltoitu tarvittavilta osin ja alueelle on asennettu niin sanottu kaksoisviemärijärjestelmä. Tällöin huoltotilanteessa voidaan vedet johtaa laitoksen vastaanottoaltaan. (Ympäristölupahakemus, VamBio Oy 2012)

Kuopion biokaasulaitos sijaitsee jätekeskusalueella, joka ei sijaitse pohjavesialueella eikä pohjavesienmuodostumia alueella. Jätekeskusalueella vedet ovat hyvin hallinnassa, joten esimerkiksi varastointialueen vaurioitua ei ravinnepitoisen ja runsaasti happea kuluttavan veden pääsy aiheuta suurta vahinkoa. (Ympäristölupahakemus, VamBio Oy 2012)

Varastointikentällä tapahtuu mädätysjäännöksen lannoiteasetuksen mukainen vanhentaminen. Vanhentamisen jälkeen tuote toimitetaan mullan valmistukseen ja viherrakentajille tai viljelijöille. (Ympäristölupahakemus, VamBio Oy 2012)

6.2 VamBio Oy:n biokaasulaitos Vampula

VamBion biokaasulaitos sijaitsee Vampulassa. Biokaasulaitoksen raaka-aineina käytetään puhdistamolietettä 45 %, teollisuuden sivuvirtoja (bioetanolin ja elintarviketuotannon) 30 %, sianlantaa 20 % sekä rasvakaivolietettä 3 %. Ennen syötteen johtamista biokaasureaktoriin, syöte hygienisoitetaan yhden tunnin ajan 70 °C:ssa sivutuoteasetuksen mukaisesti. Biokaasureaktorissa tapahtuneen anaerobisen hajoamisen jälkeen mädätysjäännös johdetaan jälkikaasutusreaktoriin, missä muodostunut biokaasu kerätään talteen ja hyödynnetään. Mädätysjäännöksen käsittelylle on kaksi vaihtoehtoa, sen johtaminen sellaisenaan säkkivarastoon tai kuivaus linkoksella. (Juura, sähköpostiviesti 14.1.2014)

Suurin osa muodostuneesta mädätysjäännöksestä johdetaan säkkivarastoihin (3kpl), joista se ajetaan lietemäisessä muodossa suoraan pelloille. Mädätysjäännös on tällöin Eviran hyväksymä lannoitevalmiste, jonka tyyppinimi on mädätysjäännös. (Juura, sähköpostiviesti 14.1.2014)

Mädätysjäännöksen kuiva-aine pitoisuus voidaan myös nostaa linkoamalla 6-8 %:ta 30 %:iin. Kun vesi on erotettu kuivajakeesta, varastoidaan kuivattu mädätysjäännös kasoissa varastointikentällä, joka on asfaltoitu. Varastointikentän koko on noin 3 000 neliötä ja sinne mahtuu noin 4-5 kuukauden aikana muodostuneen mädätysjäännöksen kuivajakeet. Keskimääräinen varastointiaika mädätysjäännöksellä on noin 6 kuukautta. Varastointikentän suotovedet kerätään talteen ja johdetaan prosessiin laimennusvedeksi. Varastointikentällä tapahtuu myös osan mädätysjäännöksen

kompostointi. Kompostointi on kuitenkin yhä kokeiluasteella. Kentällä kompostoitiin vuonna 2013 kesällä ja syksyllä 500 tonnin koe-erä mädätysjäätännöstä. Mädätysjäätännöksen joukkoon ei lisätty tukiaineita ja sitä käänneltiin kauhakuormaajalla. Juura arvioi, että mädätysjäätännös tarvitsisi noin muutaman kuukauden mittaisen kompostoinnin ja noin kymmenen käänntökertaa sen aikana. Tämän jälkeen kompostoinnin lopputuote olisi sopivaa mullantuotantoon. Kyseisen tuotteen tyyppinimenä olisi maanparannuskomposti. (Juura, sähköpostiviesti 14.1.2014)

Mädätysjäätännöksestä erotettu vesi eli rejektivesi oli alun perin tarkoitus toimittaa viljelijöille lannoitevalmisteena, mutta Eviran päätöksellä rejektivesi ole lannoitevalmiste vaan kasteluvesi, joten sitä ei voi Elinkeino-, ympäristö- ja liikennekeskuksen mukaan levittää pelloille. Tämä johtuu siitä että yhtenä raaka-aineena mädätysprosessissa on käytetty puhdistamolietettä. Tämän vuoksi vain pieni osa mädätysjäätännöksestä kuivataan linkoamalla. Mädätysjäätännöstä lingotaan laitoksella 1-2 vuorokautta viikossa prosessin laimennus tarpeen mukaan. (Juura, sähköpostiviesti 14.1.2014)

6.3 Envor Biotech Oy Forssa

Envor Biotech Oy:n biokaasulaitos sijaitsee Forssassa. Envor Biotech Oy:n prosessin raaka-aineena käytetään erilliskerättyä biojätettä, puhdistamolietettä ja erilaisia elintarviketeollisuuden sivuvirtoja. Envor Biotech Oy:llä muodostuu vuosittain noin 10 000 tonnia mädätysjäätännöstä. Mädätysjäätännös hygienisoidaan tunnin ajan 70 °C:ssa ennen kun siitä erotetaan rejektivesi linkoamalla. Lingottu mädätysjäätännös varastoidaan kasoihin varastointikentälle laitosalueella. Varastointikentän koko on noin 600 m² ja sen pinta päällystetty vesitiiviillä asfaltilla. Keskimääräinen varastointiaika on noin 2 viikkoa, mutta aika riippuu pitkälti siitä, kuinka nopeasti mädätysjäätännös saadaan viljelijöille. Aika riippuu esimerkiksi lainsäädännön asettamista rajoituksista, jotka koskevat aikaa, jolloin lannoitevalmisteita saa levittää pelloille. Talvisin varastointiaika on useampia kuukausia. Mädätysjäätännöstä käytetään lannoitevalmisteena maanviljelyssä. (Aittamaa haastattelu 17.1.2014; Aittamaa, sähköpostiviesti 19.1.2014)

Envor Biotech Oy:n suoto- ja valumavedet kerätään keräysaltaisiin varastoalueella olevan kaadon avulla. Keräilyaltaista vedet johdetaan alueella olevalle välpälle, jossa suurin osa kiintoaineesta poistetaan. Noin alle 2 mm kiintoainepartikkelit pääsevät välpältä läpi. Kun vesi on mennyt välpän läpi, johdetaan vesi prosessiin laimennusvedeksi. Envor Biotech Oy:lle on suunnitteilla laskeutusaltaiden käyttöä, jotta esimerkiksi suoto- ja valumavesiä voitaisiin puhdistaa paremmin laitosalueella prosessiin käytettäväksi. Tämä vähentäisi erilaisten pienpartikkeleiden joutumista biokaasureaktoriin sekä laitteiston rasittumista. (Aittamaa haastattelu 17.1.2014; Aittamaa, sähköpostiviesti 19.1.2014)

6.4 Kymen BioEnergia Kouvola

Kymen BioEnergia on Kouvolassa sijaitseva biohajoavien jätteiden vastaanotto- ja käsittelykeskus. Laitoksella valmistettu biokaasu jalostetaan sähköksi, lämmöksi tai biometaaniksi. (Räsänen, sähköpostiviesti 29.1.2014; Aalto-Partanen, sähköpostiviesti 30.1.2014)

Biokaasulaitoksen raaka-aineena ovat erilliskerätty biojäte ja puhdistamolietettä. Mädätysjäännöstä laitoksella muodostuu noin 6 400 tonnia vuodessa. Mädätysjäännös lingotaan noin 30 % kuiva-ainepitoisuuteen. Mädätysjäännöksen varastointi tapahtuu noin 10 kilometrin päässä biokaasulaitoksesta, Kymenlaakson Jäte Oy:llä. Varastointitilana toimii 900 m² kokoinen Best-halli, jonka lattiana on lämmitettävä betonilattia. Hallissa on myös koneellinen ilmanvaihto, johon on mahdollista lisätä hajunhallintaan lisälaitteeksi esimerkiksi otsonointilaitte. Hallin varastointikapasiteetti vastaa noin 2-3 kk mädätysjäännöksen kertymää. Mädätysjäännöstä hyödynnetään sellaisenaan lannoitevalmisteena tai kompostimullan tukiaineena. Varastoinnin pituus vaihtelee 0-6 kk:n välillä. (Räsänen, sähköpostiviesti 29.1.2014; Aalto-Partanen, sähköpostiviesti 30.1.2014)

Varastoinnin tapahtuessa hallissa, ei sen aikana muodostu juurikaan suotovesiä. Hallin lattiassa on kuitenkin kaksi lattiakaivoa, jotka keräävät mahdolliset suotovedet. Lattiakaivojen kautta vedet johdetaan jätekeskukseen tasausaltaalle, missä vedet yhdistyvät jätekeskuksen muihin suotovesiin. Vedet käsitellään jätekeskuksen omalla vedenpuhdistamolla ilmastamalla ja laskeuttamalla, jonka jälkeen vedet johdetaan Kymen vesi Oy:n puhdistamolle. (Räsänen, sähköpostiviesti 29.1.2014; Aalto-Partanen, sähköpostiviesti 30.1.2014)

6.5 St1 Biofuels Hämeenlinna

St1 Biofuelsin biokaasulaitos sijaitsee Hämeenlinnassa Karanojalla. St1:n biokaasulaitoksen raaka-aineina käytetään kauppojen, kotitalouksien ja elintarviketeollisuuden biojätteitä, joista on ennen biokaasun tuottoa valmistettu etanolia fermentoimalla. Vuosittain mädätysjäännöstä muodostuu enintään 7 000 tonnia ja konsentroitua rejektivettä enintään vuosittain 2 000 tonnia. (Laine, sähköpostiviesti 24.2.2014)

Mädätysjäännöksestä erotetaan nestejäte eli rejektivesi kuivaimella. Rejektivesi johdetaan haihturille, jossa rejektiveteen konsentroidaan mm typeä. Puhdistettu vesi johdetaan prosessiin tehdasvedeksi ja ylijäämä vesi viemäröidään jätevedenpuhdistamolle. Rejektivesi saatetaan markkinoille lannoitevalmisteena. (Laine, sähköpostiviesti 24.2.2014)

Mädätysjäännös ja rejektivesi on tuotteistettu maanparannusaineeksi ja lannoitteeksi. Tuotantolaitoksella varastoidaan mädätysjäännöstä peitetävillä lavoilla ja rejektivedelle on varattu kaksi erillistä säiliövaunua. Tuotteita toimitetaan viljelijöille, jotka varastoivat tuotteet omissa varastoissaan. (Laine, sähköpostiviesti 24.2.2014, 5.3.2014)

Meneillään on myös koetoimintaa, jonka puitteissa mädätysjäännöstä käsitellään/varastoidaan koeaumoissa Kiertokapulan kompostointikentällä Karanojan käsittelykeskuksella. Kompostointikentän pinta-ala on noin yksi hehtaari ja varastokenttä on pinnoitettu nestetiiviillä tiivisasfaltilla. Kentällä syntyneet valuma- ja suotovedet on kerätty viemäroinnin avulla jätteenkäsittelyalueen tasausaltaaseen, josta ne on edelleen pumpattu jätevedenpuhdistukseen Paroisten vedenpuhdistamolle. (Tokeensuu, sähköpostiviesti 5.3.2014)

6.6 Varastointi maataloilla

Biokaasulaitokset käsittelevät paljon biomassaa ympäri vuoden, jolloin syntyy myös paljon mädätysjäännöstä. Kuitenkin mädätysjäännöksestä jalostettua orgaanista lannoitevalmistetta voidaan käyttää vain kasvukaudenaikana samoin kuten lantaa. On keskeistä varastoida orgaaniset lannoitevalmisteet kohtuullisin kustannuksin ja kestäväällä tavalla levitysalueiden yhteyteen koska kaikki laitokset eivät halua tai voi varastoida mädätysjäännöstä laitosalueillaan. (Tontti & Kapuinen 2013, 6.)

LeviLog- hankkeen yhtenä tavoitteena oli selvittää sopivat varastointi- eli patterointitavat kemiallisesti hapetetulle puhdistamolietteelle, kuivarakeelle, kuivatulle sekä kuivaamattomalle mädätysjäännökselle sekä maanparannuskompostille. Patterointiratkaisuja selvitettiin syksystä 2010 kevääseen 2011 asti. Tutkimuksessa keskityttiin selvittämään liukoisen tyyppien huuhtoutumista ympäristöön ja erityisesti alla oleviin maakerroksiin. (Tontti & Kapuinen 2013, 6.)

Kokeen tuloksissa huomattiin typpipäästöjen olevan pistemäisiä eikä huuhtoutumista pintavesien mukana havaittu. Pistekuormituksia voidaan tutkimuksen mukaan ehkäistä toiminnallisilla ratkaisuilla. Varastointipaikan valinta on tehtävä erityisen tarkkaan, eikä sitä saa esimerkiksi sijoittaa salaojien kohdalle. Myös varastokokoa tulee harkita tarkkaan. (Tontti & Kapuinen 2013, 6.)

Tutkimuksen mukaan patterin alle on hyvä sijoittaa pohjamateriaali, joka sitoo kosteutta ja ravinteita. Yhdeksi hyväksi materiaaliksi oli todettu oljen ja turpeen sekoitus. Pohjamateriaali irrottaa lannoitevalmisteen pellon pinnasta, mikä helpottaa kuormaamista ja parantaa sen tarkkuutta koska lannoitevalmiste tulee poistaa varastopaikalta tarkasti sen sisältämien ravinteiden vuoksi. Keväisin olisi myös hyvä tehdä maamassan vaihto varastoalueen alla. (Tontti & Kapuinen 2013, 6.)

MTT:n tekemässä tutkimuksessa seurattiin maanparannuskompostin, kuivatun mädätysjäännöksen ja kemiallisesti hapetetun lietteen peltopatterivarastointia ja sen vaikutuksia maaperään. Patterit oli perustettu talvella rouhtaisen maan päälle ja niiden alla oli olki, turve, sahanpuru tai paljas maa. Pattereiden kohdalta ja ympäröivästä maasta otettiin näytteitä ennen ja jälkeen varastoinnin. (Kapuinen, Kekkonen, Laurila & Tontti 2014, 2)

Viljelijät perustivat pelloilleen varastopattereita vuosien 2012 ja 2013 alussa ympäristöviranomaisten hyväksymän pohjaratkaisujen mukaisesti.

Yhdessä tutkimuskohteessa patteri peitettiin olkikatteella, mutta pääsääntöisesti pattereita ei peitetty. Pattereiden ympäriltä ja kohdalta mitattiin maakerrosten tyypipitoisuudet eri syvyyksiltä (0-10cm, 10-20 cm, 20-30 cm, 30-40 cm, 40-50 cm ja 50-60 cm) ennen ja välittömästi patterionnin päätyttyä. Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää liukoisen typen huuhtoutuminen alaspäin. Kuivatusta mädätysjäännöksestä (TS 31,5 %) mitattiin myös puristuvan valumaveden määrä MTT:llä olevalla patterisimulaattorilla 65 vuorokauden aikana. Valumavedestä analysoitiin ammoniumtyppi ja nitraattityppi. Kuvassa 5 on esitetty patterikokeen tuloksia paljaspohjaiselle patterille. (Kapuinen, Kekkonen, Laurila & Tontti 2014, 3.)

Taulukko 1. Maakerrosten NH_4^+ - ja NO_3^- -typen profiilit maanparannuskompostin, kuivatun mädätysjäännöksen ja kemiallisesti hapetetun puhdistamolietteen varastopatterien alla, sekä 3 metrin ja 10 metrin etäisyyksillä pattereista. Näytteet on otettu toukokuussa varastopatterien purkamispäivänä, patterin ulkopuoliset pisteet ennen lannoitevalmisteen levitystä ja patterin kohta heti purkamisen jälkeen.

PALJASPOHJAISET LANNOITEVALMISTEPATTERIT⁽¹⁾

Maakerrosten NH_4^+ ja NO_3^- -typpi patterin purkamisessa toukokuussa

	Maanparannuskomposti				Mädätysjäännös kuivattu				Kemiallisesti hapetettu puhdistamoliete				
	2012 (HeS)		2013 (HeS)		2012 (HeS)		2013 (HeS)		2012 (HHB)		2013 (HHB)		
	(mg/litra)		(mg/kg)		(mg/litra)		(mg/kg)		(mg/litra)		(mg/kg)		
	NH_4^+ -N	NO_3^- -N	NH_4^+ -N	NO_3^- -N	NH_4^+ -N	NO_3^- -N	NH_4^+ -N	NO_3^- -N	NH_4^+ -N	NO_3^- -N	NH_4^+ -N	NO_3^- -N	
Patterin kohdalla													
<i>kerrokset</i>	0-10	216	11	139	2	125	32	317	1	430	0	75	3
	10-20	106	7	8	2	66	16	49	1	120	0	93	2
	20-30	153	5	3	1	28	7	1	1	96	0	138	2
	30-40	6	4	1	2	11	4	0	1	21	0	128	2
	40-50	3	4	2	1	1	4	2	1	4	0	130	2
	50-60	2	2	2	2	1	3	1	1	7	0	59	3
Patterista 3 m etäisyys													
<i>kerrokset</i>	0-10	231	20	150	14	3	2	3	24	39	2	14	2
	10-20	49	8	4	2	2	2	3	7	5	0	9	1
	20-30	4	7	2	2	2	1	5	3	3	0	7	2
	30-40	8	7	5	1	2	1	0	3	4	0	16	3
	40-50	1	4	7	2	1	1	1	2	0	0	3	2
	50-60	4	3	32	3	0	1	1	1	0	0	-	-
Patterista 10 m etäisyys													
<i>kerrokset</i>	0-10	36	16			2	3			3	0	5	1
	10-20	4	7			1	2			5	2	8	3
	20-30	14	8			1	1			7	2	3	2
	30-40	1	4			1	1			4	0	1	1
	40-50	0	3			0	1			5	2	1	2
	50-60	1	3			0	1			6	0	-	-

⁽¹⁾ Perustettu talvella jäiselle maalle

Kuva 5. Paljaspohjaisen patterin ammoniumtyppi- ja nitraattityypipitoisuudet kokeiden lopussa (Kapuinen, Kekkonen, Laurila & Tontti 2014, 3)

Ammoniumtyypen osuus maaperässä oli kasvanut kokeen aikana lähinnä maan pintakerroksissa (0-20 cm), joissakin tapauksissa myös 20-30 cm kerroksissa. Kuitenkin ammoniumtyypen profiilit paljaspohjaisissa pattereissa olivat samankaltaisia pattereiden kohdalla, poikkeuksena kuitenkin hapetetun puhdistamolietteen patterissa vuonna 2013. Vuoden 2013 tulosten poikkeama vuoden 2012 tuloksista saattaa johtua suuresta sadannasta, jonka vuoksi ammoniumtyppi olisi voinut huuhtoutua alaspäin. Tutkimuksen johtopäätöksenä peltopatterionnin aiheuttamaa pistekuormaa voidaan hallita valitsemalla oikea pohjarakenne ja viimeistelemällä varastopaikka. Myös kantavan ja nestettä sitovan pohjamateriaalin käyttö on mahdollista peltopatterin alla. Peltopatterointia tutkineen tutkimuksessa tuloksena oli, että orgaanisten lannoitevalmisteen peltopatterionnin ympäristövaikutusten olevan alhainen mutta pistemäisen kuormituksen aiheutuminen on minimitoitava. (Kapuinen, Kekkonen, Laurila & Tontti 2014, 3-4.)

Kuvassa 6 on esitetty mädätysjäännöksen valumakokeessa saadun valuman typpitulokset ja laskennalliset arvot erikokoisille pattereille. Mädätysjäännöksestä saatu valuma oli noin 50 l/m² 40 vuorokauden aikana. Mädätysjäännöstä oli varastoitu 1,7 m³ laatikossa, jonka pinta-ala oli 1 m². Valumavedestä analysoitiin ammoniumtyppipitoisuus ja nitraattityppipitoisuus. (Kapuinen, Kekkonen, Laurila & Tontti 2014, 6.)

Taulukko 5. Mädätysjäännöksen patterisimulaattorin valumaveden tyyppi ja skaalaus erikokoisille pattereille.

Patterisimulaattorin ⁽¹⁾ valumavesi, massan korkeus 1,7 m					
Valumaveden typpipitoisuus ⁽²⁾	2,0	kg/tn	(g/ltr)		
Valumaveden määrä ⁽³⁾	50	ltr/m ²			
Valumaveden liukoinen N neliölle	0,100	kg/m²			

Patterisimulaattorin valumavesipitoisuuden mukainen laskennallinen vaikutus eri kokoluokan tapauksissa ⁽⁴⁾					
<i>Oleus: Mädätysjäännöksen käyttömäärä 25 m³/ha</i>					
Lohkon ala	1,0 ha	1,0 ha	10,0 ha	10,0 ha	25,0 ha
Patterin ala	50 m ²	20 m ²	500 m ²	200 m ²	500 m ²
Patterin korkeus (max)	1,0 m	2,0 m	1,0 m	2,0 m	2,5 m
keskimääräinen kork.	0,7 m	1,7 m	0,7 m	1,7 m	1,7 m
N-päästö (kg/patteri)	5,0	2,0	50,0	20,0	50,0
Liukoinen N levitysalaa kohti (kg N/ha)	5,00	2,00	5,00	2,00	2,00

⁽¹⁾ Kuivatun mädätysjäännöksen varastointi patterisimulaattorissa, lämpötila < +15 °C, tuoremassan korkeus 1,7 m.

⁽²⁾ Liukoinen tyyppi, sisältää NH₄⁺ ja NO₃⁻.

⁽³⁾ Mädätysjäännöksestä valunut nestemäärä 40 vrk aikana.

⁽⁴⁾ Patterisimulaattorissa mitatun typpivaluman perusteella skaalattu typpi-vaikutuksen suuruus eri kokoisissa pattereissa ja peltolohkoilla.

Kuva 6. Mädätysjäännöksestä puristuneen valumaveden liukoisen typen määrä ja sen laskennalliset tulokset erikokoisille pattereille (Kapuinen, Kekkonen, Laurila & Tontti 2014, 6)

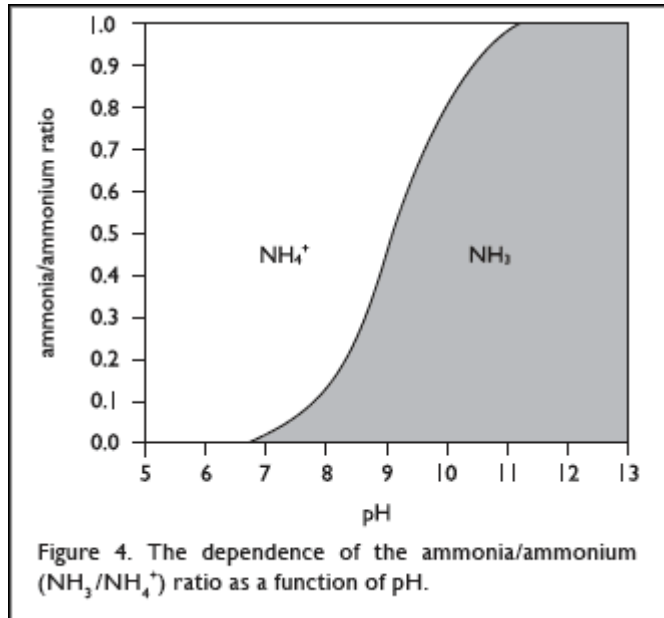
Valumaveden tutkimuksessa keskityttiin ensimmäiseen kuukauteen patterin perustamisesta. Sen jälkeen tutkimusta jatkettiin vielä toinen kuukausi. Ravinnekkuormitusta voitaisiin tutkimuksen mukaan vähentää huomattavasti varastoimalla mädätysjäännöstä biokaasulaitoksilla peitettynä 1-2 kuukautta, jonka aikana syntyneen valumavedet kerättäisiin talteen ja käsiteltäisiin asianmukaisesti ennen lannoitevalmisteen kuljettamista peltopatteriin. Turvallinen varastointi peltopatterissa edellyttää, ettei mädätysjäännöksestä valu enää nestettä ja se peitettäisiin peltopatterivarastoinnin ajaksi. Tarvittava esivarastointiaika riippuu paljon lannoitevalmisteen ominaisuuksista, esimerkiksi kuiva-ainepitoisuudesta. (Kapuinen, Kekkonen, Laurila & Tontti 2014, 7.)

6.7 Varastoinnin vaikutus mädätysjäännöksen sisältämälle typelle

Varastointi vaikuttaa mädätysjäännökseen eri tavoin. Esimerkkeiksi typpihäviöt ovat mädätysjäännöksessä mahdollisia mikäli varastointi ja mädätysjäännöksen käsittely eivät ole asiallisia varsinkin kun varastointi tapahtuu lietemäisessä muodossa. Mädätysjäännöksestä voi tällöin haihtua typpeä merkittävästi. Haihtumista voidaan kuitenkin välttää esimerkiksi kattamalla lietesäiliöt, jonka avulla voidaan vähentää typen haihtumista jopa yli 90 %. (Toivanen 2008, 20–21.)

Merkittävimmät typpihäviöt mädätysjäännökselle aiheutuvat varastoinnin, levityksen ja maaperässä tapahtuvassa huuhtoutumisesta. Niihin vaikuttavat erityisesti mädätysjäännöksen kohonnut pH ja korkea ammoniumtyp-

pipitoisuus. Typen haihtuminen tapahtuu yleisimmin ammoniakkimuodossa. Kun pH nousee yhdellä asteella, ammoniakkipitoisuus kymmenkertaistuu, jolloin typen haihtuminen lisääntyy. (Toivanen 2008, 20–21.) Kuvassa 7 on esitetty pH vaikutuksesta typen esiintymismuotoon ammoniakkin ja ammoniumtypen osalta.



Kuva 7. pH:n vaikutus typen esiintymismuotoon ammoniakkin ja ammoniumionin osalta (Susan W. Gay 2009)

Ammoniumioni on vesiliukoisempi kuin ammoniakki, jonka vuoksi ammoniakki konvertoituu nopeasti kaasumaiseen muotoon. Korkea pH lisää ammoniumionien konvertoitumista ammoniakkimuotoon, jolloin materiaalista haihtuu typpeä ammoniakkikaasun muodossa. (Susan W. Gay 2009) Ammoniakin haihtumisnopeuteen vaikuttaa pH:n lisäksi myös lämpötila. (Kapuinen P. 2013)

Mädätysjäännöksen kompostoinnin aikana voi myös syntyä typpihäviöitä. Kompostoinnin toisessa vaiheessa eli termofiilivaiheessa kompostin lämpötila ja pH nousevat. Lämpötila termofiilivaiheessa voi nousta jopa 70 °C:een, jolloin ammoniakkin haihtuminen lisääntyy kohonneen pH:n ja lämpötilan johdosta. (Albers ym., 2003, 12.; Halinen & Tontti, 2004, 12.)

7 VALUMAVESIEN HALLINTA

Suoto- ja valumavedet muodostuvat suurimaksi osaksi sadevesistä ja lumien sulamisvesistä. Valumavesiä voi muodostua myös mädätysjäännöksen puristumisesta varastoinnin aikana. Valuma- ja suotovesien keräys on ympäristöluvassa määrättyä toimintaa esimerkiksi kaatopaikoilla ja bio-kaasulaitoksilla. Vedet on kerättävä ja ne on puhdistettava itse tai johdettava muualle puhdistettavaksi.

7.1 Kaatopaikkavesien hallinta

Kaatopaikkavesien hallintaa varten on asetettu yleisiä asetuksia. Ensimmäinen tärkeä seikka on kaatopaikan sijainnin valinta. Kaatopaikkaa ei saa esimerkiksi rakentaa tärkeille pohjavesialueille tai muille vedenhankinta alueille. Kaikki kaatopaikalla syntyneet valumavedet on kerättävä yhteen siihen soveltuvien teknisten ratkaisujen esimerkiksi pumppauksin ja salaojituksin. Vedet tulee puhdistaa joko kaatopaikalla tai johtaa muualle puhdistettavaksi esimerkiksi kunnalliselle vedenpuhdistamolle. Vesien määrä on pidettävä mahdollisimman pienenä jotta ne eivät aiheuta kohtuuttoman suuria kuormia muualla tehtävän puhdistuksen suhteen, koska kaatopaikkavedet eivät saa heikentää vedenpuhdistamon toimintaa. (Valtioneuvoston päätös kaatopaikoista 861/1997, Liite I)

Kaatopaikan maaperälle on omia vaatimuksia. Maaperän tulee olla kantava ja vedenläpäisevyydellä on oma vaatimus. Jos maaperä ei ole tarpeeksi tiivis, voidaan sitä tiivistää erityisellä tiivistyskerroksella. Tavanomaisen jätteen ja ongelmajätteen kaatopaikoille lisätään tiivistyskerroksen tai maaperän päälle eristyskerros ja sen päälle salaojakerros eli kuivatuskerros. Se helpottaa kaatopaikkavesien keräystä. (Valtioneuvoston päätös kaatopaikoista 861/1997, Liite I)

Kaatopaikkojen suotovesistä tutkitaan useita eri asioita. Topinojan jätekeskuksen suotovesiä seurattiin vuoden 2003 syksyllä tarkkailuohjelman mukaisesti seuraavasti. Suotovesien määrää ja sen sähkönjohtokykyä mitattiin jatkuvilla mittareilla raportoiden ne viikoittain. Suotovesinäytteistä tutkittiin lisäksi kaatopaikkavaikutusta ja raskasmetallipitoisuuksia ilmentäviä ammoniumtyppi- ja kloridipitoisuuksia. Vesistä analysoitiin myös biologista ja kemiallista hapenkulutusta. Joka kolmas vuosi vesistä tutkitaan laajemmin raskasmetallipitoisuudet. (Turun seudun jätehuolto Oy:n vuosikertomus 2004, 15.)

7.2 Biokaasulaitosten valuma- ja suotovesien hallinta

Biokaasulaitoksen valuma- ja suotovesien hallinta mädätysjäännöstä varastoitaessa riippuu siitä, missä muodossa mädätysjäännöstä varastoidaan. Jos mädätysjäännöstä varastoidaan kuivaamattomana eli siitä ei eroteta rejektivettä voi varastointi tapahtua esimerkiksi säkkivarastoissa kuten esimerkiksi VamBion biokaasulaitoksella Vampulassa tai erilaisissa siiloissa. Tällaisessa varastoinnissa ei synny valuma- tai suotovesiä. (Juura 14.1.2014 sähköposti)

Kun mädätysjäännös kuivataan biokaasureaktorista poiston jälkeen, päästään noin 30 % kuiva-ainepitoisuuteen. Useimmiten kuivatun mädätysjäännöksen varastointi tapahtuu erilaisilla varastointikentillä tai halleissa. Kun varastointi tapahtuu varastointikentällä, jota ei ole katettu, syntyy valuma- ja suotovesiä sade- ja sulamisvesistä. Suoto- ja valumavedet kerätään esimerkiksi kenttään tehdyn kaadon tai viemärikaivojen avulla. Vedet johdetaan puhdistettavaksi joko laitoksen omalle jätevedenpuhdistamolle, kunnalliselle jätevedenpuhdistamolle tai kierrätetään prosessiin laimennusvedeksi. (Aittamaa suullinen tiedonanto, sähköposti 19.1.2014, Räsä-

nen 29.1.2014 sähköposti, Aalto-Partanen 30.1.2014 sähköposti) Suotovesien hallintaa voidaan lisätä esimerkiksi peittämällä suojapeitteellä varastoitava kuivattu mädätysjäänös. (Biolinja Oy ympäristölupahakemus 2011)

Kuten kaatopaikoilla, on biokaasulaitoksen paikan valinta ensimmäinen vesienhallintakeino. Kumpaakaan ei saa sijoittaa pohjavesialueelle ympäristöpilaantumisriskin vuoksi. Haastatelluilla laitoksilla, jossa mädätysjäännöstä varastoidaan kentillä ulkona, varastokentät on tiivistetty esimerkiksi tiivisasfaltilla, jolloin valuma- ja suotovedet eivät pääse pinnan läpi maaperään. Myös syntyneet valuma- ja suotovedet kerätään erilaisten ratkaisujen avulla ja puhdistetaan itse tai johdetaan muualle puhdistettavaksi kuten kaatopaikkojen vesienhallitsemisessa. Biokaasulaitokset määrittelevät ympäristöluvassa tai ympäristölupahakemuksessa tavan, jolla he hallitsevat suoto- ja valumavesiä.

8 KOKEELLINEN OSIO

Kokeellisen osion tarkoituksena oli tarkastella mädätysjäännöksen kasavarastoinnin aikana syntyvien valumien määrää ja koostumusta, mädätysjäännöksessä tapahtuvia muutoksia varastoinnin aikana sekä laboratorioolosuhteissa tehtyjä ”sadevesiuuttoja” ja niistä syntyviä valumia. Kokeellisessa osiossa tarkasteltiin kahden eri biokaasulaitoksen mädätysjäännöksiä ja niistä syntyneitä valumia

8.1 Mädätysjäännöksen kasavarastointikokeen aloitus

Mädätysjäännöksen kasavarastointi aloitettiin 21.11.2014. Koejärjestelyksi oli järjestetty kuorma-auton lava, jonka pinta-ala oli 14,4 m² (kuva 8). Lavan leveys oli 2,4 m, pituus 6 m ja syvyys 0,55 m. Lavan alle oli hitsattu 120 cm korkeat jalat, jotta lavan alle saatiin mahtumaan 1m³:n (1x1x1 m) kokoinen keräyssäiliö. Lavan vasen reuna oli noin 2 cm alempana kuin oikea reuna, jotta valuma saatiin kerättyä lavalta keräyssäiliöön. Kuvassa 8 on esitetty lava, jolla mädätysjäännöstä varastoitettiin valumakokeiden aikana sekä valumavedenkeräyskontti. Lavalle nostettiin pyöräkuormaajalla tuoretta mädätysjäännöstä 3 910 kilogrammaa (kuva 9)



Kuva 8. Lava, jolla mädätysjäännöstä varastoitii valumakokeen aikana



Kuva 9. Lavalla oleva mädätysjäännös koejakson alkaessa

8.2 Näytteenotto

Näytteenoton hetkellä otettiin näyte muodostuneesta valumavedestä sekä lavalla olleesta mädätysjäännöksestä. Mädätysjäännöksestä otettiin näyte, jonka tulosten perusteella voitiin tarkastella tukevatko mädätysjäännösten tulokset valumanäytteiden tuloksia. Mädätysjäännöksestä otettiin näyte heti kokeen aloituksen yhteydessä, josta määritettiin mädätysjäännöksen lähtötilanne. Mädätysjäännöksestä otettiin näytettä noin pakasterasiallinen, jonka vuoksi kattavaa näytettä koko lavalla olleesta materiaalista oli haastava ottaa.

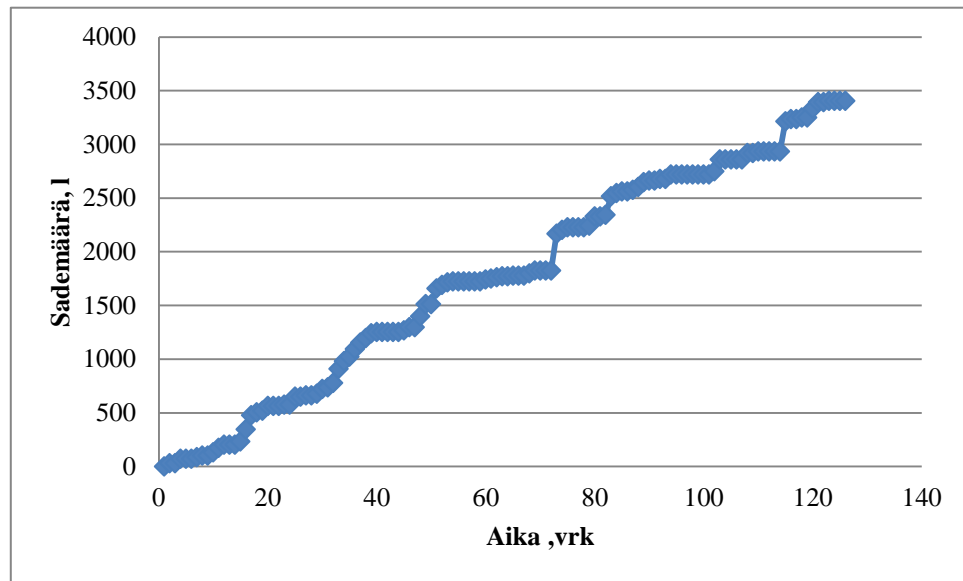
Valuman määrästä riippuen, valuman määrä mitattiin joko kontin kyljessä olevalla mitta-asteikolla tai kaatamalla näyte kymmenen litran ämpäriin, jossa oli mitta-asteikko. Kun koko valuman määrä oli saatu tietoon, otettiin näytettä analysointia varten. Näytteenotto tapahtui keräyssäiliön alareunassa olevasta hanasta. Ennen näytteenottoa konttia heilutettiin, jotta saatiin otettua mahdollisimman tasainen näyte. Yli jäänyt valuma kaadettiin pois. Valuman määrä oli siis näytteenottokertojen välillä syntynyt valuma ja ne laskemalla yhteen saatiin selville koko koejakson aikana syntyneen valuman määrä. Näytettä otettiin kahteen pulloon koska osa analyysistä suoritettiin samana päivänä ja osa näytteestä pakastettiin myöhempiä analyysejä varten. Näytteenoton tiheys riippui sademääristä ja pakkasista.

Liitteessä 1 on esitetty biokaasulaitoksen seudun sääseuranta koejakson aikana. Sääseurannassa näytteenotot on merkitty mustilla pisteillä x-akselilla. Talviaikaan näytteenottoväli oli pidempi, koska valumaa ei muodostunut kylmän ilman vuoksi. Tällöin syntynyt valuma saattoi myös jäätyä keräyssäiliön pohjalle, ja sitä jouduttiin sulattamaan sisätiloissa, jotta näyte voitiin ottaa. Taulukossa 8 on esitetty näytteenottoaikataulu.

Taulukko 8. Näytteenottoaikataulu

Näyte	Päivämäärä	Aika aloituksesta, vrk	Valuman määrä, l
Mädätysjäännös alkutilanne	21.11.2013	0	
Valuma 1	10.12.2013	19	7
Mädätysjäännös 1	10.12.2013	19	
Valuma 2	16.1.2014	56	140
Mädätysjäännös 2	16.1.2014	56	
Valuma 3	24.2.2014	94	220
Mädätysjäännös 3	24.2.2014	94	
Valuma 4	6.3.2014	105	101
Mädätysjäännös 4	6.3.2014	105	
Valuma 5	17.3.2014	116	260
Mädätysjäännös 5	17.3.2014	116	
Valuma 6	27.3.2014	126	105
Mädätysjäännös 6	27.3.2014	126	

Kuviossa 1 on esitetty valumaseurannan aikainen sademäärä lavan alueelle.



Kuvio 1. Valumaseurannan aikainen sademäärä lavalle (14,4 m²)

Valumaseurannan aikana lava-alueelle satoi vetenä noin 3 500 litraa. Lumisateet on laskettu sademäärään vetenä ja lumen oletettiin sulaneen välittömästi.

8.3 Laboratoriotason sadevesiuuttotestit

Laboratoriomittakaavan sadevesiuuttokokeet suoritettiin Hämeen ammattikorkeakoulun Visamäen yksikön ympäristölaboratoriossa. Laboratoriossa testattiin eri-ikäisten mädätysjäännöksen valumaa kahden viikon ajalta sadettamisessa. Käytetty vesimäärä laskettiin vuosittaisen (2012) keskimääräisen sademäärän suuruiseksi. Keskimääräinen Suomen sademäärä oli 52 mm vettä kuukaudessa. Näytelaatikon pinta-alalle 0,1817m² laskettiin tarvittava vesimäärä, kun koejakson pituus oli kaksi viikkoa. Sademääräksi saatiin 4,72 l kahden viikon ajalle. Kastelu jaettiin yhdeksälle päivälle, joten yhden päivän vesimääräksi saatiin 525 ml. Koejakson pituus oli 14 päivää, joten sateettomia päiviäkin oli, jotta lisätty vesi sai imeytyä mädätysjäännökseen muutamia päiviä. Mikäli sateettomia päiviä ei olisi ollut, olisi mädätysjäännös päästänyt kaiken veden sen läpi, koska se olisi ollut läpeensä märkä jatkuvasti, eikä olisi voinut pidättää vettä itseensä ollenkaan. Kasteluvetenä käytettiin huoneenlämpöistä hanavettä, jonka pH oli noin 8.

Jokaiseen laatikkoon punnittiin 10 kg mädätysjäännöstä. Laatikot asetettiin niille valmistettuun telineeseen (kuva 10). Laatikon pohjaan oli tehty reikä, jonka kautta muodostunut valuma pääsi valumaan näytepulloon. Näytepullo oli asetettu näytelaatikon alle reiän kohdalle. Tarvittava vesimäärä sumutettiin/ripoteltiin mädätysjäännöksen päälle suihkepullon avulla.



Kuva 10. Sadevesiuuttokokeen kojärjestely

Kastelukoe suoritettiin hyvin ilmastoidussa huoneessa hajuhaittojen välttämiseksi. Lisäksi hajuhaittojen välttämiseksi laatikoiden yläpuolella käytettiin kohdeimua. Huoneen lämpötila oli noin 25 °C eli hieman korkeampi kuin normaali huonelämpötila. Huoneen korkeahko lämpötila johtui siitä että samassa tilassa olivat haihdutusuuni ja hehkutusuuni, jotka olivat sadevesiuuttokokeiden aikana kovassa käytössä. Huoneen korkeahkon lämpötilan ja hyvän ilmaston vuoksi kokeille laskettiin vesitase, jonka perusteella nähtiin kuinka paljon vettä oli haihtunut.

8.3.1 Biokaasulaitos A mädätysjäännöksen sadevesiuuttokoe

Mädätysjäännökset olivat eri-ikäisiä varastointi-ialtään. Varastointi-iat olivat varastoimaton (tuore), noin 1-2 kk varastoitu ja noin 6 kk varastoitu. Mädätysjäännöksen alku- ja lopputilanne sekä saatu valuma analysoitiin vastaavasti kuten valumakokeessa muodostunut valuma ja mädätysjäännös. Sadevesiuuttokoe A suoritettiin 23.1–6.2.2014 välisenä aikana.

8.3.2 Biokaasulaitos B mädätysjäännöksen sadevesiuuttokoe

Biokaasulaitos B sadevesiuuttokokeessa oli kaksi eri mädätysjäännöstä, varastoimaton (tuore) ja 9 kuukautta varastoitu. Mädätysjäännöksistä ja valumista suoritettiin vastaavat analyysit kuin valumakokeen mädätysjäännöksistä ja valumista. Sadevesiuuttokoe B suoritettiin 10.2–23.2.2014 välisenä aikana.

8.4 Analyysit

Mädätysjäännöksistä tutkittiin kuiva-ainepitoisuus (TS) ja orgaanisen aineen pitoisuus (VS), ammoniumtyyppipitoisuus, kokonaistyyppi ja liukoinen kokonaistyyppipitoisuus, sekä kokonaisfosfori ja liukoinen fosforipitoisuus.

Sadevesiuuttokokeissa määritykset tehtiin mädätysjäännöksestä kokeen alussa ja lopussa.

Valumista analysoitiin pH, kokonaistyyppi ja liukoinen kokonaistyyppi, ammoniumtyppi, kokonaisCOD ja liukoinenCOD eli kemialliset hapenkulutukset, BOD eli biologinen hapenkulutus, kokonaisfosfori ja liukoinen fosfori sekä kiintoaine.

8.4.1 pH

Valumien pH mitattiin pH-mittarilla, joka oli Hanna Instrument HI 3512. Mittari kalibroitiin päivittäin ennen mittauksia. Valumien pH mitattiin niiden ollessa huoneenlämpöisiä.

8.4.2 Kokonaistyyppi ja liukoinen kokonaistyyppi

Kokonaistyyppi ja liukoinen kokonaistyyppi analysoitiin mädätysjäännöksestä ja valumista Kjeldahl-menetelmällä.

Mädätysjäännöksen liukoinen kokonaistyyppi analysoitiin esikäsitellystä näytteestä. Esikäsitellynä näyte uutettiin veteen, joka tapahtui suurissa sentrifugiputkissa. Putkiin punnittiin loppupainosta noin 10 % mädätysjäännöstä ja lisäksi vettä noin 90 %, jolloin uuttokertoimeksi saatiin noin 0,1. Putkia ravisteltiin ravistelijassa noin tunnin ajan, jonka jälkeen näytteet sentrifugoitiin ja suodatettiin imun avulla 8 μ m suodattimella. Näytteet analysoitiin esikäsitellyn jälkeen vastaavasti Kjeldahl-menetelmällä.

8.4.3 Ammoniumtyppi

Ammoniumtyppi määritettiin valumista ja mädätysjäännöksistä Kjeldahl-menetelmällä. Mädätysjäännöksen ammoniumtyypipitoisuuden määrittäminen tapahtui uutetusta mädätysjäännöksestä vastaavasti kuten liukoisen kokonaistypen määrittämisessä.

8.4.4 KokonaisCOD eli COD_{tot} ja liukoinenCOD eli COD_{sol}

COD_{tot} ja COD_{sol} määritettiin näytteistä Hach-pikatestillä. Putkien tunnus on LCK 541. Ennen liukoisen kemiallisen hapenkulutuksen määrittämistä suodatetaan näyte 0,8/0,2 μ m suodattimella. COD kertoo kuinka paljon happea kului veden kemiallisessa hajottamisessa. Arvo kuvaa vedessä olevan orgaanisen aineen määrää.

8.4.5 BOD₇

BOD₇ kertoo kuinka paljon happea kuluu pieneliöiden hajottaessa veden orgaanista ainetta seitsemän päivän aikana tietyissä olosuhteissa. BOD määritetään valumista Oxitop-menetelmällä. Biologista hapenkulutusta

analysoidaan osasta näytteistä myös Hach- pikamenetelmällä. Putkien tunnus on LCK 555.

Olosuhteiksi oli valittu 20 °C ja seitsemän vuorokautta. Näytemääränä pidettiin ensimmäisiä näytettä lukuun ottamatta 200 ml. Oxitop-määrityksen jälkeen määrityksessä käytetty 2 M NaOH-liuos titrattiin 1 M HCl-liuoksella ja kulutuksen perusteella voitiin laskea NaOH-liuokseen sitoutunut hiilidioksidi. Hiilidioksidin määrän perusteella voitiin laskea näytteen biologinen hapenkulutus. Näin ollen Oxitop-määrityksestä saatiin näytteen biologinen hapenkulutus sekä painemuutoksen perusteella että titraustuloksen perusteella.

8.4.6 Kokonaisfosfori ja liukoinen fosfori

Fosforianalyysit teetetään Hämeen ammattikorkeakoulun Visamäen ympäristölaboratoriossa. Kokonaisfosfori ja liukoinen fosfori määritetään valumista ja mädätysjäännöksistä SFS-EN ISO 6878:2004 – standardin mukaisesti. Valumien liukoinen fosfori määritetään suodatetusta näytteestä, jotka on suodatettu 8µm:n suodattimella. Mädätysjäännöksen liukoinen fosfori määritetään uutetuissa näytteistä, vastaavasti kuten liukoinen kokonaistyyppi sekä ammoniumtyppi.

Analyysimenetelmä on tarkoitettu vesinäytteille. Mädätysjäännöksen suurten fosforipitoisuuksien myötä joudutaan analyysissä käyttämään pientä näytemäärää sekä erittäin suuria (x 10 000) laimennuskertoimia. Tämän vuoksi pienikin virhe laimennoksia tehdessä voi aiheuttaa suuria eroja tuloksiin.

8.4.7 Kiintoaine

Valumien kiintoainepitoisuus määritetään SF-EN 872:2004 – standardin mukaisesti. Suodatinkoko on 1,6 µm.

8.4.8 TS ja VS – pitoisuudet

Mädätysjäännöksen kuiva-ainepitoisuus (TS) ja orgaanisen aineen pitoisuus (VS) määritetään SFS 3008:1990 – standardin mukaisesti.

9 TULOKSET JA NIIDEN TARKASTELU

Tässä luvussa on esitetty valumakokeen ja sadevesiuuttokokeiden tulokset. Osa tuloksista on esitetty liitteissä 2-4.

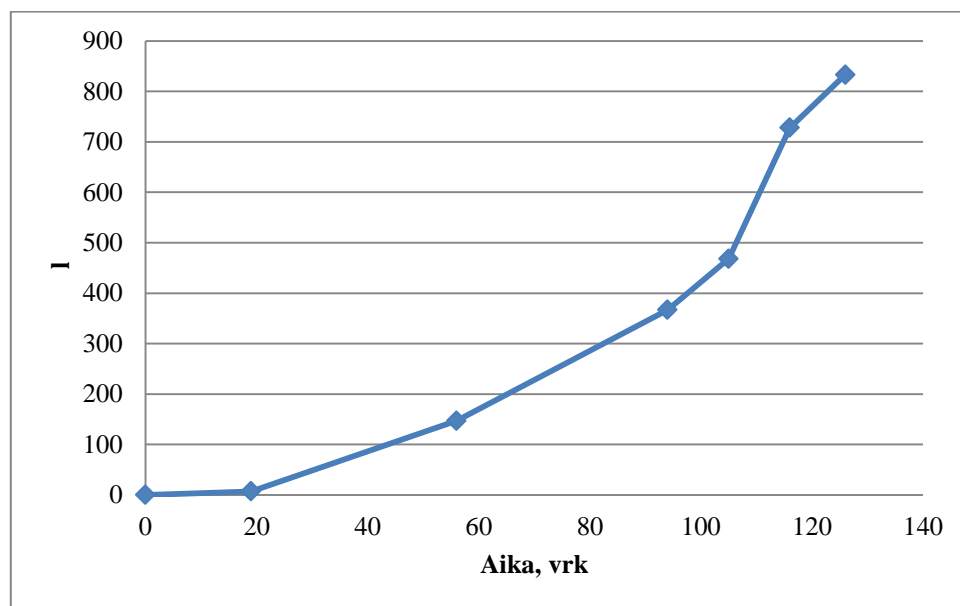
9.1 Valumakokeen tulokset

Tässä alaluvussa on esitetty valumakokeen aikana saatuja tuloksia. Koejakson pituus oli 21.11.2013- 27.3.2014 eli 126 päivää, jonka aikana otet-

tiin kuusi näytettä valumista ja seitsemän näytettä mädätysjäännöksistä. Näytteenoton yhteydessä näytekontti tyhjennettiin ja uuden valuman annettiin kertyä tyhjään konttiin, jotta saatiin selville tietyllä aikavälillä syntynyt valuma. Näytteenottoaikataulu on esitetty edellä taulukossa 8.

9.1.1 Valuman määrä ja pH

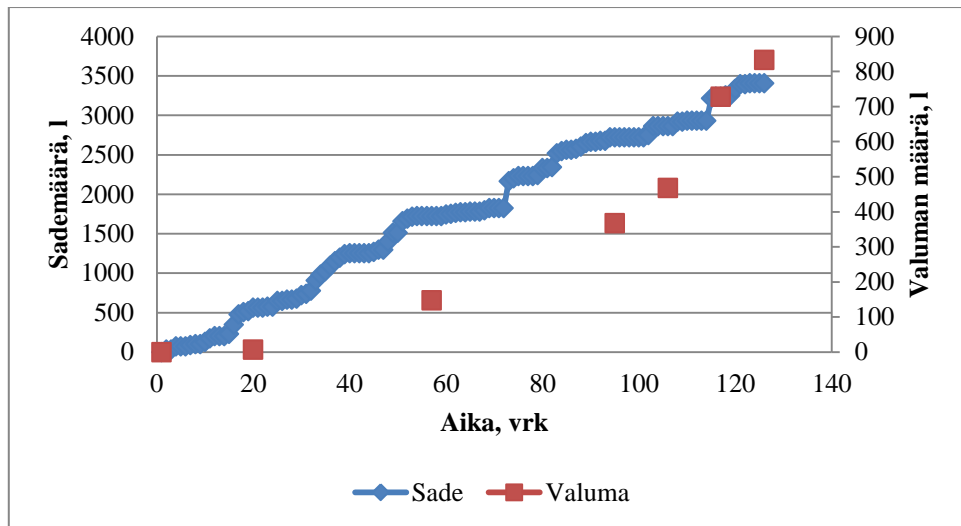
Kuviossa 2 on esitetty lavalta yhteensä saadun valuman määrä kumulatiivisesti.



Kuvio 2. Lavalle kertyneen valuman määrä

Näytteenoton yhteydessä näytekontti tyhjennettiin ja valuman määrä mitattiin. Valumien määrät vaihtelivat 7-265 litran välillä. Koejakson aikana saatu kumulatiivinen valuma oli 833 litraa. Saadut valumat olivat riippuvaisia kokeen aikana vallinneeseen säähän. Koejakson aikana 21.11.2013-27.3.2014 vallinnut sää oli poikkeuksellisen lämmin. Verrattuna keskiarvototalveen kunnan pakkaspäiviä kokeen aikana oli vain muutaman viikon ajan. Koejakson aikana biokaasulaitoksen seudun sademäärä oli noin 205 mm ja lumisademäärä noin 480 mm, joka vastaa vesimääränä 48 mm. Biokaasulaitoksen seudun sääseuranta on esitetty liitteessä 1. Liitteessä esitetyt lämpötilat ovat päivän korkeimpia lämpötiloja, jotta voidaan päätellä koska satanut lumi olisi voinut sulaa aiheuttaen valumaa.

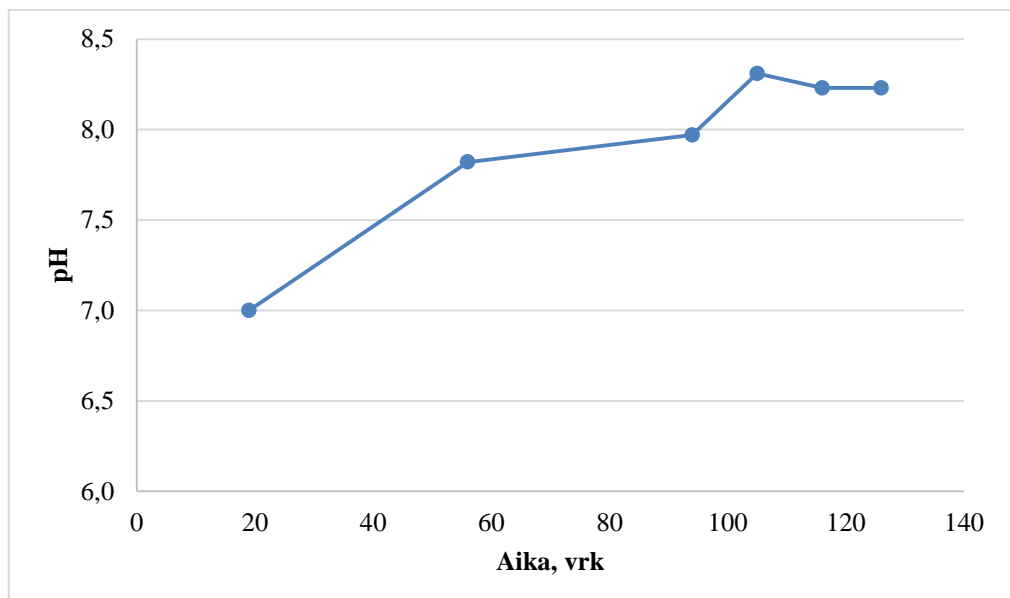
Kuviossa 3 on esitetty syntyneen valuman määrä sekä sademäärä lavalle koejakson aikana. Koejakson aikana lavalle satoi noin 3 500 litraa vetenä. Valumaa muodostui koejakson aikana 833 litraa eli noin 24 % lavalle sataneesta vedestä muodosti koejakson aikana syntyneen valuman.



Kuvio 3. Sademäärä ja siitä muodostuneen valuman määrä

Valuman määrä koejakson aikana tuskin kuvaa tyypillisen talven aikana syntyvää valumaa leudon lämpötilan ja vesisateiden määrän vuoksi. Myöskään se ei kuvaa keskivertokevään aikana syntyvää valumaa lumisateiden vähyden vuoksi. Keskivertotalvena lunta sataa enemmän ja näin ollen ilmojen lämmitessä aiheutuisi enemmän valumaa lumien sulamisen vuoksi keväällä.

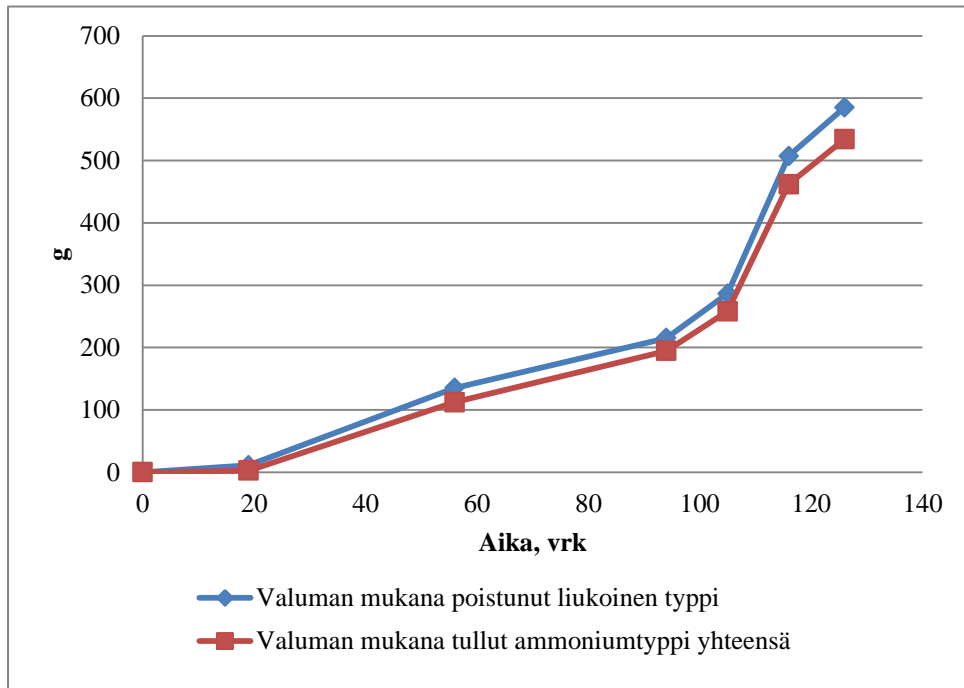
Kuviossa 4 on esitetty lavalle kertyneen valuman pH. Kuten kuvaajasta voidaan huomata, ei valuman pH muuttunut juurikaan koejakson aikana vaan se pysyi tasaisesti noin pH-arvossa 8. Näin ollen valumien ammoniumtyypen haihtumisriski ei ollut merkittävä (kuva 7).



Kuvio 4. Lavalle muodostuneen valuman pH

9.1.2 Kokonaistyyppi ja liukoinen kokonaistyyppi

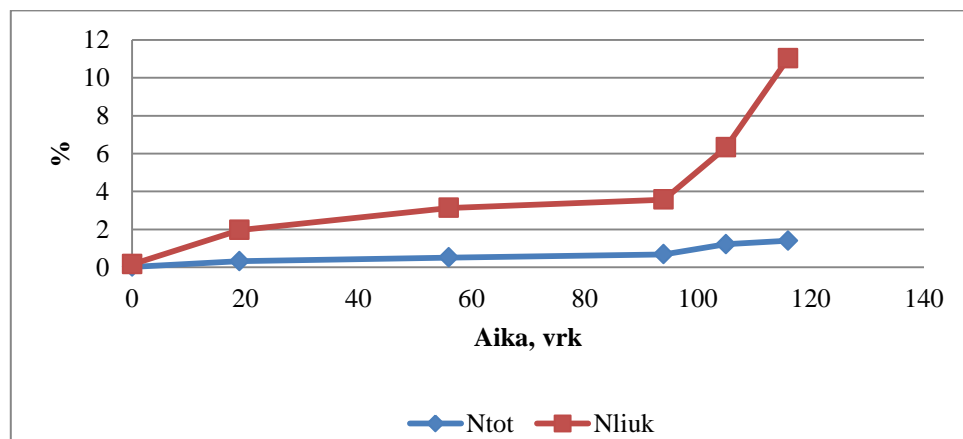
Kuviossa 5 on esitetty valuman myötä lavalla olleesta mädätysjäännöksestä poistunut liukoinen kokonaistyyppi ja ammoniumtyyppi.



Kuvio 5. Valumien myötä poistunut liukoinen kokonaistyyppi ja ammoniumtyyppi

Valuman myötä liukoista kokonaistyyppiä poistui koejakson aikana noin 590 grammaa, josta ammoniumtyyppiä oli yli 90 %. Valumien liukoisen kokonaistypen pitoisuudet vaihtelivat 0,7-1,6 gN/l välillä. Liitteessä 2(1) on esitetty valumien liukoisen kokonaistypen poistuma mädätysjäännöksen kuiva-ainetta kohti laskettuna sekä valumien liukoisen kokonaistypen pitoisuudet.

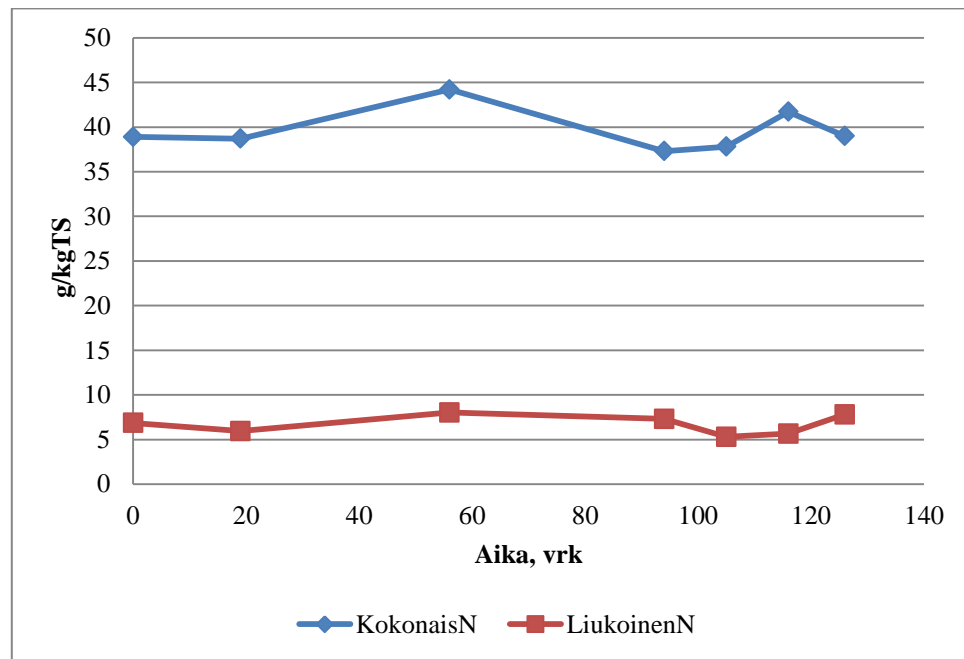
Kuviossa 6 on esitetty valuman aiheuttama kokonais- ja liukoisentypenreduktio lavalla olleelle mädätysjäännökselle koejakson aikana. Reduktio on laskettu mädätysjäännöksen alkutilanteen pitoisuuksista.



Kuvio 6. Lavalla olleen mädätysjäännöksen kokonais- ja liukoisentypenreduktio valumien myötä valumaseurannan aikana

Mädätysjäännöksen alkutilanteesta seurannan aikana valumien myötä oli poistunut liukoista typpeä noin 12 % ja kokonaistyppeä hieman alle 2 %. Kokonaistypen reduktio valumakokeen aikana oli hyvin vähäinen, joten 126 vuorokauden aikana ei valumavesien myötä mädätysjäännöksestä ollut poistunut typpeä merkittävästi. Näin ollen voidaan todeta, ettei noin neljän kuukauden mittainen talvivarastointi aiheuttanut suuria typpihäviöitä valumien muodossa. Reduktiota laskettaessa ei otettu huomioon typen haihtumista.

Typen häviöitä tarkasteltiin myös mädätysjäännöksen typpianalyyysien pohjalta. Kuviossa 7 on esitetty mädätysjäännöksen kokonais- ja liukoisentypen pitoisuudet kuiva-ainetta kohti laskettuna valumaseurannan aikana.



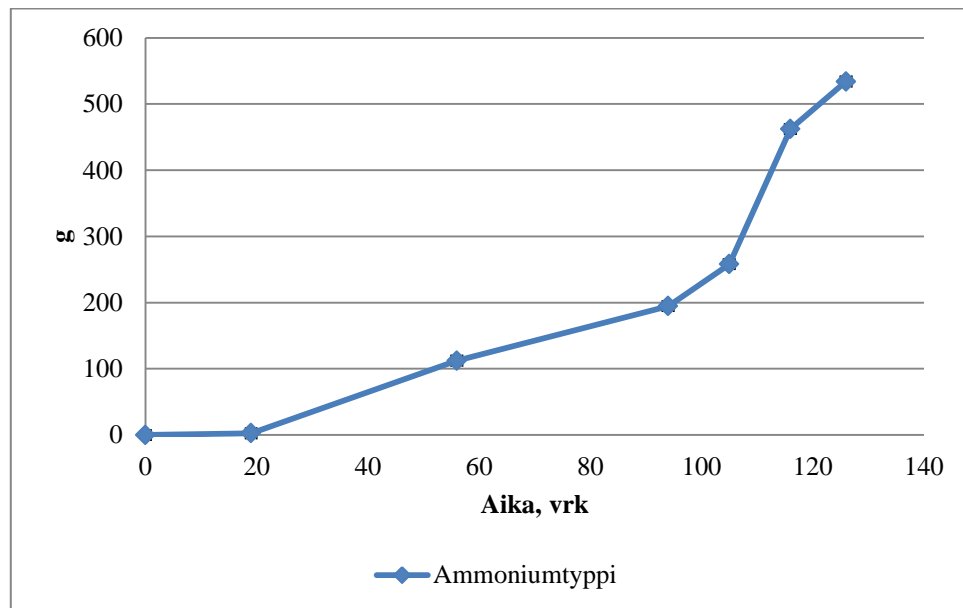
Kuvio 7. Mädätysjäännöksen kokonaistypen ja liukoisentypen pitoisuudet kuiva-ainetta kohti koejakson aikana

Mädätysjäännöksen kokonaistyyppipitoisuudessa ei koejakson aikana tapahtunut merkittäviä muutoksia. Mädätysjäännöksen kokonaistypen alkupitoisuus oli 39 gN/kgTS. Koejakson lopussa, 126 vuorokautta valumaseurannan aloituksesta, mädätysjäännöksen kokonaistyyppipitoisuus oli pysynyt lähestulkoon sama. Kuitenkin koejakson aikaisissa tuloksissa oli pientä vaihtelua. Vaihtelut saattoivat johtua luvussa 8.2 kerrotuista näytteenottoon liittyvistä haasteista. Tuloksista voidaan kuitenkin päätellä, että kokonaistyyppipitoisuus ei koejakson aikana muuttunut merkittävästi.

Kuten kokonaistypen kohdalla, ei mädätysjäännöksen liukoisen kokonaistypen pitoisuuksissa tapahtunut suuria muutoksia. Koejakson alituksessa mädätysjäännöksen liukoisen kokonaistypen pitoisuus oli 6,9 gN/kgTS ja koejakson lopulla, 126 vuorokauden kuluttua aloituksesta, pitoisuus oli 7,8 gN/kgTS. Tulokset tukevat edellä todettua valumien kautta mitattuja typpihäviöitä.

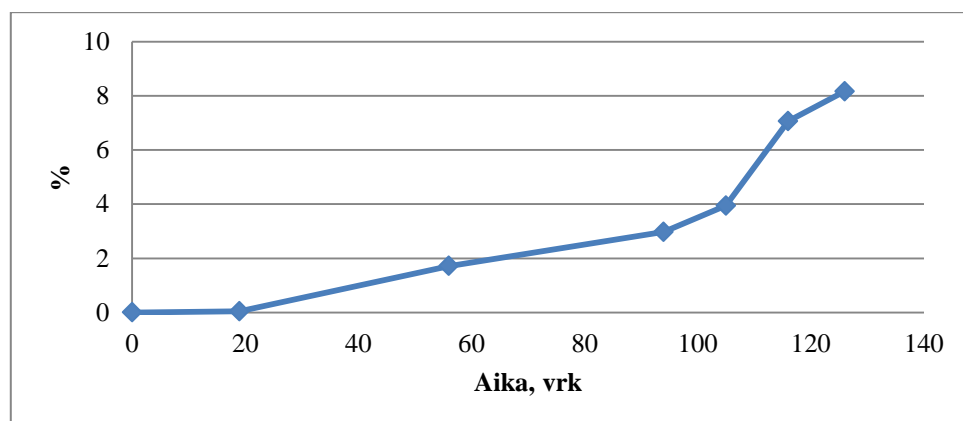
9.1.3 Ammoniumtyppi

Kuviossa 8 on esitetty valuman myötä poistunut ammoniumtyypin määrä.



Kuvio 8. Lavalta valumien myötä poistunut ammoniumtyppi koejakson aikana

Koejakson aikana valumien myötä lavalta poistui ammoniumtyppeä 534 grammaa. Valumassa viisi eli 105–121 päivän välillä syntyneessä valumassa ammoniumtyppeä oli eniten, hieman yli 200 grammaa. Tämä johtui valuman suuresta määrästä (260 litraa). Vähiten ammoniumtyppeä oli ensimmäisessä valumassa, joka oli määrältään kaikista pienin, noin 7 litraa. Valumien ammoniumtyppipitoisuudet koejakson aikana vaihtelivat 0,375–0,786 g/l välillä. Liitteessä 2(1) on esitetty valumien ammoniumtyppipitoisuudet sekä ammoniumtyypin poistuma lavalla olevan mädätysjäännöksen kuiva-ainetta kohti laskettuna. Kuviossa 9 on esitetty valumien kautta mitattu ammoniumtyppireduktio laskettuna mädätysjäännöksen alkutilanteen ammonium-N-määrästä.

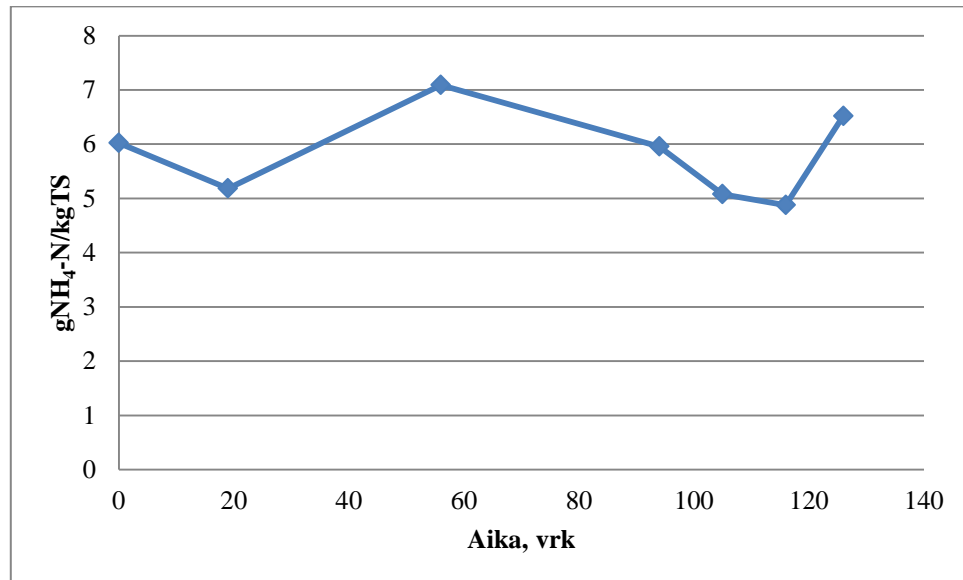


Kuvio 9. Ammoniumtyppireduktio lavalla olleelle mädätysjäännökselle valumien myötä

Ammoniumtyppireduktio koejakson aikana mädätysjäännöksestä valumien myötä oli noin 8 %. Näin ollen koejakson aikainen kasavarastointi ei

vaikuttanut mädätysjäännöksen ammoniumtyppipitoisuuteen merkittävästi. Reduktiota laskettaessa ei otettu huomioon ammoniumtypen haihtumisen mahdollisuutta.

Ammoniumtypen häviöitä tarkasteltiin myös mädätysjäännöksen ammoniumtypen analyysitulosten pohjalta. Kuviossa 10 on esitetty lavalla olleen mädätysjäännöksen ammoniumtyppipitoisuus grammoina kuiva-ainetta kohti.



Kuvio 10. Lavalla olleen mädätysjäännöksen ammoniumtyppipitoisuus kuiva-ainetta kohti kokeen aikana

Ammoniumtyppipitoisuus lavalla olleessa mädätysjäännöksessä koejakson aikana vaihteli 4,9–7,1 g/kgTS välillä. Koejakson alkaessa mädätysjäännöksen ammoniumtyppipitoisuus oli 6,0 g/kgTS. Koejakson aikana ammoniumtyppipitoisuus pääsääntöisesti laski. Kuitenkin 56 ja 126 vuorokauden kohdalla otettujen näytteiden perusteella ammoniumtyppipitoisuus olisi noussut. Tulosten vaihtelu saattoi johtua näytteenoton haasteista, jotka on mainittu luvussa 8.2. Koska koejakson aikana mädätysjäännöksen ammoniumtyppipitoisuus kuitenkin laski hieman, voidaan olettaa, että ammoniumtyppiä poistui mädätysjäännöksestä valumien myötä tai haihtumalla. Kuitenkaan valumien myötä aiheutunut ammoniumtyppireduktio ei ollut merkittävä.

9.1.4 COD

Kuviossa 11 on esitetty valuman kemiallinen kokonaishapenkulutus COD_{tot} ja liukoinen hapenkulutus COD_{sol}. Valumien COD_{tot}-kertymä oli koejakson aikana 1971,3 g ja COD_{sol}-kertymä oli 1768,1 g.

Valuman COD oli lähes kaikki liukoisessa muodossa eli orgaaninen aines oli liukoisessa muodossa. Tämä johtui siitä, että analysoitava näyte oli jo

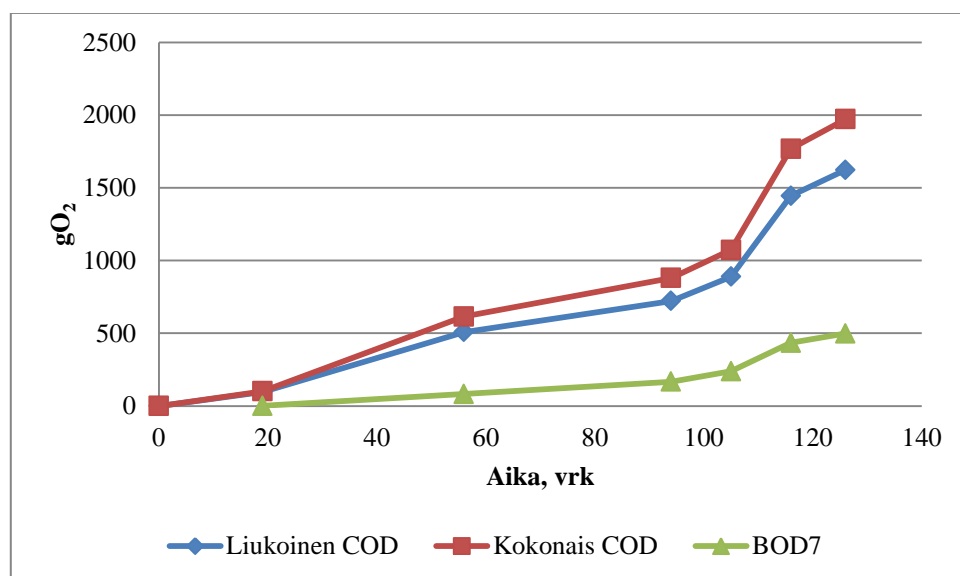
valuman muodossa, eikä se sisältänyt merkittävästi kiintoainesta. Valumien kokonaiskemiallinen hapenkulutus on vaihdellut 1,2- 14,5 g/l välillä. Ensimmäisen valuman COD_{tot} oli 14,5 g/l, joka oli moninkertainen verrattuna muihin valumiin, joiden COD_{tot}-pitoisuudet vaihtelivat 1,2–3,8 g/l välillä. Korkea pitoisuus johtui pienestä valuman määrästä, 7 litraa. Näin ollen valuman määrä konsentroi pitoisuutta eli ensimmäisen valuman myötä oli poistunut paljon orgaanista ainetta valumaan määrään verrattuna. Kuitenkin poistuneen orgaanisen aineen määrä jäi alhaiseksi.

Liitteessä 2(2) on esitetty valumiin kemiallinen hapenkulutus sekä valumiin kokonaiskemiallinen hapenkulutus lavalla olevan mädätysjäännöksen kuiva-ainetta kohti laskettuna.

9.1.5 BOD₇

Kuviossa 11 on esitetty valumiin biologinen hapenkulutus kumulatiivisesti koejakson aikana. Valumiin kumulatiivinen BOD₇ oli koejakson aikana 498,4 g.

BOD₇:n osuus COD:ta oli noin neljännes (Kuvio 13). Näin ollen voidaan päätellä, että valumiin myötä poistunut orgaaninen aine ei ollut enää biologisesti helposti hajoavaa vaan kemiallisesti hitaasti hajoavaa orgaanista ainesta. Keskimäärin koko valuman BOD₇ oli noin 600 mgO₂/l.

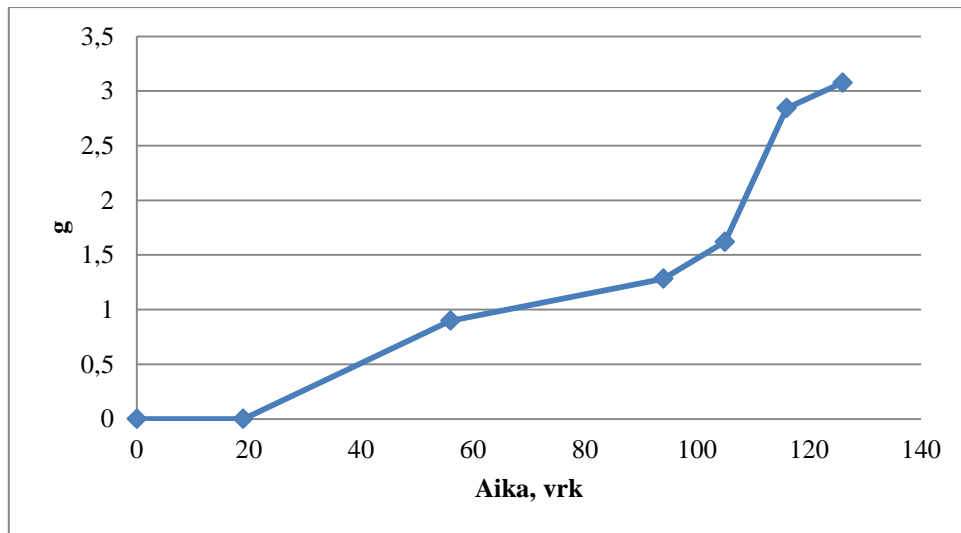


Kuvio 11. Kumulatiivisen valuman hapenkulutus

Liitteessä 2(2) on esitetty valumiin BOD₇ -pitoisuudet sekä valumiin BOD₇ mädätysjäännöksen kuiva-ainetta kohti laskettuna.

9.1.6 Kokonaisfosfori ja liukoinen kokonaisfosfori

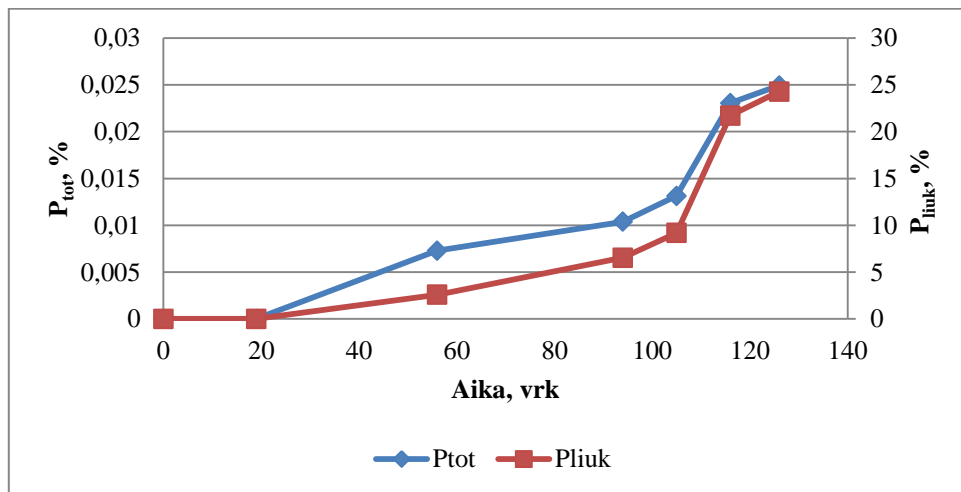
Kuviossa 12 on esitetty valumaveden myötä mädätysjäännöksestä poistunut kokonaisfosfori ja liukoinen fosfori koejakson aikana.



Kuvio 12. Valumien myötä tapahtunut kokonaisfosforin poistuma kumulatiivisesti

126 vuorokauden aikana valumien myötä oli poistunut noin 3 g fosforia. Tuloksesta puuttui kuitenkin ensimmäisessä valumassa ollut fosfori. Tämä johtui siitä, ettei näytettä pystytty analysoimaan käytössä olleella menetelmällä. Näytteen värjäyksessä ennen spektrofotometrasta mittausta, ensimmäinen valuma muuttui sameaksi jokaisella analysointikerralla, ja näin ollen näytteestä ei saatu luotettavaa tulosta. Tämä saattoi johtua esimerkiksi siitä, että käytetyn näytekontin pohjalle olisi jäänyt esimerkiksi ennen kokeen aloitusta sen sisältämää flokkulointikemikaalia.

Kuviossa 13 on esitetty valumien myötä tapahtunut fosforireduktio mädätysjäännökselle.

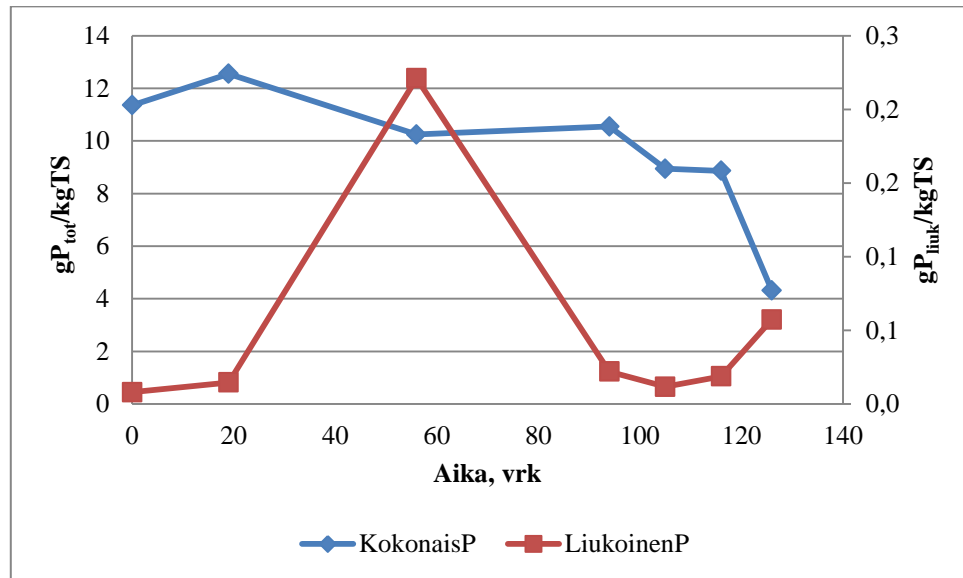


Kuvio 13. Fosforireduktiot mädätysjäännöksen alkutilanteesta valumien myötä

Liukoinen fosforireduktio mädätysjäännöksen alkutilanteesta oli hieman yli 25 %. Kuitenkin kokonaisfosforireduktio mädätysjäännökselle muodostuneiden valumien myötä oli koejakson aikana hyvin pieni, 0,025 %. Vaikka liukaisen fosforin reduktio valumien myötä oli noin neljännes, liukaisen fosforin osuus oli hyvin pieni kokonaisfosforista ja liukaisen fosforin reduktio ei vaikuta kokonaisfosforin reduktioon. Näin ollen voidaan

todeta, ettei mädätysjäännöksen varastointi 126 vuorokauden aikana juuri-kaan muuttanut mädätysjäännöksen fosforipitoisuutta. Liitteessä 2(3) on esitetty valumien fosforipitoisuudet sekä valumien fosforipoistumat mädätysjäännöksen kuiva-ainetta kohti laskettuna.

Kuviossa 14 on esitetty lavalla olleen mädätysjäännöksen kokonaisfosforin ja liukoisen fosforin pitoisuudet kuiva-ainetta kohti laskettuna koejakson aikana.



Kuvio 14. Lavalla olleen mädätysjäännöksen fosforipitoisuudet koejakson aikana

Mädätysjäännöksen kokonaisfosfori pitoisuudet pääsääntöisesti laskivat koejakson aikana. Koejakson alussa mädätysjäännöksen kokonaisfosforin-pitoisuus oli noin 11 gP/kgTS. Liukoisen fosforin osuus kokonaisfosforista oli 0,07 %. Koejakson loppuvaiheessa, 126 päivää aloituksesta, mädätysjäännöksen kokonaisfosforipitoisuus oli noin 4,3 gP/kgTS. 126 päivän kohdalla eli viimeisessä mädätysjäännöksen näytteessä kokonaisfosforin pitoisuus oli laskenut puoleen edellisestä, 121 päivän kohdalla otetun näytteen pitoisuudesta. Kuitenkaan valuman tulosten perusteella laskettu kokonaisfosforireduktio ei tue saatua tulosta. Näytteen tulos saattoi johtua 8.2 luvussa esitetyistä näytteenoton hankaluuksista sekä luvussa 8.4.6 mainituista haasteista. MTT:n tekemässä tutkimuksessa (2013) mekaanisesti kuivatut mädätysjäännökset sisälsivät kokonaisfosforia noin 19–22 gP/kgTS. Näin ollen kokeessa käytetyn mädätysjäännöksen fosforipitoisuus oli noin puolet tästä.

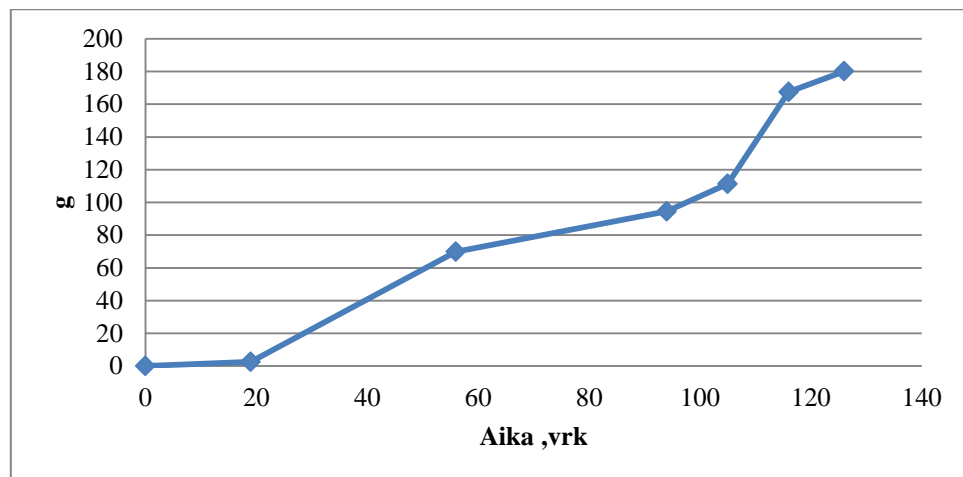
Liukoisen fosforin määrä kokonaisfosforista mädätysjäännöksessä oli erittäin pieni. Verrattuna MTT:n tutkimuksessa tehtyihin analyysihin, esimerkiksi puhdistamolietettä raaka-aineina käyttävän biokaasulaitoksen mädätysjäännöksen liukoisen fosforin pitoisuus oli noin 15 mgP/kgTS, joka oli kaksi kertaa enemmän kuin kokeessa käytetyn mädätysjäännöksen liukoisen fosforin pitoisuus, 7,2 mgP/kgTS. Koska kyseessä olivat kuitenkin hyvin pienet erot, saattoivat ne johtua esimerkiksi analyysintapojen eroista.

9.1.7 Kiintoaines

Kuviossa 15 on esitetty valumien myötä poistunut kiintoaines koejakson aikana.

Valuman myötä 126 vuorokauden aikana aloituksesta oli poistunut noin 180 g kiintoainesta. Kiintoainepitoisuudet valumissa vaihtelivat 0,11-0,48g/l välillä. Koejakson aikana valumien kiintoainepitoisuudet laskivat toisen valuman 0,48 g/l pitoisuudesta kuudennen valuman 0,12 g/l pitoisuuteen. Valumien väri muuttui myös koejakson aikana kirkkaammaksi, josta voitiin päätellä että valumien kiintoainepitoisuudet laskivat koejakson edetessä.

Ensimmäisen valuman kiintoainepitoisuusmäärittäminen tulos ei ollut täysin luotettava, näytteen flokkuloitumisen vuoksi. Flokkuloituminen saattoi johtua näytekontin entisestä sisällöstä kuten edellä fosforimäärittämisessä. Kuitenkaan ensimmäisen valuman tulos ei juuri muuttaisi kiintoaineen kumulatiivinen poistumaa kokeen aikana. Liitteessä 2(3) on esitetty valumien kiintoainepitoisuudet sekä kiintoainepoistumat mädätysjäännöksen kuiva-ainetta kohti laskettuna.

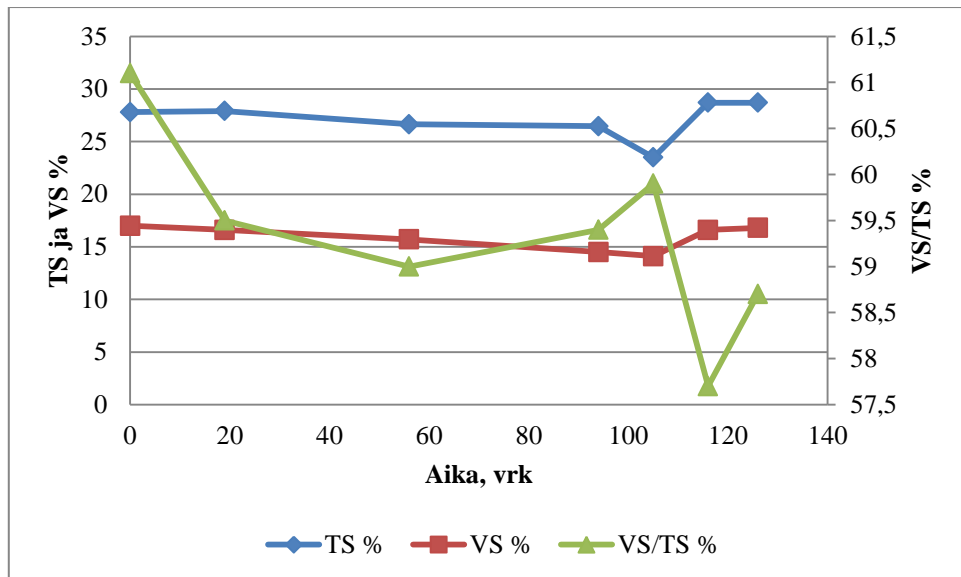


Kuvio 15. Valumien myötä poistunut kiintoaines

Kiintoaineen poistuma valumaseurannan aikana oli tulosten perusteella hyvin pieni. Valuman keskimääräinen kiintoainepitoisuus oli noin 0,2 g/l eli 0,02 %.

9.1.8 Mädätysjäännöksen TS- ja VS-pitoisuudet

Kuviossa 16 on esitetty mädätysjäännöksen kuiva-ainepitoisuudet, orgaanisen aineen pitoisuudet sekä orgaanisen aineen osuus kuiva-aineesta koejakson aikana.



Kuvio 16. Mädätysjäännöksen TS ja VS -pitoisuudet sekä orgaanisen aineen osuus kuiva-aineesta koejakson aikana

Mädätysjäännöksen kuiva-ainepitoisuus oli koejakson alkaessa noin 28 % ja orgaanisen aineen pitoisuus oli 17 %. Orgaanisen aineen osuus kuiva-aineesta oli kokeen alkaessa noin 61 %. Kuten kuviosta 17 voidaan todeta, ei mädätysjäännöksessä ole tapahtunut merkittäviä muutoksia TS- ja VS- pitoisuuksissa eikä orgaanisen aineen osuudessa kuiva-aineesta. Kuivumista ei siis ollut koejakson aikana tapahtunut.

9.2 Sadevesiuuttokokeiden tulokset

Luvussa on esitetty biokaasulaitos A:n ja biokaasulaitos B:n mädätysjäännöksille tehtyjen sadevesiuuttokokeen aikana saadut tulokset. Sadevesiuuttokokeet suoritettiin 23.1–6.2.2014 (A) ja 10.2–23.2.2014 (B) välisinä aikoina. Tuloksia on tarkasteltu jokaisen analyysin osalta.

9.2.1 Sadevesiuuttokokeiden vesitaseet, valumien määrät ja pH:t

Taulukossa 9 on esitetty biokaasulaitos A:n mädätysjäännökselle tehdyn sadevesiuuttokokeen vesitaseet sekä valumien määrät ja taulukossa 10 biokaasulaitos B:n sadevesiuuttokokeen tulokset. Haihtunut vesimäärä laskettiin erotuksena: (lisätty vesi + alkutilanteen vesi) - (valuma + lopputilanteen vesi)

Taulukko 9. Sadevesiuuttokoe A:n vesitaseet ja valuman määrät

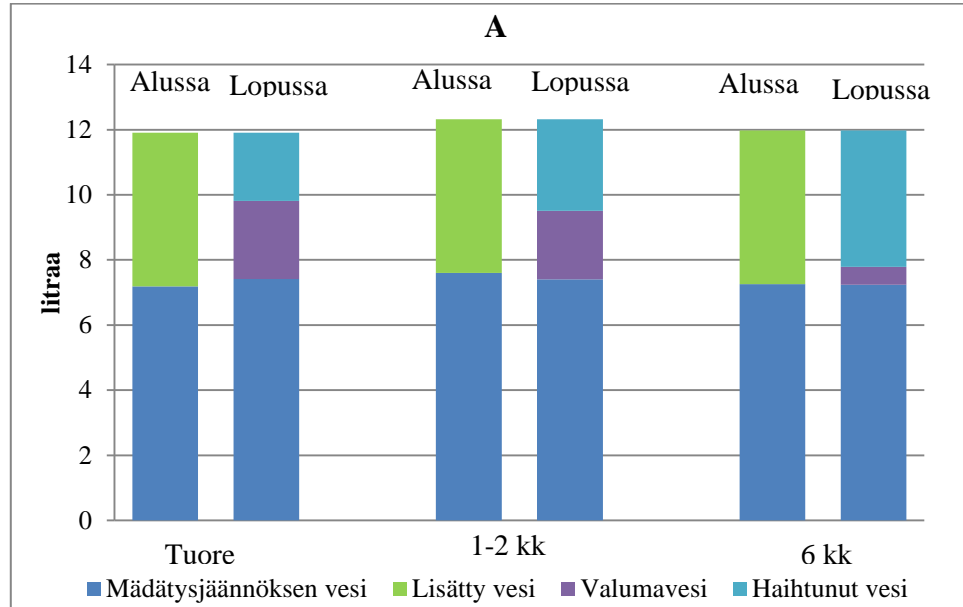
Mädätysjäännös	Lisätty vesi, l	Mädätysjäännöksessä oleva vesi alussa, l	Mädätysjäännöksessä oleva vesi lopussa, l	Valuma, l	Haihtunut vesimäärä, l
Tuore	4,72	7,19	7,41	2,4	2,09
1-2 kk	4,72	7,60	7,40	2,11	2,81
6 kk	4,72	7,26	7,24	0,55	4,19

Mädätysjäännöksen kasavarastoinnin ravinnevalumat

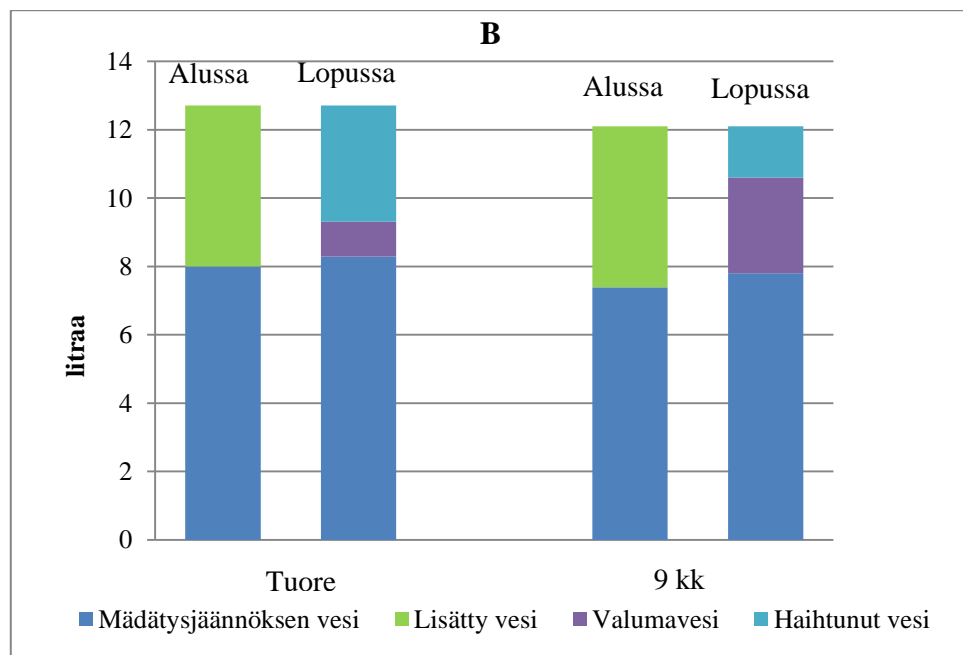
Taulukko 10. Sadevesiuuttokoe B:n vesitaseet ja valumien määrät

Mädätysjäännös	Lisätty vesi, l	Mädätysjäännöksessä oleva vesi alussa, l	Mädätysjäännöksessä oleva vesi lopuksi, l	Valuma, l	Haihtunut vesimäärä, l
Tuore	4,72	8,00	8,29	1,02	3,41
9 kk	4,72	7,39	7,80	2,8	1,50

Kuviossa 17 ja 18 on esitetty sadevesiuuttokokeiden (A ja B) vesitaseet pylväskuviolla.



Kuvio 17. Biokaasulaitos A:n mädätysjäännösten vesitase sadevesiuuttokokeen aikana. Haihtunut vesi laskettu erotuksena (ei mitattu).



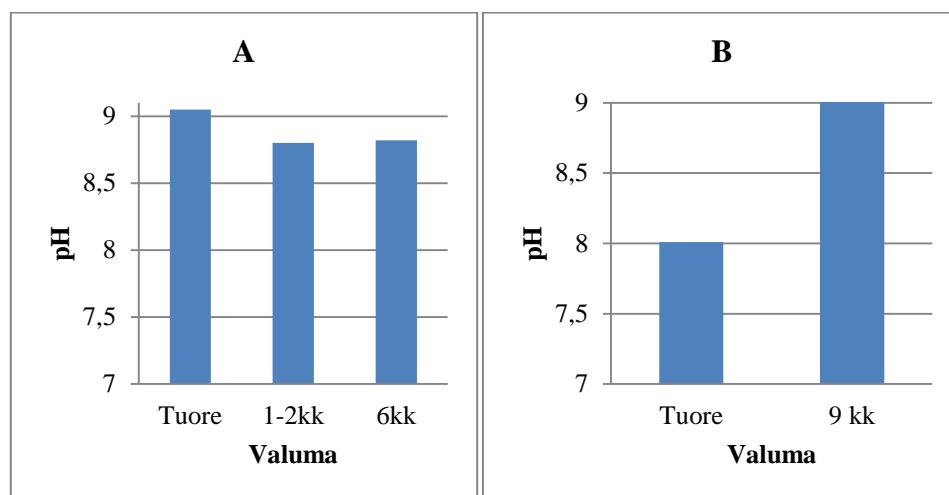
Kuvio 18. Biokaasulaitos B:n mädätysjäännösten vesitase sadevesiuuttokokeen aikana. Haihtunut vesi laskettu erotuksena (ei mitattu).

Sadevesiuuttokokeiden aikana haihtui lisätystä vedestä 31–89 %. Haihtuminen johtui tilan hyvästä ilmastoinnista, korkeasta lämpötilasta ja hajuhaittojen ehkäisemiseksi käytetyistä kohdeimusta. Haihtuneen veden määrä oli suoraa verrannollinen muodostuneen valuman määrään. Valumia muodostui mädätysjäännöksistä 0,55–2,8 l. Eniten valumia muodostui Biokaasulaitos A:n tuoreesta ja 1-2 kk varastoidusta mädätysjäännöksestä sekä biokaasulaitos B:n 9 kk varastoidusta mädätysjäännöksestä. Näin ollen voidaan siis todeta, ettei mädätysjäännöksen varastointiajalla ole merkitystä valuman muodostumiseen.

Eniten valuman muodostumiseen vaikutti mädätysjäännöksen rakenne. Mikäli rakenne oli hyvin tiivis, saattoi mädätysjäännös tukkia näytelaatikon pohjassa olleen reiän. Tällöin valumaa ei päässyt muodostumaan ja vesi haihtui helposti.

Molempien biokaasulaitosten tuoreet mädätysjäännökset olivat rakenteeltaan huokoisia ja hyvin irtonaisia. Vaikka rakenteeltaan ne olivat samantaisia, valuman muodostuminen oli kuitenkin yli kaksinkertainen biokaasulaitos A:n mädätysjäännöksellä (2,4 l) verrattuna biokaasulaitos B: mädätysjäännökseen (1,02 l).

Kuviossa 19 on esitetty biokaasulaitosten mädätysjäännöksistä saatujen valumien pH-arvot.

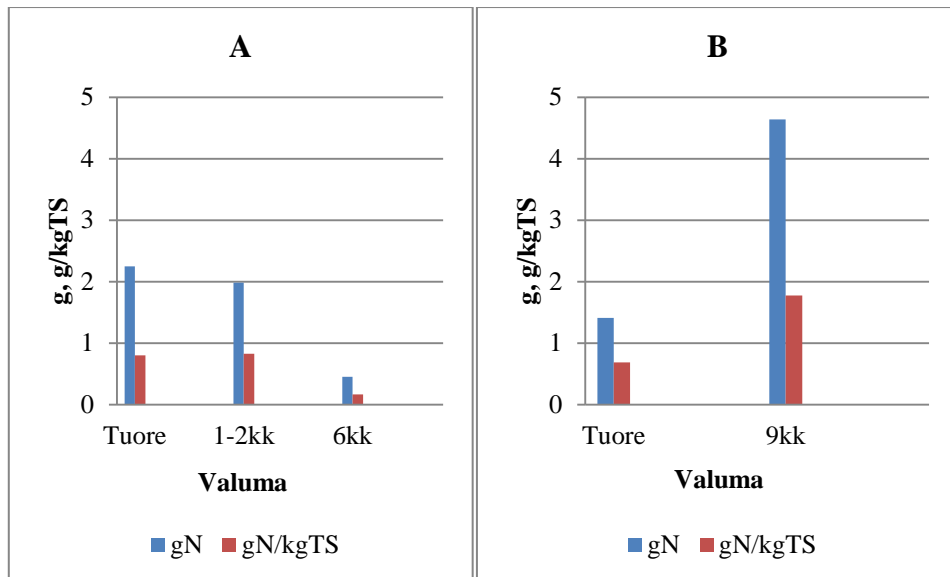


Kuvio 19. Valumien pH-arvot

pH-arvot vaihtelivat 8-9 välillä. Korkein pH-arvo oli biokaasulaitos A:n tuoreesta ja biokaasulaitos B:n 9 kk varastoidusta mädätysjäännöksistä saaduissa valumissa. Mädätysjäännöksen varastointiajalla ei ollut merkitystä valumien pH-arvoihin.

9.2.2 Kokonaistyyppi ja liukoinen kokonaistyyppi

Kuviossa 20 on esitetty valumien mukana poistunut typpi, joka oli liukoisessa muodossa sekä valuman mukana poistunut typpi kohti mädätysjäännöksen kuiva-ainetta laskettuna.



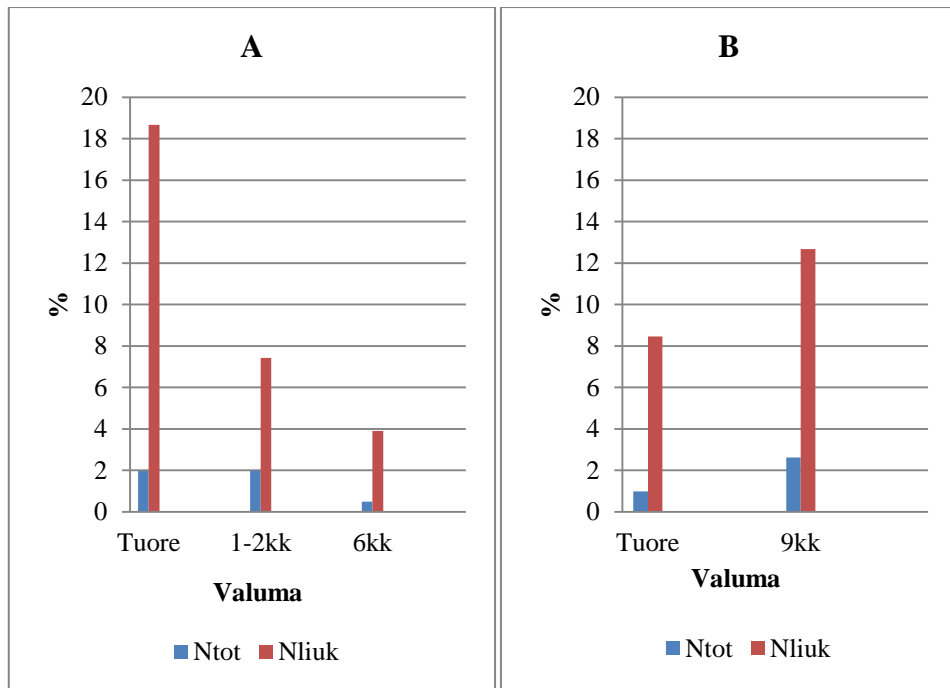
Kuvio 20. Biokaasulaitosten mädätysjäännöksistä muodostuneiden valumien typpi- ja typen pitoisuudet sekä typpi- ja typen pitoisuudet mädätysjäännöksen kuiva-ainetta kohti laskettuna

Eniten biokaasulaitos A:n valumien mukana typpeä poistui tuoreesta mädätysjäännöksestä ja vähiten puolestaan 6 kk varastoidusta mädätysjäännöksestä. Näin ollen typen huuhtoutuminen mädätysjäännöksistä (A) oli alhaisempaa mitä kauemmin varastoitu mädätysjäännös oli kyseessä koska tällöin typpeä oli todennäköisesti huuhtoutunut tai muuten poistunut jo varastoinnin aikana. Sadevesiuuttokokeen (A) aikana mädätysjäännöksistä poistui noin 0,5-2,3 g typpeä valumien myötä. Valumien (A) liukoisen kokonaistypen pitoisuudet on esitetty liitteessä 3.

Biokaasulaitos B:n 9 kk varastoidun mädätysjäännöksen mukana oli poistunut noin kolminkertainen määrä typpeä verrattuna tuoreesta mädätysjäännöksestä poistuneeseen typpiin. Tämä johtui luultavasti mädätysjäännösten (B) suurista eroista keskenään. 9 kk varastoidusta mädätysjäännöksestä on luultavasti typpeä jo poistunut valuman myötä, joten sen alkuperäinen typpi- ja typen pitoisuus on luultavasti ollut korkeampi kuin tuoreen mädätysjäännöksen. Tuoreesta mädätysjäännöksestä muodostuneen valuman mukana poistui 1,4 g typpeä ja 9 kk varastoidusta mädätysjäännöksestä poistui 4,6 g typpeä. Liitteessä 4 on esitetty valumien (B) liukoisen kokonaistypen pitoisuudet.

Biokaasulaitos A:n tuoreen mädätysjäännöksen valuman myötä poistui noin kaksinkertainen määrä typpeä verrattuna biokaasulaitos B:n tuoreen mädätysjäännöksen valumaan. Mädätysjäännösten kuiva-ainetta kohti lasketut typpi- ja typen pitoisuudet olivat kuitenkin lähes samat.

Kuviossa 21 on esitetty mädätysjäännöksen typpireduktiot valumien myötä. Reduktiota laskettaessa ei ole huomioitu typen haihtumisen mahdollisuutta.



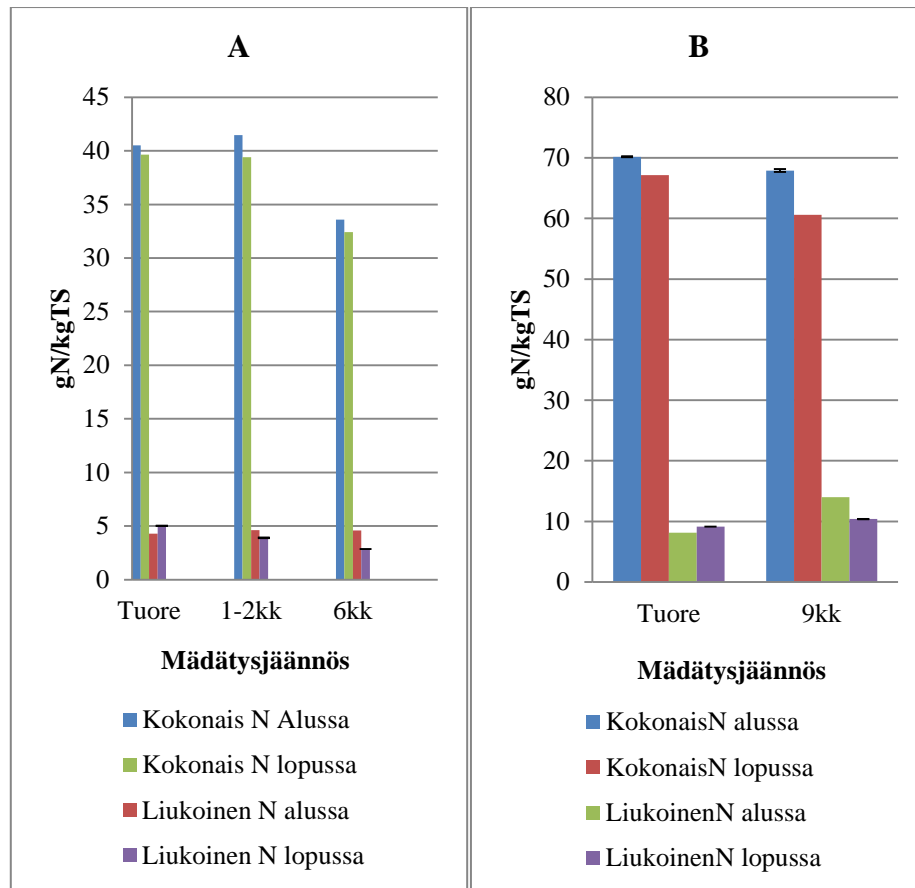
Kuvio 21. Mädätysjäännösten kokonais- ja liukoistypen reduktiot sadevesiuuttokokeiden aikana valumien myötä

Biokaasulaitos A:n kokonaistyyppireduktiot vaihtelivat 0,5-2 % välillä ja liukoistypen reduktiot vaihtelivat 5-20 % välillä. Pienin kokonaistyyppireduktio valumien myötä oli 6 kk varastoidulla mädätysjäännöksellä (0,5 %).

Biokaasulaitos B:n tuoreen mädätysjäännöksen kokonaistyyppireduktio oli noin 1 % ja 9 kk varastoidun mädätysjäännöksen tyyppireduktio oli 2,6 %. Liukoistypen reduktiot olivat tuoreessa noin 9 % ja 9 kk varastoidussa noin 13 %.

Biokaasulaitos A:n tyyppireduktiot antavat osviittaa siitä, että varastointiajan kasvaessa tyyppireduktiot vähenevät. Biokaasulaitos B:n tuoreen mädätysjäännöksen kokonais- ja liukoistypen reduktiot olivat noin puolet pienempiä kuin biokaasulaitos A:n reduktiot. Tulosten perusteella voidaan todeta, ettei kahden viikon sademäärä kokeen olosuhteissa aiheuttanut valumien myötä merkittäviä kokonaistyyppihäviöitä mädätysjäännöksille.

Typpenhäviöitä tarkasteltiin myös mädätysjäännösten tyyppianalyysitulosten perusteella. Kuviossa 22 on esitetty mädätysjäännösten kokonaistypen ja liukoisen typen pitoisuudet sadevesiuuttokokeiden alussa ja lopussa.



Kuvio 22. Mädätysjäännösten typpipitoisuudet kokeen alussa ja lopussa kuiva-ainetta kohti laskettuna

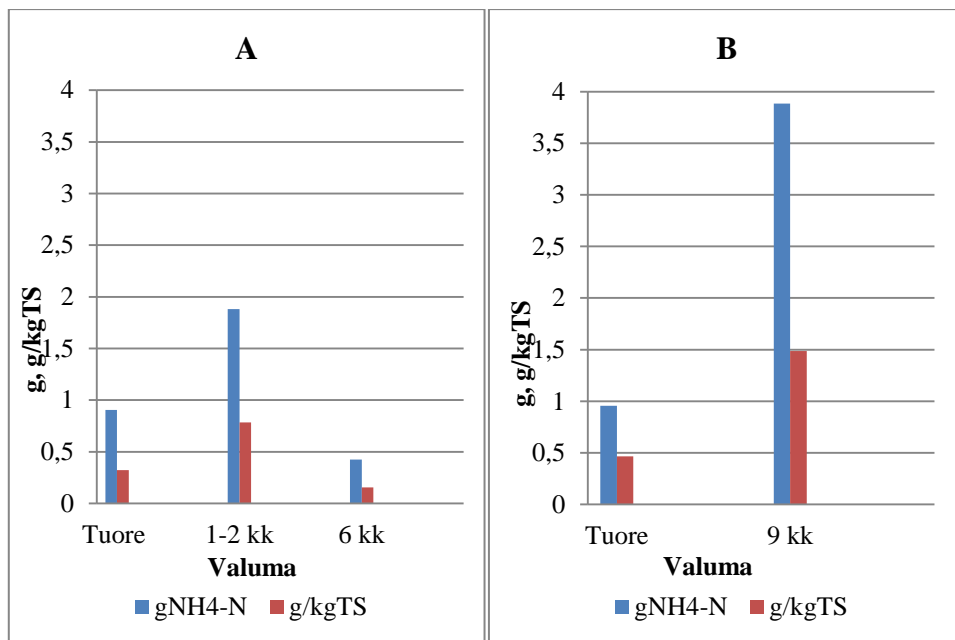
Pienin typpipitoisuus biokaasulaitos A:n mädätysjäännöksissä oli noin 6 kuukautta varastoidussa mädätysjäännöksessä. Näin ollen siitä on jo mahdollisesti haihtunut tai sateiden mukana huuhtoutunut typpeä pois ennen sadevesiuuttokoetta varastoinnin aikana.

Biokaasulaitos B:n mädätysjäännösten typpipitoisuudet olivat lähes kaksinkertaiset verrattuna biokaasulaitos A:n typpipitoisuuksiin. Mädätysjäännösten eri typpipitoisuudet voivat johtua mädätysjäännöksen valmistamiseen käytetyistä erilaisesta raaka-aineista, jotka vaihtelevat sen mukaan mitä raaka-aineita laitoksille saapuu päivittäin.

Tuoreiden mädätysjäännösten liukoisen typen pitoisuudet nousivat hieman kokeen aikana. Tulokset voivat selittyä sillä että tuoreissa mädätysjäännöksissä saattoi olla jäljellä biokaasureaktorin bakteerikantaa, joka olisi aiheuttanut typen liukoistumista. Yleisesti ottaen mädätysjäännösten (A ja B) typpituloksissa ei kokeen aikana tapahtunut huomattavia muutoksia. Näin ollen mädätysjäännösten typpitulokset tukevat valumien typpipitoisuuksien kautta laskettuja typpireduktioita (kuvio 21).

9.2.3 Ammoniumtyppi

Kuviossa 23 on esitetty valumien myötä poistunut ammoniumtyppimäärä mädätysjäännöksistä sekä poistumat laskettuna mädätysjäännöksen kuiva-ainetta kohti.



Kuvio 23. Mädätysjäännöksistä valumien myötä poistunut ammoniumtyppi ja sen osuus laskettuna mädätysjäännöksen kuiva-ainetta kohti

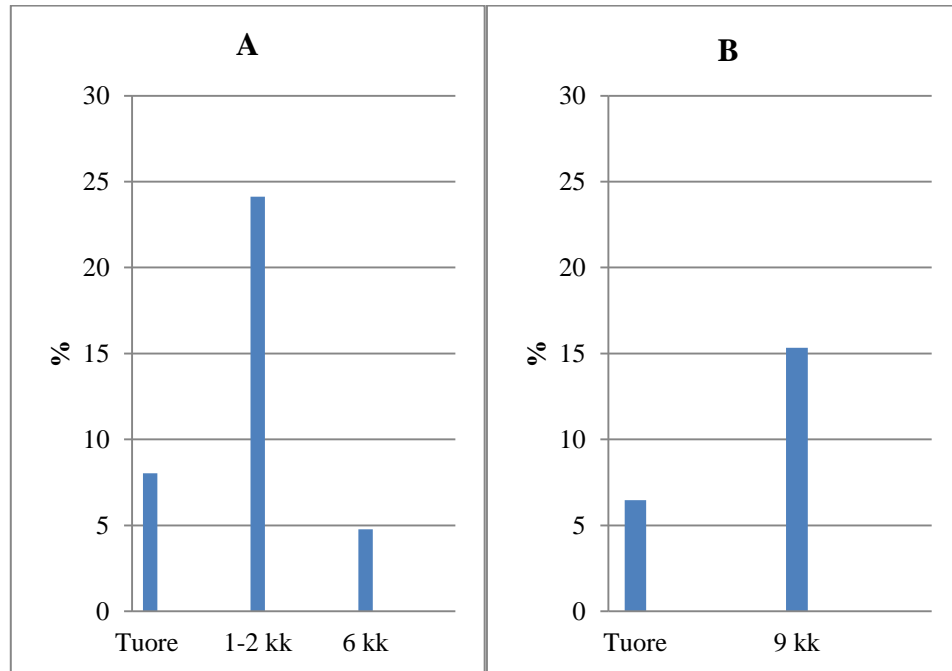
Valumien myötä biokaasulaitos A:n mädätysjäännöksistä oli poistunut noin 0,5-2 grammaa ammoniumtyppeä. Eniten valuman mukana ammoniumtyppeä oli poistunut 1-2 kk varastoidusta mädätysjäännöksestä, hieman alle 2 g. 6 kk varastoidusta mädätysjäännöksestä muodostuneen valuman mukana oli poistunut vähiten ammoniumtyppeä, joka voi osaltaan selittyä pienestä valuman määrästä. 6 kk varastoidusta mädätysjäännöksestä on myös voinut haihtua tai huuhtoutua ammoniumtyppeä jo varastoinnin aikana. Biokaasulaitos A:n valumien ammoniumtyppipitoisuudet vaihtelivat 0,4-0,9 g/l välillä. Valumien (A) ammoniumtyppipitoisuudet on esitetty liitteessä 3.

Biokaasulaitos B:n valumien mukana oli mädätysjäännöksistä poistunut 1-4 g ammoniumtyppeä. 9 kk varastoidun mädätysjäännöksen valuman myötä oli poistunut noin nelinkertainen määrä ammoniumtyppeä verrattuna tuoreen mädätysjäännöksen valumaan. Ero voi selittyä mädätysjäännösten erilaisista ammoniumtyppipitoisuuksista lähtötilanteesta sekä syntyneen valuman määrästä, joka oli noin kaksi kertaa suurempi 9 kk varastoidusta mädätysjäännöksestä. Tällöin vettä ei sitoutunut mädätysjäännökseen yhtä hyvin ja huuhtoutuminen oli suurempaa. Koska 9 kk varastoidussa mädätysjäännöksessä oli kokeen alussa enemmän ammoniumtyppeä, oli odotettavaa että sen valumassa olisi myös enemmän ammoniumtyppeä. Liitteessä 4 on esitetty valumien (B) ammoniumtyppipitoisuudet.

Biokaasulaitos A:n ja biokaasulaitos B:n tuoreista mädätysjäännöksistä poistui molemmista noin 1 g ammoniumtyppeä valumien myötä. Poistuma

oli myös lähes sama kun tulokset laskettiin mädätysjäännöksen kuiva-ainetta kohti.

Mädätysjäännöksen ammoniumtyppireduktiot valumien myötä on esitetty kuviossa 24. Ammoniumtyppireduktio valumien myötä mädätysjäännöksissä vaihteli noin 5-25 % välillä. Reduktiota laskettaessa, ei huomioitu mahdollista ammoniumtypen haihtumista.



Kuvio 24. Ammoniumtyppireduktiot mädätysjäännöksille muodostuneiden valumien myötä

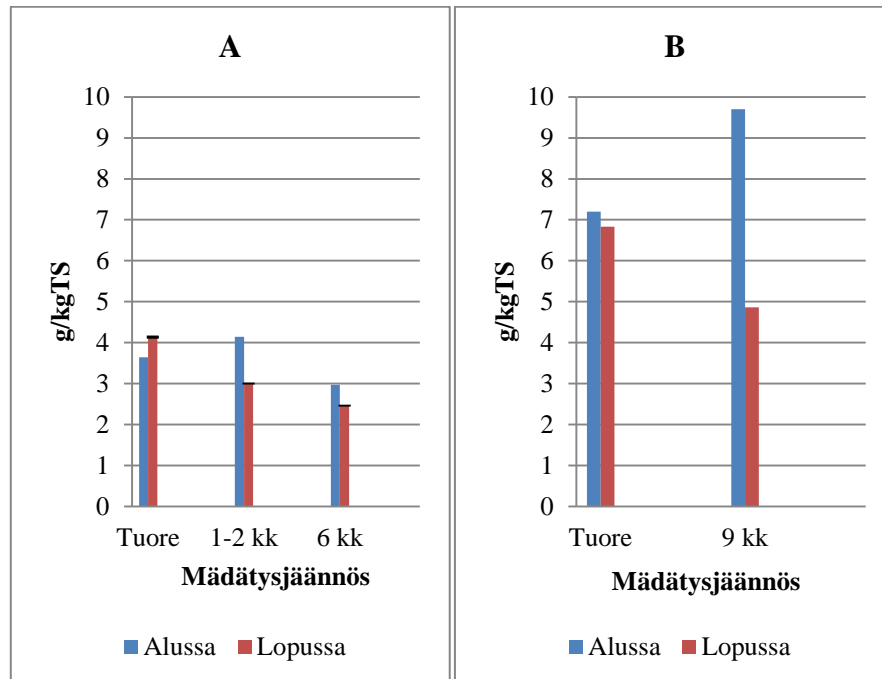
Suurin ammoniumtyppireduktio oli biokaasulaitos A:n 1-2 kk varastoidussa mädätysjäännöksessä, jonka reduktio oli noin 25 %. Tuoreen mädätysjäännöksen reduktio oli hieman alle 10 % ja 6 kk varastoidun mädätysjäännöksen reduktio oli noin 5 %.

Biokaasulaitos B:n valumien myötä tuoreen mädätysjäännöksen ammoniumtyppireduktio oli noin 7 % ja 9 kk varastoidun mädätysjäännöksen noin 15 %. 9 kk varastoidun mädätysjäännöksen suurempi ammoniumtyppireduktio voi selittyä lähtötilanteen suuremmasta ammoniumtyppipitoisuudesta ja suuremmasta valuman määrästä.

Tuoreista mädätysjäännöksistä reduktio oli molemmissa hieman alle 10 %. Näin ollen voidaan olettaa että kyseisissä olosuhteissa kahden viikon aikana samaisella vesimäärällä mädätysjäännöksen ammoniumtyyppisestä valumien myötä poistuu hieman alle 10 %. Ammoniumtyppireduktiot olivat melko suuria, esimerkiksi biokaasulaitos A:n 1-2 kk varastoidussa mädätysjäännöksessä, noin 25 %, kun ajatellaan että varastointiajan pituus voi olla jopa 6 kk. Näin ollen mädätysjäännöksen lannoitearvoa ajatellen ammoniumtypen reduktiot voivat 6 kk aikana olla merkittäviä. Ammoniumtypen osuus liukoisesta tyyppistä valumissa oli 40–95 %. Tuoreiden mädätysjäännösten valumissa ammoniumtypen osuus liukoisesta tyyppistä oli alhaisempi vaihdellen 40–70 % välillä. Varastoitujen mädätysjäännösten valumissa

ammoniumtyypen osuus liukoisesta tyypestä vaihteli 83–95 % välillä. Näin ollen varastointi-ään kasvaessa ammoniumtyypen osuus liukoisesta tyypestä valumissa kasvoi.

Kuviossa 25 on esitetty mädätysjäännösten ammoniumtyyppipitoisuudet sadevesiuuttokokeiden alussa ja lopussa kuiva-ainetta kohti laskettuna.



Kuvio 25. Mädätysjäännöksen ammoniumtyyppipitoisuus kuiva-ainetta kohti kokeen alussa ja lopussa

Kokeen alussa biokaasulaitos A:n korkein ammoniumtyyppipitoisuus oli 1-2 kk varastoidulla mädätysjäännöksellä, 4 g/kgTS. Alhaisin ammoniumtyyppipitoisuus oli 6 kk varastoidulla mädätysjäännöksellä 3 g/kgTS. Pitoisuudet olivat noin 80 % liukoisesta tyypestä. Varastoiduissa mädätysjäännöksissä ammoniumtyyppipitoisuus laski kokeen aikana hieman, jolloin voidaan olettaa että mädätysjäännöksestä ammoniumtyyppiä oli siirtynyt valumaan. Suuria muutoksia ammoniumtyypin pitoisuuksissa ei kuitenkaan ollut havaittavissa. Ammoniumtyypin osalta on kuitenkin huomioitava, että tyypin haihtuminen tapahtuu yleisesti juuri ammoniumtyypin muodossa, joten kaikki poistunut ammoniumtyyppi ei ollut välttämättä siirtynyt valumaan vaan osa oli voinut haihtua. Tuoreessa mädätysjäännöksessä ammoniumtyypin pitoisuus tulosten mukaan kasvoi, mutta on huomioitava että mädätysjäännöksestä oli hankalaa saada edustavaa näytettä sen heterogeenisyyden vuoksi. Tämä saattaisi selittyä myös sillä, että tuoreessa mädätysjäännöksessä olisi ollut vielä jäljellä biokaasureaktorin bakteerikantaa, jotka olisivat aiheuttaneet tyypin liukoistumista ammoniumtyyppimuotoon.

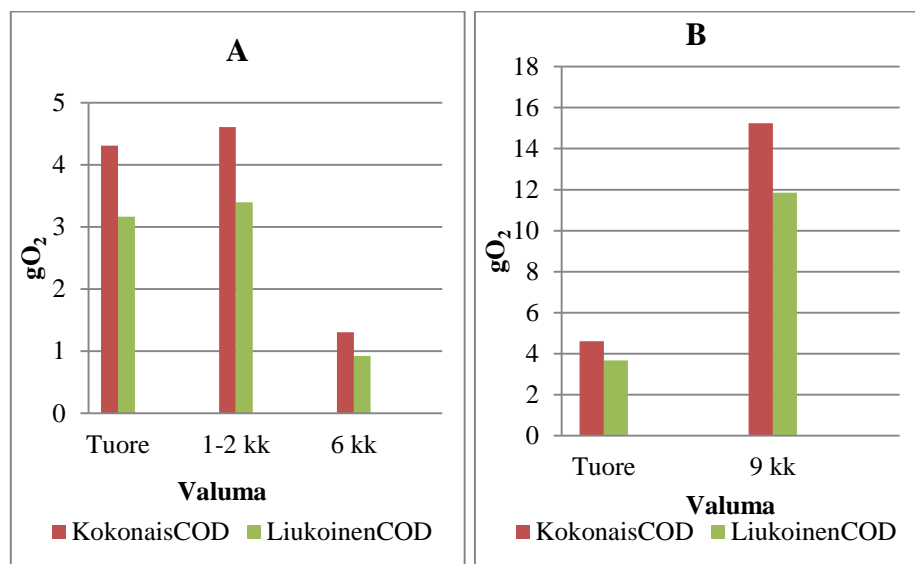
Biokaasulaitos B:n tuoreessa mädätysjäännöksessä kokeen alussa oli ammoniumtyyppiä noin 7 g/kgTS ja 9 kk varastoidussa mädätysjäännöksessä 9,5 g/kgTS. Tuoreessa mädätysjäännöksessä ammoniumtyyppipitoisuus ei juuri muuttunut sadevesiuuttokokeen aikana. Näin ollen haihtumista tai

valuman mukana poistumista ei juuri tapahtunut. Kokeen aikana 9 kk varastoidussa mädätysjäännöksessä ammoniumtyppipitoisuus lähes puolittui, joten poistumaa tapahtui joko valuman ja haihtumisen myötä tai esimerkiksi kyseessä voi olla myös analysointivirhe.

Biokaasulaitos B:n mädätysjäännökset sisälsivät noin kaksinkertaisen määrän ammoniumtyppeä. Tuoreissa mädätysjäännöksissä ei suuria ammoniumtyypen poistumia havaittu mädätysjäännösten analyyseissa. Pienet vähenemät kaikissa mädätysjäännöksissä tukevat laskettuja reduktio tuloksia, lukuun ottamatta biokaasulaitos A:n tuoretta ja biokaasulaitos B:n 9 kk varastoitua mädätysjäännöksiä.

9.2.4 COD

Kuviossa 26 on esitetty valumien COD_{tot} ja COD_{sol}.



Kuvio 26. Eri mädätysjäännösten valumavesien CODt

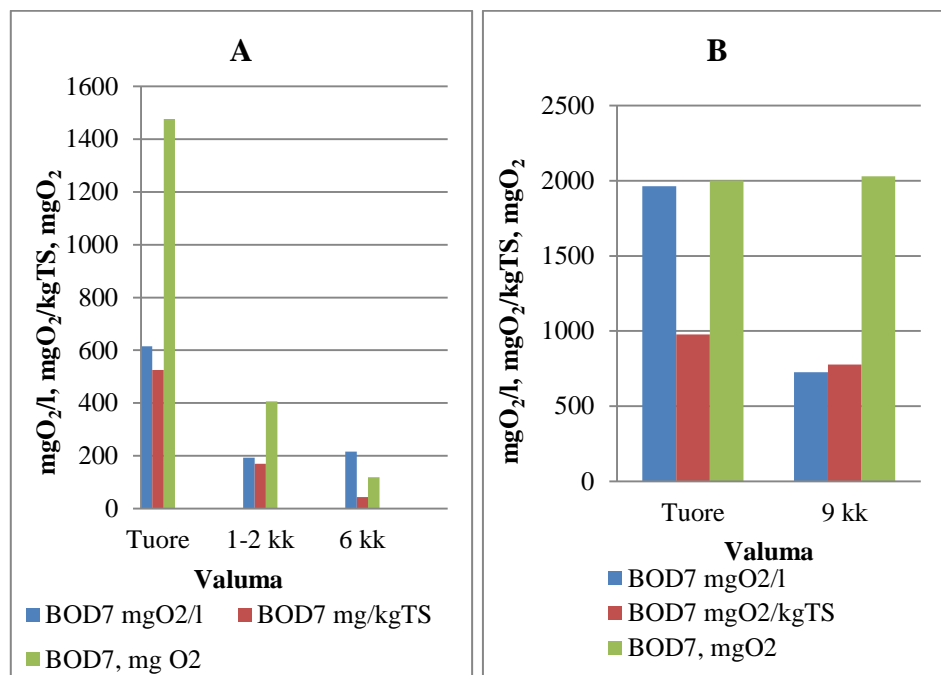
Biokaasulaitos A:n valumien pienin COD_{tot} oli 6 kk varastoidun mädätysjäännöksen valumassa, 1,3g. Tämä johtui varastoinnista, jonka aikana liukoinen orgaaninen aine on jo mahdollisesti huuhtoutunut tai hajonnut varastoinnin aikana. Tuoreen ja 1-2 kk varastoidun mädätysjäännösten valumien COD_{tot} olivat lähestulkoon samat, 4,3 g ja 4,6 g, mikä kertoo että varastoinnin aikana ei ollut vielä tapahtunut vastaavaa huuhtoutumista tai hajoamista, kuten 6 kk varastoidussa mädätysjäännöksessä. COD_{tot}:sta 70–75 % oli COD_{sol}. Liitteessä 3 on esitetty valumien (A) COD_{tot} ja COD_{sol} pitoisuudet sekä COD_{tot} laskettuna mädätysjäännöksen kuiva-ainetta kohti.

Biokaasulaitos B:n 9 kk varastoidun mädätysjäännöksen valuman COD_{tot} oli yli kolminkertainen, noin 15 g, verrattuna tuoreen mädätysjäännöksen COD_{tot}, 4,6 g. Tulos osoittaa että 9 kk varastoidun mädätysjäännöksen valumassa oli enemmän orgaanista ainesta. Valumien COD_{tot}:sta 80 % oli COD_{sol}. Liitteessä 4 on esitetty valumien (B) COD pitoisuudet sekä COD_{tot} laskettuna mädätysjäännöksen kuiva-ainetta kohti.

Molempien biokaasulaitosten tuoreiden mädätysjäännösten valumien COD_{tot} oli molempien biokaasulaitosten mädätysjäännösten valumissa sama, noin 4 g O₂.

9.2.5 BOD₇

Kuviossa 27 on esitetty valumien biologisia hapenkulutuksia eri yksiköissä.



Kuvio 27. Eri mädätysjäännöksienvaumavesien biologisia hapenkulutuksia eri yksiköissä (mgO₂/l, mgO₂/kgTS, mgO₂)

Korkein biologinen hapenkulutus biokaasulaitos A:lla oli tuoreesta mädätysjäännöksestä saadussa valumassa, noin 1,5 gO₂/l. Toiseksi pienin biologinen hapenkulutus oli 1-2 kk varastoidun mädätysjäännöksen valumassa, 0,4 gO₂/l ja pienin oli 6 kk varastoidun mädätysjäännöksen valumassa, 0,1 gO₂/l. Biologinen hapenkulutus yhteensä tuoreessa mädätysjäännöksestä oli yli kolminkertainen verrattuna 1-2 kk varastoidun mädätysjäännöksen valumaan.

Valumien (A) välinen ero biologisessa hapenkulutuksessa (mg) on selkeästi yhteydessä mädätysjäännöksen varastointiajan pituuteen. Mitä pidempään mädätysjäännöstä oli varastoitu, sitä pienempi oli mädätysjäännöksen valumaveden biologinen hapenkulutus eli valumien myötä poistuu vähemmän helposti hajoavaa orgaanista ainesta.

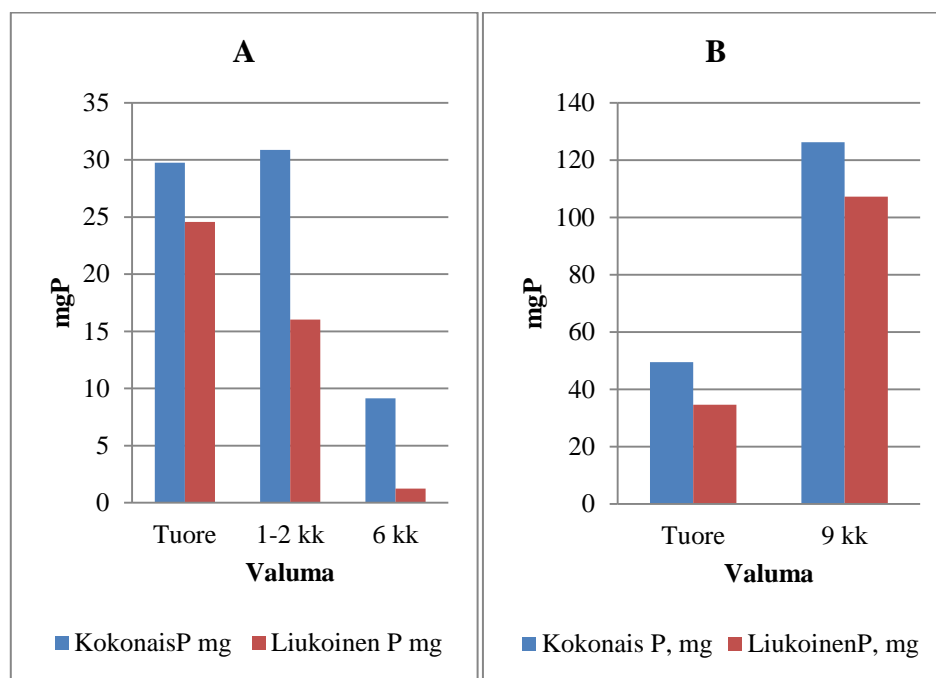
Biokaasulaitos A:n valumissa BOD₇ osuus COD:sta oli melko pieni, vaihdellen 7,5- 35 % välillä. BOD₇ osuus COD:sta oli suurin tuoreen mädätysjäännöksen valumassa. Tuoreesta mädätysjäännöksestä muodostuneessa valumassa oli siis enemmän biologisesti hajoavaa orgaanista ainetta. Tulosten perusteella voidaan todeta että varastoitujen mädätysjäännösten valumissa oli vain vähän biologisesti hajoavaa orgaanista ainesta.

Biokaasulaitos B:n tuoreen mädätysjäännöksen BOD₇ (mg/l) oli yli kolminkertainen verrattuna 9 kk varastoidusta mädätysjäännöksestä saatuun valumaan. Valumien BOD₇ (g) oli määrällisesti lähestulkoon kuitenkin sama, noin 2 g. Sama BOD₇ (g) johtui luultavasti 9 kk varastoidusta mädätysjäännöksestä tulleen valuman määrästä, joka oli lähes kolminkertainen tuoreesta mädätysjäännöksestä saatuun valumaan verrattuna ja siitä, että 9 kk varastoidussa mädätysjäännöksessä oli enemmän biologisesti hajoavaa orgaanista ainesta. BOD₇:n osuus COD:sta vaihteli 12,5–50 % välillä.

Molempien biokaasulaitosten tuoreiden mädätysjäännösten valumat sisälsivät varastoitujen mädätysjäännösten valumia enemmän biologisesti hajoavaa orgaanista ainesta. Näin ollen voidaan todeta, että varastoinnin edetessä mädätysjäännöksistä irtoaa vähemmän biologisesti hajoavaa orgaanista ainesta. Tämä näkyy selvemmin biokaasulaitos A:n mädätysjäännösten valumissa (kuvio 29).

9.2.6 Kokonaisfosfori ja liukoinen kokonaisfosfori

Mädätysjäännösten valumien kokonaisfosforin ja liukoisen fosforin määrät valumaa kohti on esitetty kuviossa 28.

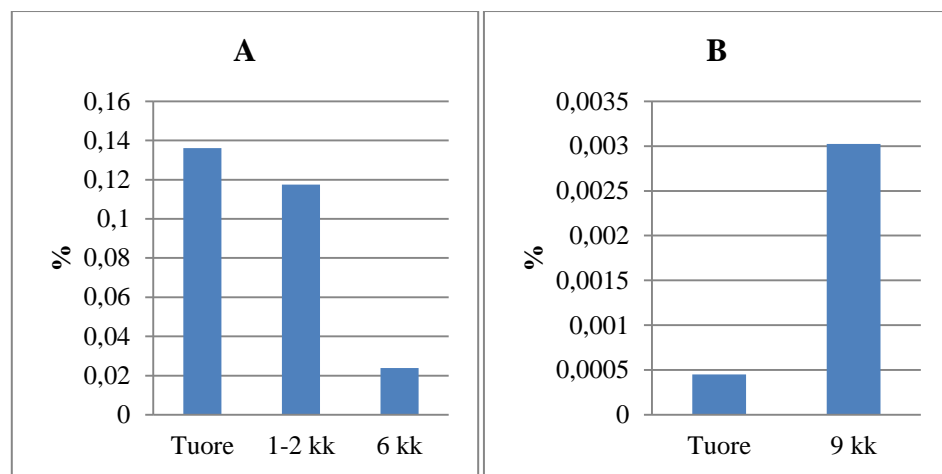


Kuvio 28. Valumien myötä mädätysjäännöksistä poistunut kokonais- ja liukoinen fosfori

Biokaasulaitos A:n kokonaisfosforin poistuma oli tuoreessa ja 1-2 kk varastoidusta mädätysjäännöksestä lähestulkoon yhtä suuri (0,03 g). 6 kk varastoidun mädätysjäännöksen valuman fosforipoistuma oli selkeästi pienempi. Tämä johtui mädätysjäännöksen pidemmästä varastointiajasta, jonka aikana osa mädätysjäännöksen fosforista oli jo luultavasti huuhtoutunut. Liitteessä 3 on esitetty myös valumien (A) fosforipoistuma kuivaainetta kohti.

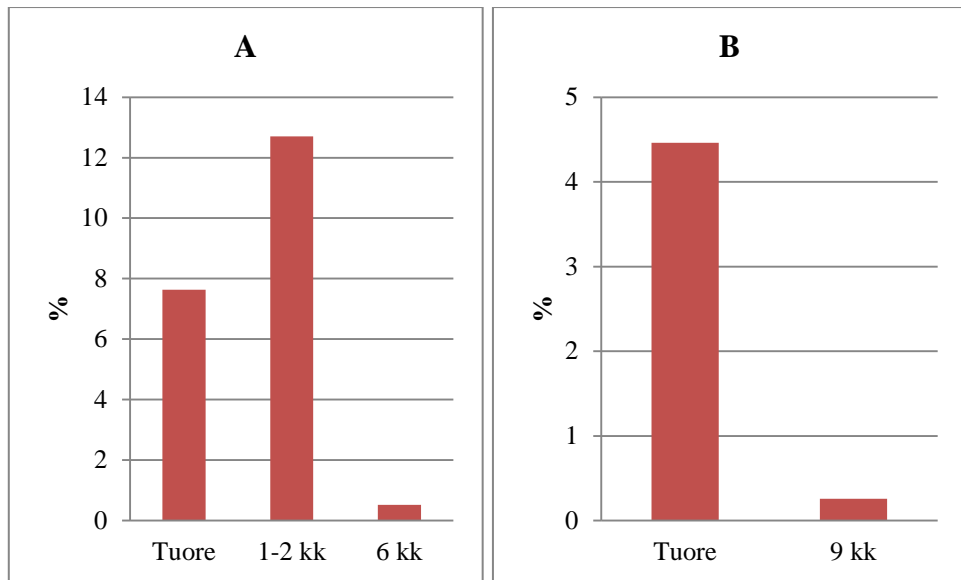
Biokaasulaitos B:n 9 kk varastoidusta mädätysjäännöksestä liukeni valumaveeteen lähes kolminkertainen määrä fosforia verrattuna tuoreesta mädätysjäännöksestä muodostuneeseen valumaan. Tuoreesta mädätysjäännöksestä poistui fosforia valuman myötä 0,05 g ja 9 kk varastoidusta mädätysjäännöksestä poistui 0,13 g. Molemmissa valumissa ollut fosfori oli lähes tulkoon kokonaan liukoista fosforia. Kokonaisfosforipitoisuutta nosti kuitenkin hieman näytteenottolaatikon reiän kautta valumaan tippunut kiintoaine. Kuitenkin kun valumien fosforipitoisuutta verrataan mädätysjäännösten fosforipitoisuuteen, valumien myötä fosforia oli poistunut hyvin vähän. Valumien (B) fosforipoistumat laskettuna mädätysjäännöksen kuivaainetta kohti on esitetty liitteessä 4.

Yleisesti ottaen yhdestäkään mädätysjäännöksestä ei fosforia juuri lainkaan poistunut. Valumien kautta mädätysjäännöksille lasketut fosforireduktiot on esitetty kuvaajassa 29.



Kuvio 29. Mädätysjäännöksen fosforireduktio sadevesiuuttokokeen aikana valuman myötä

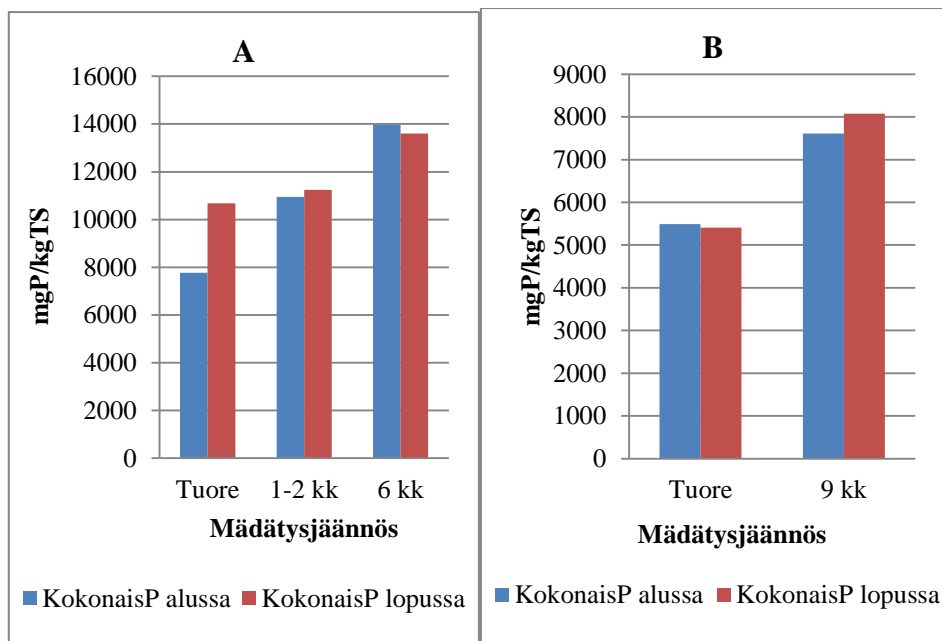
Kuten kuviosta voidaan huomata, eivät biokaasulaitos A:n ja B:n mädätysjäännösten kokonaisfosforireduktiot olleet suuria vaan ne vaihtelivat noin 0,0005-0,14 % välillä. Näin ollen voidaan todeta, etteivät sadevesiuuttokokeet aiheuttaneet mädätysjäännöksille fosforihäviöitä. Kuviossa 30 on esitetty mädätysjäännösten liukoisen fosforin reduktiot valumien pitoisuuksien kautta laskettuna.



Kuvio 30. Mädätysjäännösten liukoisenfosforin reduktiot valumien kautta laskettuna

Mädätysjäännösten liukoisten fosforeiden reduktiot vaihtelivat 0,3-14 % välillä. Suurin reduktio oli biokaasulaitos A:n 1-2 kk varastoidulla mädätysjäännöksellä ja pienimmät olivat pisimpään varastoiduissa mädätysjäännöksissä. Tuoreiden mädätysjäännösten reduktiot olivat 5-8 % välillä.

Mädätysjäännöksen fosforipitoisuuksissa ei tapahtunut kokonaisfosforin osalta juuri muutoksia (kuvio 31). Biokaasulaitos A:n tuoreessa ja 1-2 kk varastoidussa mädätysjäännöksissä fosforipitoisuus oli jopa suurempi lopussa kuin alussa.

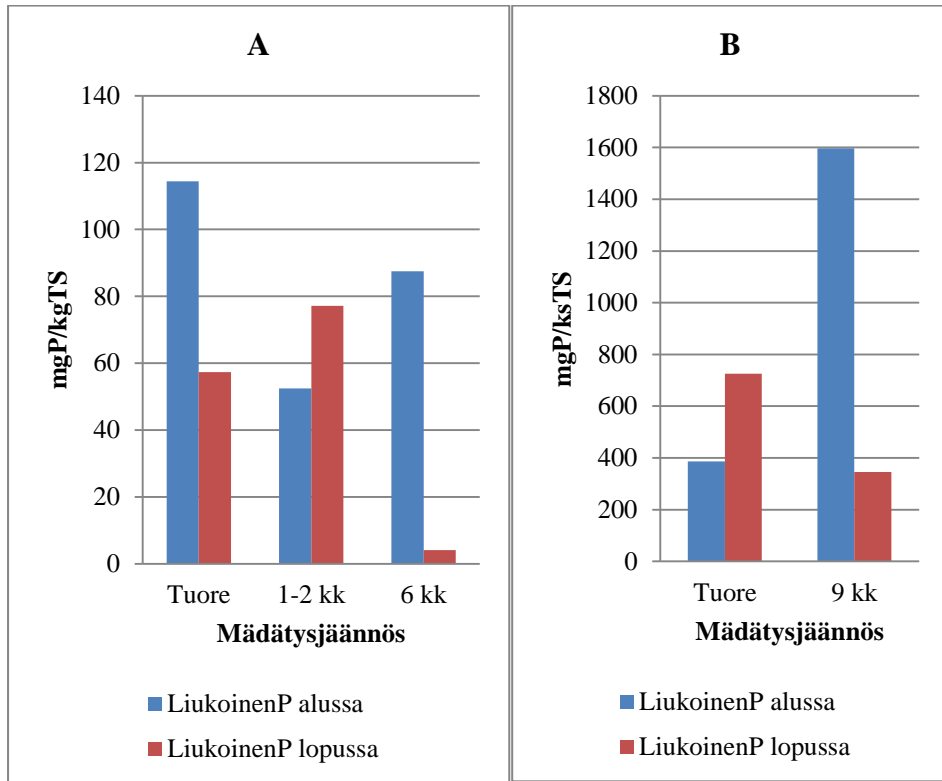


Kuvio 31. Mädätysjäännösten kokonaisfosforipitoisuus sadevesiuttokokeen alussa ja lopussa kuiva-ainetta kohti

Biokaasulaitos B:n kokonaisfosforipitoisuudet eivät myöskään muuttuneet (kuvio 33) kokeen aikana merkittävästi. Näin ollen mädätysjäännösten

fosforianalyysitulokset tukevat valumien kautta laskettujen fosforiredukti-
oita.

Biokaasulaitos A:n mädätysjäännöksen liukoinen fosforipitoisuus kuiva-
ainetta kohti laski selkeästi kokeen aikana tuoreessa ja 6 kk varastoidussa
mädätysjäännöksessä (Kuvio 32). 1-2 kk varastoidun mädätysjäännöksen
liukoisen fosforin pitoisuus kuiva-ainetta kohti oli kokeen aikana nousut.



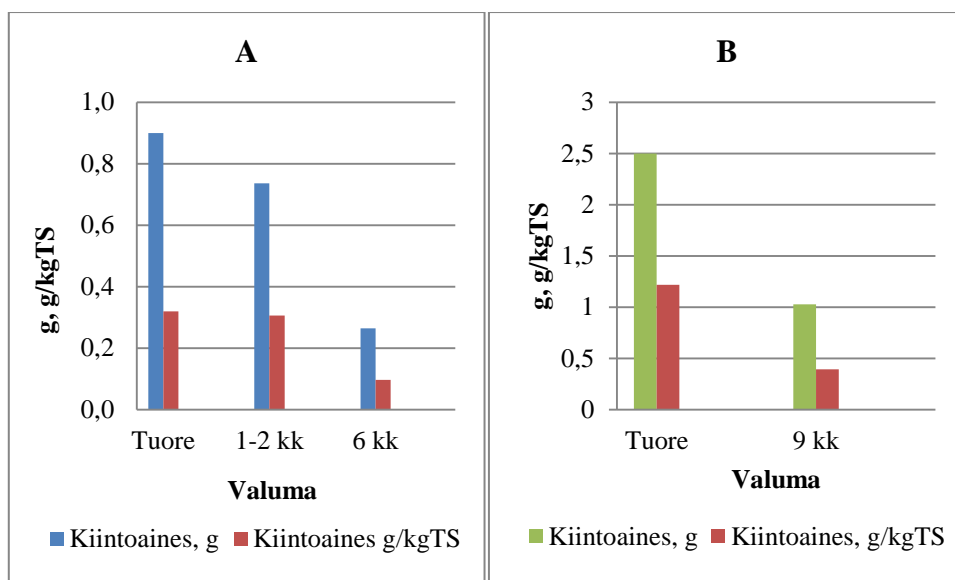
Kuvio 32. Mädätysjäännösten liukoisen fosforin pitoisuudet sadevesiuuttokokeen alussa ja lopussa

Kokeen aikana biokaasulaitos B:n liukoinen fosforipitoisuus tuoreessa
mädätysjäännöksessä hieman nousi, joka voi johtua tehdystä kastelusta tai
siitä, että mädätysjäännöksen joukossa olisi ollut vielä biokaasureaktorin
mikrobikantaa. Tällöin olisi saattanut tapahtua fosforin liukoistumista ko-
keen aikana. 9 kk varastoidussa mädätysjäännöksessä liukoisen fosforin
pitoisuus laski kokeen aikana, jonka perusteella voidaan päätellä fosforin
siirtyneen muodostuneeseen valumaan. Kuitenkaan valumien kautta laske-
tut fosforireduktiot eivät tue sitä, joten kyseessä on luultavasti analyysivir-
he.

Tulosten kasvu ja suuri lasku kokeen aikana saattaa selittyä näytteenotossa
(luku 8.2) ja menetelmäkuvauksessa (luku 8.4.6) esitetyistä haasteista.

9.2.7 Kiintoaines

Valuman mukana mädätysjäännöksistä poistunut kiintoaines on esitetty
kuviossa 33. Kuviossa on esitetty kiintoainepoistuma eri yksiköissä.



Kuvio 33. Eri mädätysjäännösten valumien kiintoainepitoisuuksia eri yksiköissä (g ja g/kgTS)

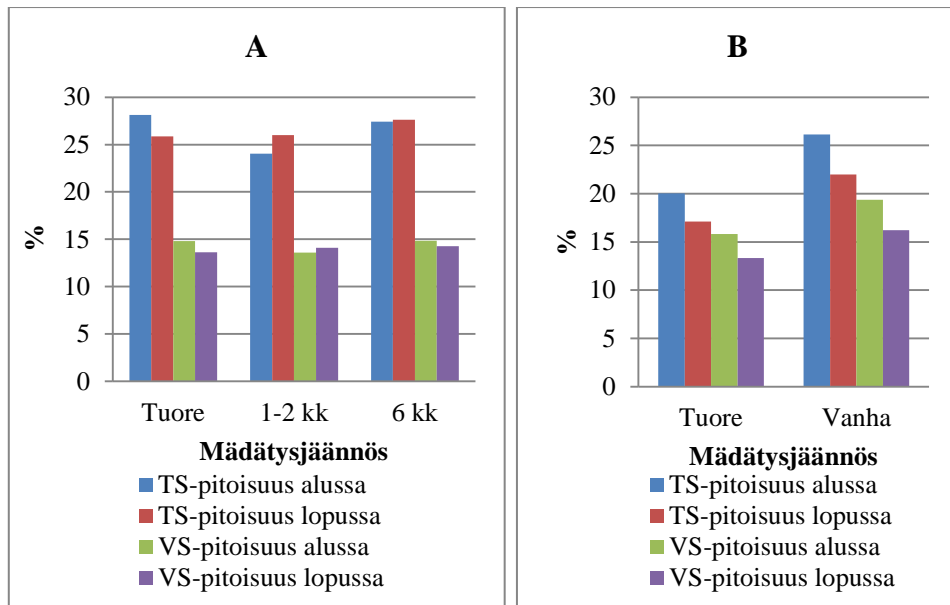
Biokaasulaitos A:n mädätysjäännöksistä eniten kiintoainesta poistui tuoreesta mädätysjäännöksestä, 0,9 g, toiseksi eniten 1-2 kk varastoidusta mädätysjäännöksestä, 0,7 g ja vähiten 6 kk varastoidusta mädätysjäännöksestä, 0,25 g. Tulokset antavat osviittaa siitä, että mitä kauemmin mädätysjäännöstä on varastoitettu, sitä vähemmän kiintoainesta mädätysjäännöksestä enää irtoaa valuman mukana. Valumien (A) kiintoainepitoisuudet on esitetty liitteessä 3.

Biokaasulaitos B:n tuoreesta mädätysjäännöksestä oli valuman myötä poistunut noin 2,5 g kiintoainesta ja 9 kk varastoidusta mädätysjäännöksestä noin 0,1 g. Liitteessä 4 on esitetty valumien (B) kiintoainepitoisuudet.

Kiintoainepoistumaan vaikuttivat eniten mädätysjäännösten rakenteet. Mikäli rakenne oli tiivistä ja kokkareista (varastoidut mädätysjäännökset) ei valumaan irronnut kiintoainetta paljoa. Mikäli rakenne oli kuohkeaa ja huokoista kuten tuoreilla mädätysjäännöksillä, irtosi valuman mukana enemmän kiintoainesta. Tulosten perusteella biokaasulaitos B:n tuoreesta mädätysjäännöksestä valuman mukana poistui yli kaksinkertainen määrä kiintoainesta verrattuna biokaasulaitos A:n tuoreesta mädätysjäännöksestä. Tämä johtui mädätysjäännösten rakenteellisista eroista. Tulosten perusteella voidaan kuitenkin todeta, ettei mädätysjäännösten mukana irronnut merkittävästi kiintoainesta.

9.2.8 Mädätysjäännösten TS- ja VS- pitoisuudet kokeen alussa ja lopussa

Kuviossa 34 on esitetty mädätysjäännösten TS- ja VS- pitoisuudet sekä VS/TS- suhde sadevesiuuttokokeen alussa ja lopussa.



Kuvio 34. Mädätysjäännöksen TS- ja VS- pitoisuudet sekä VS/TS- suhde sadevesiuuttokokeiden alussa ja lopussa

Biokaasulaitos A:n mädätysjäännösten TS- ja VS- pitoisuuksissa ei kokeen aikana tapahtunut huomattavia muutoksia. Biokaasulaitos B:n mädätysjäännösten TS- ja VS- pitoisuudet hieman laskivat. Suuria muutoksia ei biokaasulaitos A:n ja B:n mädätysjäännöksille tapahtunut. Yleisesti ottaen sadevesiuuttokokeen aikana veden haihtuminen oli voimakasta, joten kastelu ei merkittävästi näkynyt mädätysjäännösten TS-pitoisuuksissa.

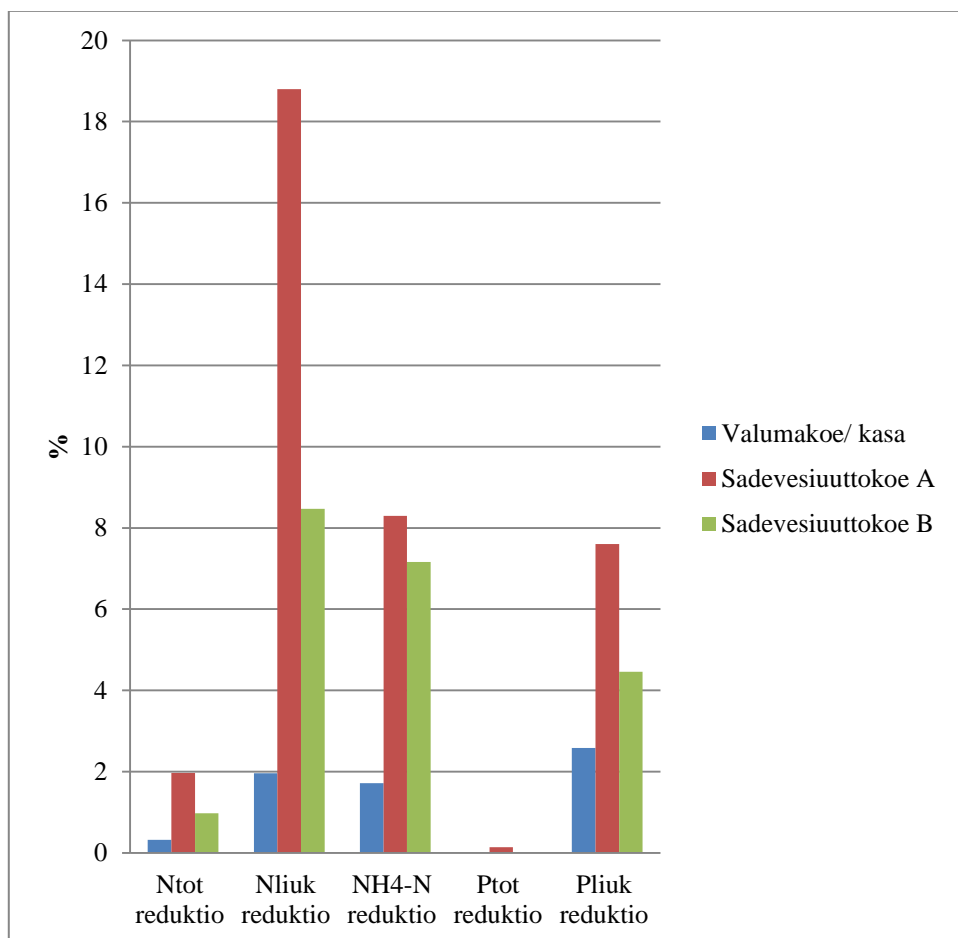
9.3 Sadevesiuuttokokeiden ja valumakokeen vertailu

Taulukossa 11 on verrattu valumakokeen ja sadevesiuuttokokeen (A) tuloksia ajankohdasta kun sade/kastelumäärä oli vastaava (n. 0,47 l/kg mädätysjäännöstä). Valumaseurannassa tämä sademäärä saavutettiin 56 vrk:n varastoinnin kohdalla. Valumakokeen ja vesiuuttokokeen (A) mädätysjäännökset olivat samalta biokaasulaitokselta, joten kokeiden lähtötilanteet olivat vastaavat. Mädätysjäännös (B) oli eri biokaasulaitokselta. Reduktio on laskettu mädätysjäännöksen alkuperäisille typpi- ja fosforimäärille. Poistunut ravinnemäärä on laskettu valumavedestä mitattujen pitoisuuksien ja valumavesimäärien avulla. Reduktio ei siis huomio mahdollista vapautumista ilmakehään.

Taulukko 11. Valumakokeen ja sadevesiuuttokokeiden (A ja B) ja tulokset sademäärän ollessa vastaava

	Valumakoe (A) / kasa	Biokaasulaitos A/ sadevesiuuttokoe	Biokaasulaitos B/ sadevesiuuttokoe
Vesimäärä l/kg	0,4405	0,472	0,472
Aika kokeen aloituksesta, vrk	56	14	14
Valuman määrä, l	147	2,4	1,02
N _{tot} reduktio %	0,324	1,97	0,98
N _{liuk} reduktio %	1,96	18,8	8,47
NH ₄ -N reduktio %	1,72	8,3	7,16
P _{tot} reduktio %	0,007	0,14	0,00045
P _{liuk} reduktio %	2,58	7,6	4,46

Sademäärän ollessa lähestulkoon sama mädätysjäännöskiloa kohti olivat sadevesiuuttokokeen (A) tulosten perusteella lasketut reduktiot 5-10 – kertaa suuremmat verrattuna valumakokeen reduktioihin. Tämä saattoi johtua esimerkiksi hyvin erilaisista olosuhteista. Valumakoe suoritettiin ulkona talvikuukausien aikana ja kasa oli jässä seurantajaksosta noin kuukauden ajan. Sadevesiuuttokoe suoritettiin puolestaan noin 25 °C:n lämpötilassa. Kuviossa 35 on esitetty lasketut reduktiot graafisesti.



Kuvio 35. Valumakokeen ja sadevesiuuttokokeiden aikaiset typpi- ja fosforireduktiot

Liukoisille ravinteille (N_{liuk} , P_{liuk} ja $\text{NH}_4\text{-N}$) aiheutui sadevesiuuttokokeiden ja valumakokeen aikana suurimmat häviöt. Kokonaistypelle ja kokonaisfosforille ei kokeiden aikana aiheutunut merkittäviä häviöitä. Sadevesiuuttokokeessa A olivat suurimmat ravinteiden reduktiot. Sadevesiuuttokoe B:n tulokset olivat melko vastaavat sadevesiuuttokoe A:n tulosten kanssa lukuun ottamatta liukoisen typen reduktiota. Valumakokeen reduktiot olivat kaikista pienimmät. Erot johtuivat luultavasti siitä, että valumakokeen aikana osa sadevedestä ei ole valunut koko kasan läpi vaan vesi oli valunut kasan pinnalta suoraan näytesäiliöön. Tämä johtui kasan jäätymisestä koejakson aikana noin kuukauden ajaksi. Sadevesiuuttokokeiden tulokset siis vastaavat luultavasti enemmän kesäaikana tehtyä varastointia ja sen aikana aiheutuneita valumia.

9.4 Virhetarkastelua

Tulosten luotettavuuteen vaikuttavat erityisesti näytteenotto sekä myös koejärjestelyt. Näytteenotto varsinkin mädätysjäännökselle oli haastavaa. Haastavinta oli saada suhteellisen pieni näyte suuresta määrästä (3 910 kg tai 10 kg) mädätysjäännöstä, siten että näyte oli kattava. Mädätysjäännöksestä näytteenotto valumakokeen aikana oli haastavinta kasan ollessa jäässä. Koejärjestelyt valumakokeessa toimivat mädätysjäännöksen näytteenoton hankaluuksia lukuun ottamatta hyvin.

Mikäli laboratorio-olosuhteissa sadevesiuuttokokeet olisivat olleet pidempiä, esimerkiksi 1-2 kk, tuloksissa olisi voinut näkyä selvemmin eroja erikäisten mädätysjäännösten välille.

Analysoinneissa suurimmat virheet olivat voineet tapahtua analysoidessa mädätysjäännöksiä. Suurimmat keskihajonnat rinnakkaismäärittelyissä olivat mädätysjäännöksen kokonaisfosforituloksissa. Tämä luultavammin johtui siitä, että käytetty menetelmä oli tarkoitettu vesinäytteille, jonka vuoksi analyysissä jouduttiin käyttämään erittäin suuria laimennuskerroimia. Virhe laimennoksia tehdessä aiheuttaa näin tuloksiin suuria heittoja.

Kokonaistyyppimäärittelyssä ongelmaksi muodostuivat osa valumanäytteistä sekä mädätysjäännöksen liukoisista näytteistä, jotka kiehuivat rikkihappopolton aikana niin voimakkaasti, että näytettä roiskui putkista yli. Tämä luultavimmin johtui liian suuresta Devardan- kemikaalin lisäyksestä, jonka tarkoituksena oli polton aikana pelkistää nitraattimuodossa oleva typpi ammoniumtyppimuotoon analysointia varten. Ylikiehumisen saatiin hallintaan vähentämällä Devardan- kemikaalin määrää mahdollisimman pieneksi. Vaikka Devardan -kemikaalin määrää vähennettiin, voidaan olettaa kaiken nitraattimuotoisen typen sisältyneen kokonaistypen tuloksiin, koska liukoisesta tyyppistä suurin osa oli ammoniummuodossa olevaan tyyppiä.

Muiden analyysien kohdalla ei havaittu suurempia ongelmia tai virheitä. Tulokset olivat johdonmukaisia eikä tulosten keskihajonta ollut suuri.

10 POHDINTAA JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Tässä toteutetun noin neljän talvikuukauden (marraskuu-maaliskuu) mittaisen valumakokeen aikana mädätysjäännöksen suurimmat ravinnehäviöt aiheutuivat ammoniumtyypelle. Valuman myötä mädätysjäännöksen ammoniumtyyppistä poistui noin 10 %. Kokonaistyyppistä seurantajakson aikana poistui noin 1,5 %. Poistuneesta kokonaistyyppistä noin 75 % oli ammoniumtyyppiä. Fosforin osalta häviöt olivat mitättömiä. Valumajakson aikainen BOD₇:n kokonaismäärä (500gO₂) koko valumavedessä (833 l) edusti pitoisuutena 600 mgO₂/l. Arvo vastaa keskimäärin normaalia jätevedettä. Keskimääräisen varastointiajan ollessa enintään 6 kk, voidaan todeta, ettei tehtyjen analyysien perusteella suuria ravinnehäviöitä tapahdu talvivarastoinnin aikana. Näin ollen mädätysjäännöksen lannoitearvo ei koejakson aikana juuri laskenut.

Koejakson aikana vallinnut sää oli melko poikkeava normaalista talvesta. Pakkaspäiviä oli noin kolmen viikon ajan, joka ei vastannut tavallista keskivertotalvea. Keskivertotalvena pakkaspäivä olisi ollut koejakson aikana noin 120. Pakkaspäiviä koejakson aikana oli noin 80 % vähemmän kuin keskivertotalvena kyseisenä ajanjaksona. Kasa oli jäässä noin 4 kk:n koejakson aikana noin kuukauden. Vesisadetta koejakson aikana oli yhteensä noin 205 mm ja lumisadetta noin 48 cm, joka vastaa 48 mm vettä. Yhteensä koejakson aikana satoi 248 mm vetenä. Keskivertotalven sademäärä on noin 180 mm, joten koejakson aikana satoi noin 25 % keskivertotalvea enemmän. Tuloksista voitiin laskea, että vettä lavanalueelle 14,4 m² satoi koejakson aikana noin 3 500 litraa vetenä. Tulosten olettaa olevan pahimmat mahdolliset talvi-aikaan tehtävän kasavarastoinnin osalta. Lavanalueelta muodostui 833 litraa valumaa, jolloin lavalle sataneesta vedestä noin neljäsosa muodosti koejakson aikaisen valuman. Mädätysjäännökseen siis imeytyi vettä ja sitä myös haihtui koejakson aikana yhteensä yli 75 % sataneesta vedestä. Veden imeytyminen ei kuitenkaan näkynyt lavalalla olleen mädätysjäännöksen kuiva-ainepitoisuuksissa, joten pääosa vedestä on todennäköisesti haihtunut. Keskimäärin neljän kuukauden aikana valuman muodostuminen oli 58 l/m² kasan ollessa noin metrin korkuinen. Mikäli biokaasulaitoksen varastokentän pinta-ala olisi esimerkiksi 5 000 m², varastokentältä olisi muodostunut valumaa näiden neljän talvikuukauden aikana 289 000 litraa eli 289 m³.

Tulosten perusteella voidaan laskea kuinka paljon neljän kuukauden varastoinnin aikana biokaasulaitoksen tuottamasta mädätysjäännöksestä poistuisi tyyppiä ja fosforia valumien mukana. Mikäli 1000 kiloa mädätysjäännöstä varastoitaisiin neljä kuukautta, poistuisi siitä 143 grammaa tyyppiä ja 0,7 grammaa fosforia valumien myötä, jos sääolot olisivat vastaavat kun koejakson aikana. Näin ollen esimerkiksi 10 000 t mädätysjäännöstä varastoitaessa neljä kuukautta, poistuisi mädätysjäännöksestä yhteensä noin 1 500 kiloa tyyppiä ja noin 7 kiloa fosforia valumien myötä.

Valumakokeen seuranta jatkuu projektityönä lokakuulle 2014 asti. Tällöin seuranta-ajaksi saadaan lähes kokonainen vuosi. Näin saadaan selville noin vuoden aikana syntyneet ravinnehäviöt mädätysjäännökselle valumien myötä.

Laboratoriossa suoritettujen sadevesiuuttokokeiden tuloksista voidaan päätellä että varastointiajan kasvaessa mädätysjäännöksistä saatavien valumienväyötyä ravinteita poistuu vähemmän sekä määrällisesti että prosentuaalisesti. Tosin, tässä suoritettussa toisessa sadevesiuuttokokeessa mädätysjäännökset olivat melko samanlaisia, vaikka toista mädätysjäännöstä oli varastoitu noin 9 kk. Näin ollen kyseisistä mädätysjäännöksistä ei voida todeta valumienväyötyä ravinnepitoisuuksien vähentyneen varastoinnin aikana. Tämä kuitenkin saattoi johtua siitä, että mädätysjäännökset ovat olleet tuoreina hyvin erilaisia.

Sadevesiuuttokokeita ja kasavalumakoetta verrattaessa suurimmaksi eroksi muodostuivat vallinneet olosuhteet. Sadevesiuuttokokeiden sisäolosuhteet vastasivat enemmän kesäkuukausia ja kasavalumakokeen olosuhteet puolestaan keskivertotalvea lämpimämpiä talvikuukausia. Vesimäärän ollessa sama mädätysjäännöskiloa kohti olivat valumakokeen ravinnereduktiot 5-10-kertaa pienempiä sadevesiuuttokokeiden tuloksiin verrattuna. Tähän todennäköisesti vaikutti mm. kasan jäätyminen koejakson aikana, jolloin valumaa muodostui vain kasan pinnalta. Näin ollen voidaan olettaa, että sadevesiuuttokokeiden tulokset vastaisivat enemmän kesäkuukausien aikaista varastointia, jolloin tämän kokeen perusteella olisi n. 5-10-kertaa suuremmat ravinnehäviöt.

Sadevesiuuttokokeiden perusteella voidaan todeta että varastointiajan kasvaessa valumienväyötyä ravinnepitoisuudet laskevat. Näin ollen suurimmat ravinnehäviöt mädätysjäännöksille muodostuvat heti varastoinnin alkuvaiheessa. Ravinnehäviöitä varastoinnin aikana voitaisiin estää esimerkiksi kattamalla tai peittämällä varastoitava materiaali. Ravinnehäviöitä voidaan myös estää pitämällä varastointiaika mahdollisimman lyhyenä.

LÄHTEET

- Aittamaa, T. 2014. Kehityspäällikkö. Envor Biotech Oy. Haastattelu 17.1.2014
- Aittamaa, T. 2014. Kehityspäällikkö. Envor Biotech Oy. Sähköpostiviesti 19.1.2014
- Al Seadi, T., Finsterwalder, T., Janssen, R., Knöttner, M., Prassl, H., Rutz, D. & Volk, S. 2008 Biogas Handbook.
- Albers, M., Helle, H., Varpula, T., Itävaara, M., Kapanen, A. & Vikman, M. 2003. Kompostointiprosessin monitorointi ja ohjaus. VTT tiedotteita 2207. <http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2003/T2207.pdf>
- Aluehallintovirasto. 2011. Jeppo Biogas Ab. Ympäristölupapäätös.
- Aluehallintovirasto. 2011. Biolinja Oy. Ympäristölupahakemus.
- Elintarviketurvallisuusvirasto Evira. 2014. Kasvit. Viljely ja tuotanto. Lannoitevalmisteet. lainsäädäntö. Tyypinimiluettelo. <http://www.evira.fi/portal/fi/kasvit/viljely+ja+tuotanto/lannoitevalmisteet/lainsaadanto/tyypinimiluettelo/> Viitattu 31.3.2014
- Elintarviketurvallisuusvirasto Evira. 2011. Kansallinen lannoitevalmisteiden tyypinimiluettelo. Viitattu 31.3.2014
- Elintarviketurvallisuusvirasto. 2009. Lannoitevalmisteita koskevat uudet asetukset. Tiedote.
- Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus (EY) N:o 1069/2009 Sivutuoteasetus. Viitattu 1.4.2014.
- Gay W., S. & Knowlton F., K. 2009. Ammonia Emissions and Animal Agriculture. Virginia Co-operative Extension. Viitattu 1.4.2014 <http://pubs.ext.vt.edu/442/442-110/442-110.html>
- Halinen, A. & Tontti, T. 2004. Laitoskompostien laadun parantaminen kypsytystä tehostamalla. MTT:n selvityksiä 70. Jokioinen. <http://www.mtt.fi/mtts/pdf/mtts70.pdf>
- Juura, J. 2014. Tuotantopäällikkö. Vambio Oy. Sähköpostiviesti 14.1.2014
- Jyväskylän Innovation Oy. n.d. Biokaasufoorumi. Tietoa biokaasusta. Biokaasun hyödyntäminen. <http://www.biokaasufoorumi.fi/> Viitattu 1.4.2014
- Kapuinen, P. 2013. Lannan tyyppi tehokkaasti käyttöön. MTT. Lannan ravinteet käyttöön – hyötyä taloudelle ja ympäristönsuojelulle 21.3.2013. Ylistaro viitattu 25.3.2014

Kapuinen, P., Kekkonen, J., Laurila, M. & Tontti, T. 2014. Orgaanisten lannoitevalmisteiden hallittu varastointi peltopattereissa. MTT. Maataloustieteen päivät 2014. Viitattu 26.3.2014

Kapuinen P. & Tontti T. 2013, 6. Varastoi orgaaniset lannoitteet huolella ja suunnittele levitys hyvin. Maaseudun Tiede. 2/2013 Maaseudun tulevaisuus. Viitattu 12.3.2014 http://issuu.com/mttelo/docs/tiede_issuu/6

Kirchmeyer, F., 2013. Revision of the EU Fertilizer Regulation with inclusion of digestate. EBA. In Proceedings of Biogas 22st conventio and trade fair. Leipzig.

Kymen Bioenergia Oy.2012. Natural100 Biovoima. Tuoteseloste 2/2014.

Laine, M., 2014. Vanhempi tutkija. St1 Biofuels. Sähköpostiviesti. 24.2.2014

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

Lehtomäki, A., Paavola, T., Luostarinen, S. & Rintala, R. 2007. Biokaasusta energiaa maatalouteen – raaka-aineet, teknologiat ja lopputuotteet. Jyväskylän yliopisto. Bio- ja ympäristötieteiden laitos.

Luostarinen, S. 2014. Maatilamittakaavan biokaasulaitos. Lantapäivät. Varkaus. 21.1.2014. MTT

Luoma, H., Peltonen, S., Helin, J. & Teräväinen, H. 2006. Maatilayrityksen bioenergian tuotanto. Otava Oy.

Maa- ja metsätalousministeriön asetus 1854/14/2009 viitattu 17.3.2014

Maa- ja metsätalousministeriön asetus lannoitevalmisteista annetun maa- ja metsätalousministeriön asetuksen 12/07 muuttumisesta 19/09. Liite IB. Viitattu 1.4.2014

Marttinen, S. 2013. Tuoteketjujen massa-, ravinne- ja energiataseet. Kestävästi kiertoon – yhdyskuntien ravinteiden hyödyntäminen lannoitevalmisteena. MTT:n seminaari. 24.1.2013. Helsinki.

PDF-osoite:

http://jukuri.mtt.fi/bitstream/handle/10024/481517/Marttinen_Tuotantoketjut.pdf?sequence=1

Marttinen, S., Paavola, T., Ervasti, S., Salo, T., Kapuinen, P., Rintala, J., Vilkmann, M., Kapanen, A., Torniainen, M., Maunuksela, L., Suominen, K., Sahlström, L. & Herranen, M. 2013. Biokaasulaitosten lopputuotteet lannoitevalmisteina. MTT:n Raportti 82.

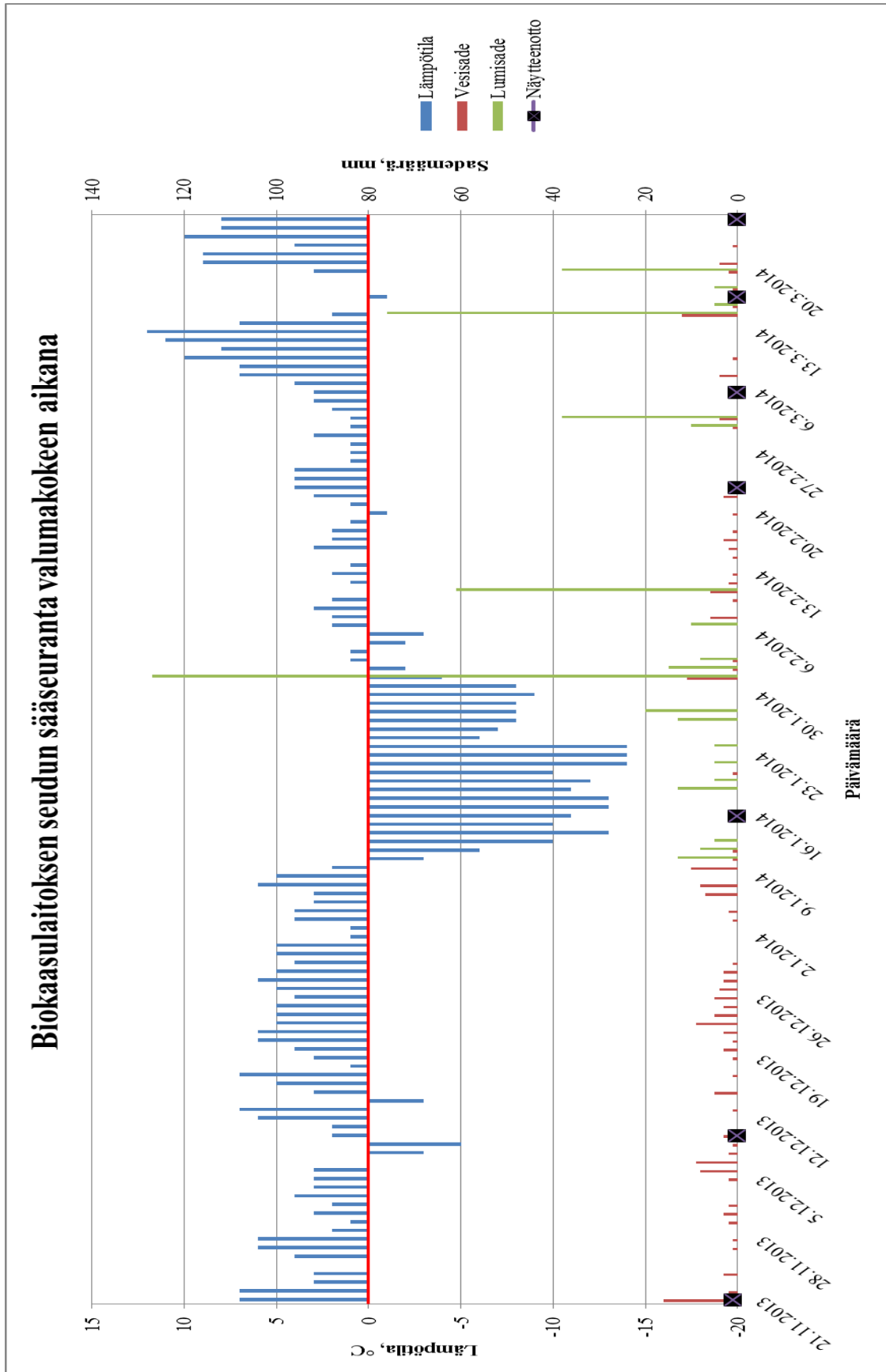
PDF-osoite:

<https://jukuri.mtt.fi/bitstream/handle/10024/438289/mttraportti82.pdf>

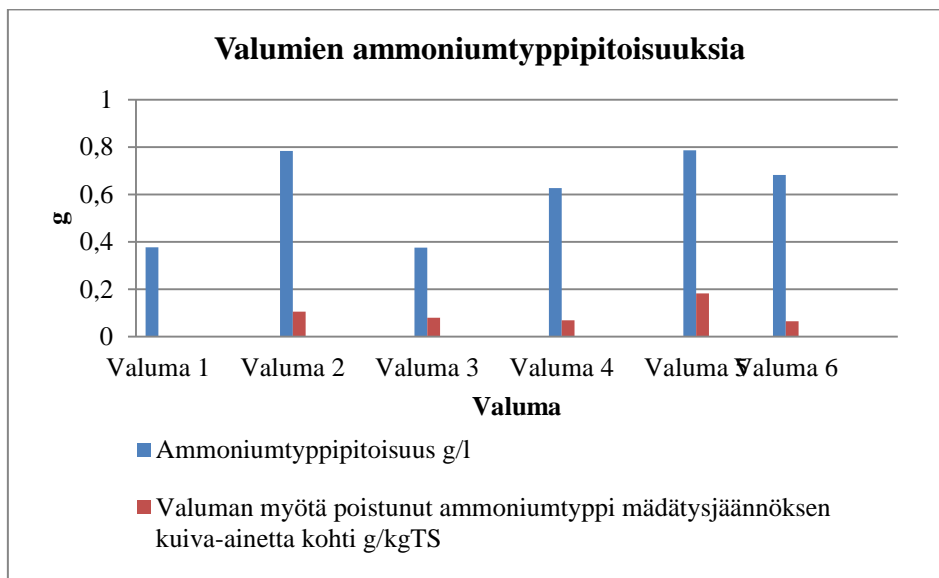
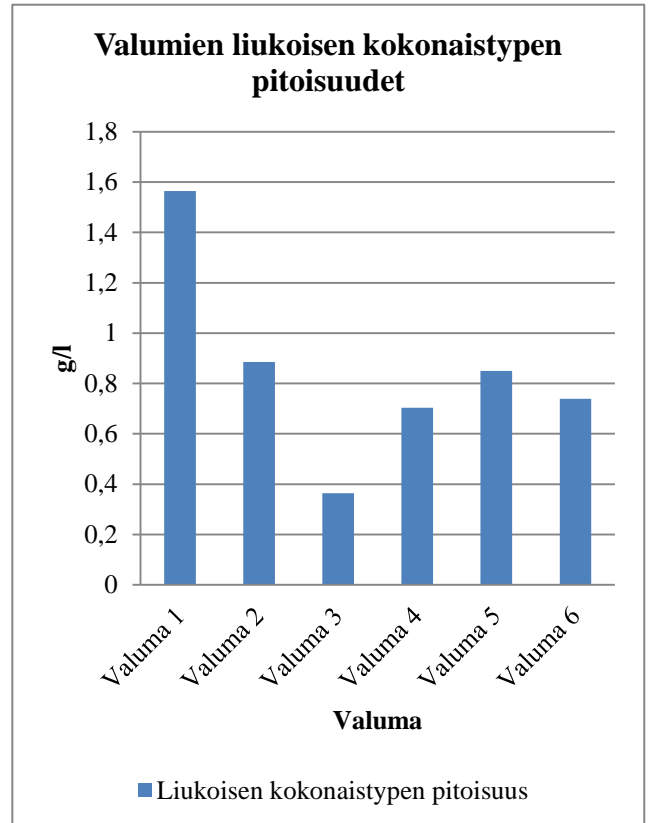
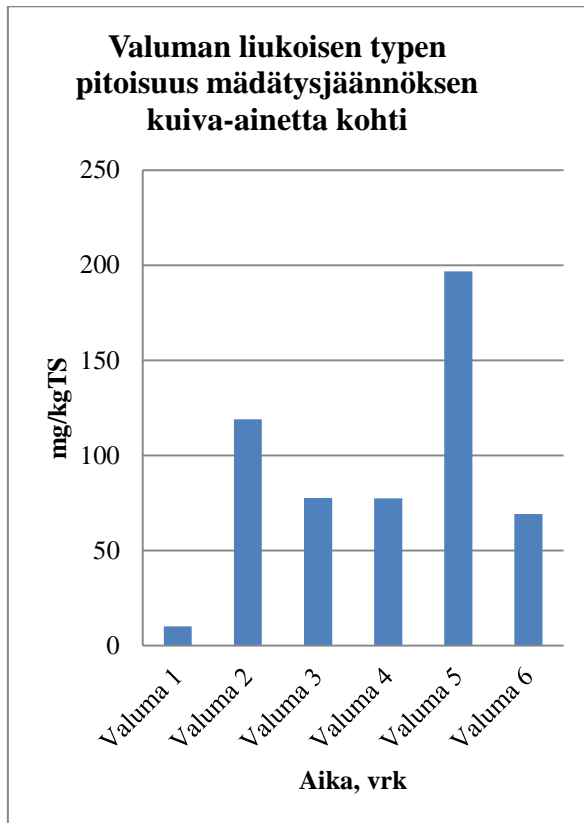
- Paatero, J., Lehtokari, M. & Kemppainen, E. 1984. Kompostointi. WSOY
- Paavola, T., Kapuinen, P., Salo, T. & Rintala, R. 2011. Kierrätysravinteita biokaasulaitoksista. Vesitalous 1/2011, 25
- Partanen, T. 2012. Biokaasulaitoksen mädätysjäännöksen käyttö ohran lannoitteena. Jyväskylän ammattikorkeakoulu. Maaseutuelinkeinojen koulutusohjelma. Opinnäytetyö.
- Partanen, E. 2010. Mädätysjäännöksen tuotteistamismahdollisuudet Kymenlaaksossa. Lappeenrannan teknillinen yliopisto. Ympäristötekniikan koulutusohjelma. Diplomityö.
- Suomalainen, M. 2007. Naudan lietelannan käsittelymenetelmien taloudellinen vertailu. Lappeenrannan teknillinen yliopisto. Teknillinen tiedekunta. Energia- ja ympäristötekniikka. Diplomityö.
- Suomen ympäristökeskus. 2014. Yleinen ympäristöluvan täyttöohje. Ympäristöhallinnon yhteinen verkkopalvelu. Viitattu 12.3.2014. http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Asiointi_ja_luvat/Luvat_ilmoitukset_ja_rekisterointi/Ymparistolupa/Miten_ymparistolupa_haetaan_ohjeet_ja_lomakkeet
- Sura, J-P. 2008. Erilliskerätyn biojätteen soveltuvuus biokaasun tuotantoon. Lahden ammattikorkeakoulu. Ympäristötekniikan koulutusohjelma. Opinnäytetyö.
- St1 Oy. 2014. Puhtaampaa, siksi halvempaa. BionolixTM. Viitattu 31.3.2014. <http://www.st1.fi/puhtaampaa-siksi-halvempaa>
- Toivanen, R. 2008. Kiteen biokaasulaitoksen mädätysjäännös ja sen ravinteiden kierrätys maanviljelyssä. Pohjois-Karjalan ammattikorkeakoulu. Ympäristötekniikan koulutusohjelma. Opinnäytetyö.
- Turun seudun jätehuolto Oy. 2004. Vuosikertomus. Viitattu 31.3.2014 www.tsj.fi/assets/pdf-tiedostot/vuosikertomukset/312_TSJ_vk_fin05.pdf
- Tyvärinen, U., Toivikko, S, Paavola, T. & Vuorinen, A. 2013. Puhdistamolietteen käsittely. Puhdistamolietteen käyttö maataloudessa.
- Valtioneuvoston asetus maataloudesta peräisin olevien nitraattien vesiin pääsyn rajoittamisesta. 931/2000 viitattu 22.1.2014
- VamBio Oy. 2012 Kuopion biokaasulaitoksen ympäristölupahakemus.
- Vuorinen, A. 2013. Mitä on puhdistamoliete? Puhdistamolietteen käyttö maataloudessa.
- Ympäristöhallinnon yhteinen verkkopalvelu. 2014. Asiointi ja luvat. Luvat, ilmoitukset ja rekisteröinti. Ympäristölupa. Miten ympäristölupaa haetaan – ohjeet ja lomakkeet. Yleinen ympäristölupahakemus täyttöohje.

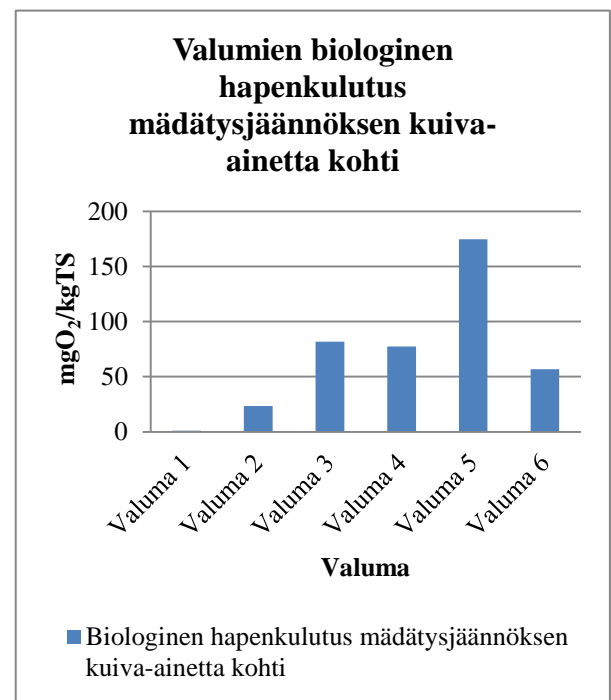
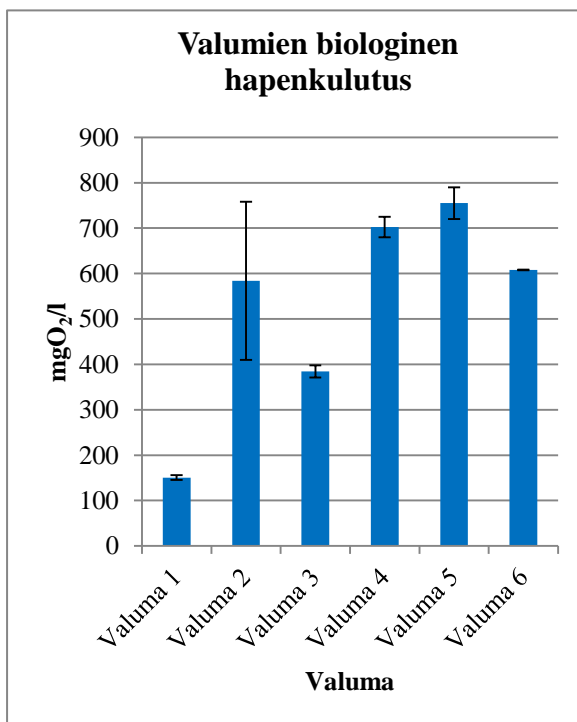
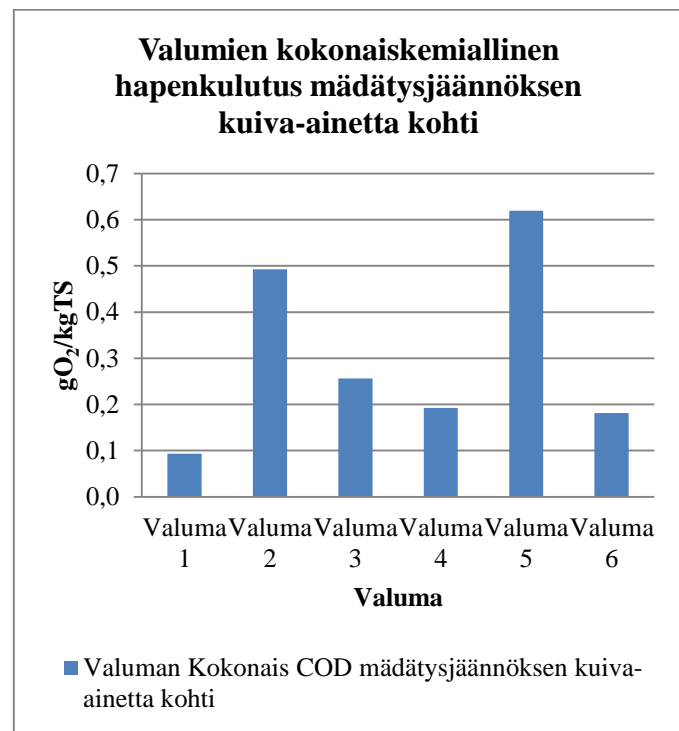
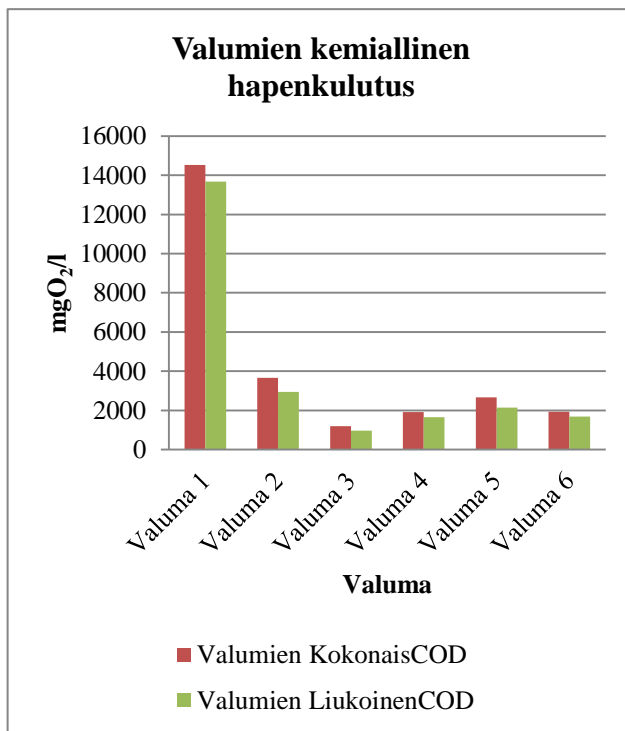
Viitattu 1.4.2014 [http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Asiointi ja luvat/Luvat ilmoitukset ja rekisterointi/Ymparistolupa/Miten ymparistolupa haetaan ohjeet ja lomakkeet](http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Asiointi_ja_luvat/Luvat_ilmoitukset_ja_rekisterointi/Ymparistolupa/Miten_ymparistolupa_haetaan_ohjeet_ja_lomakkeet)

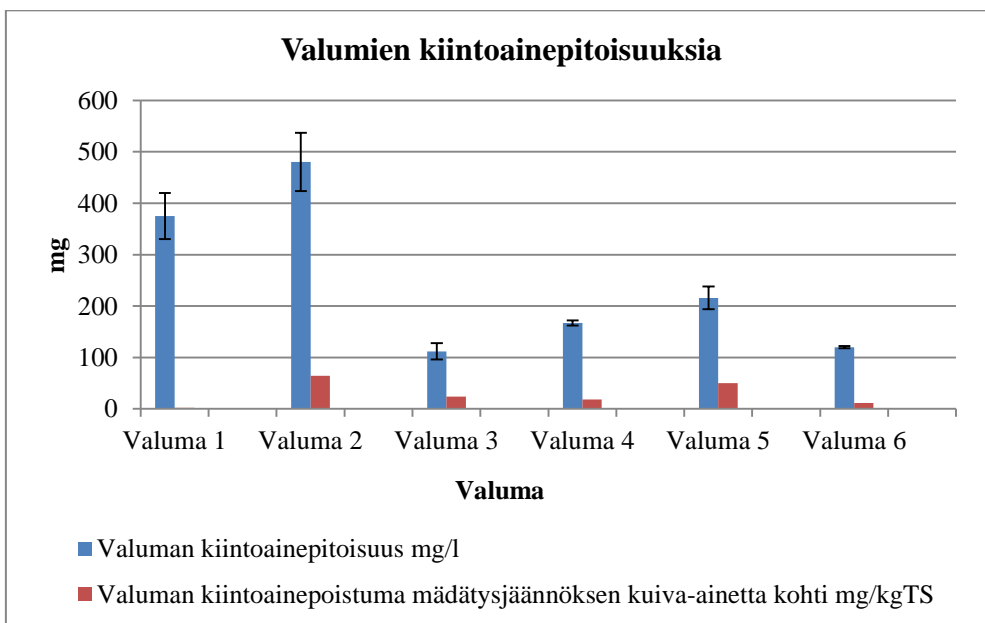
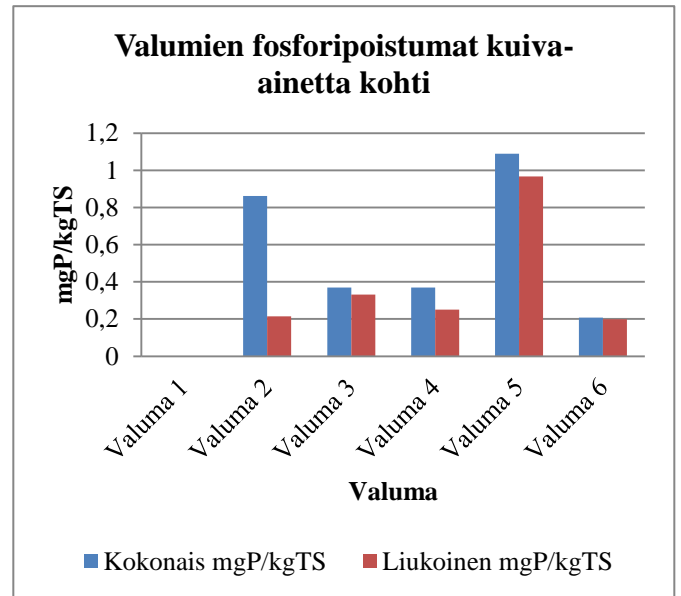
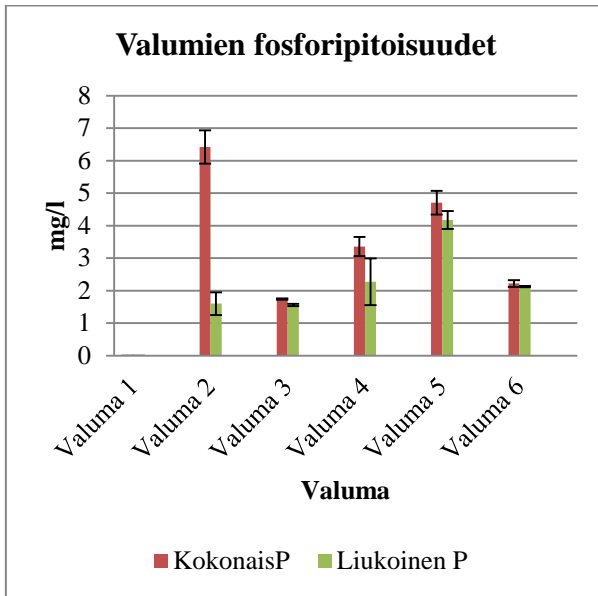
Biokaasulaitoksen seudun sääseuranta mädätysjäännöksen valumakokeen aikana



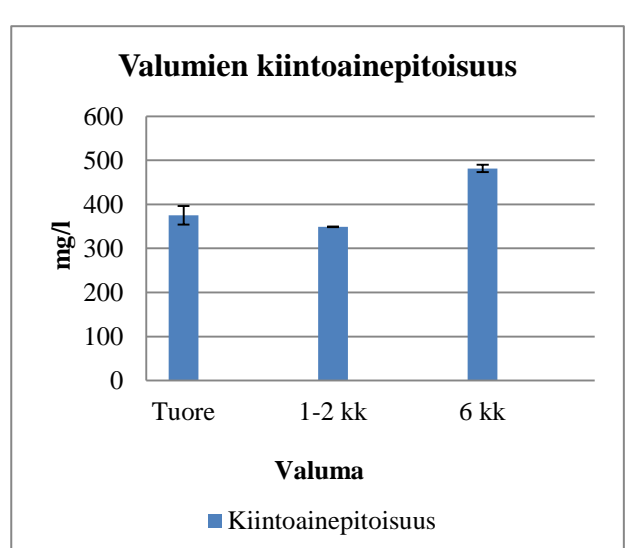
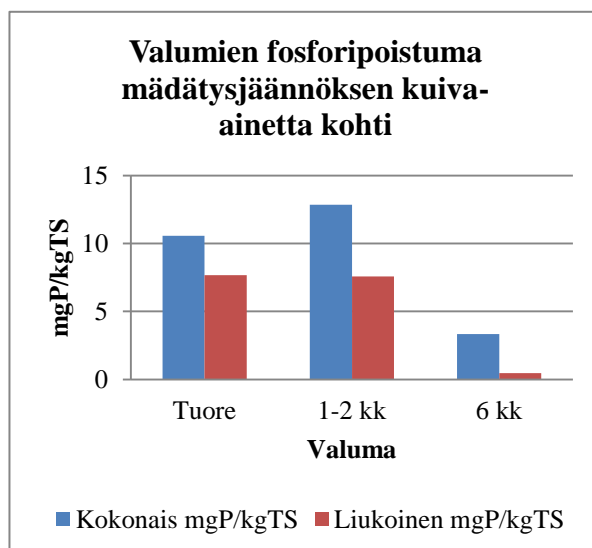
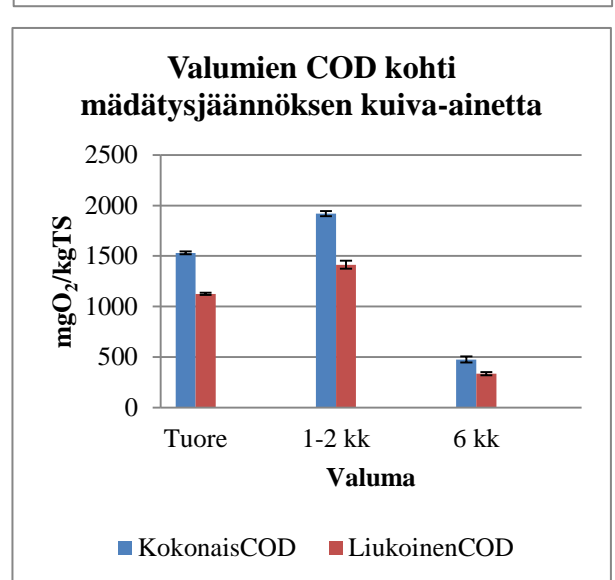
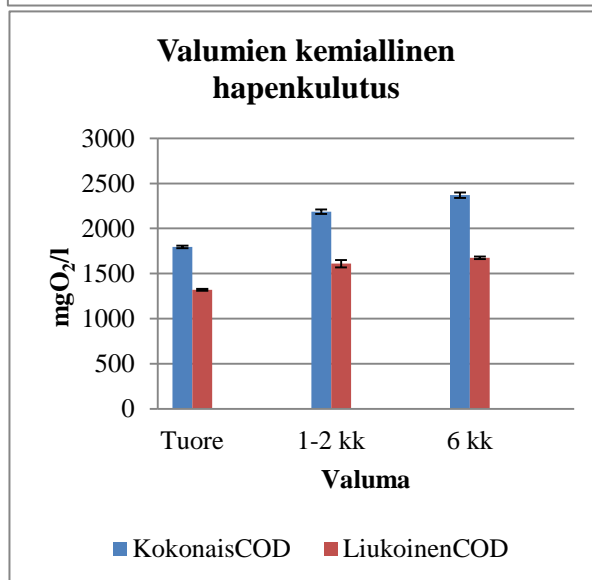
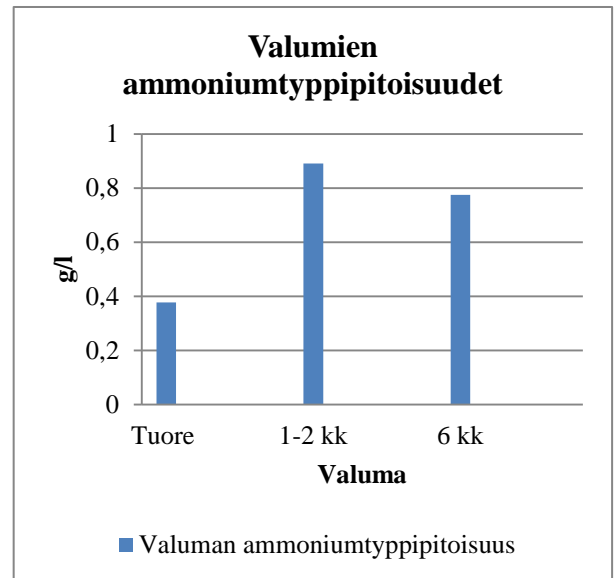
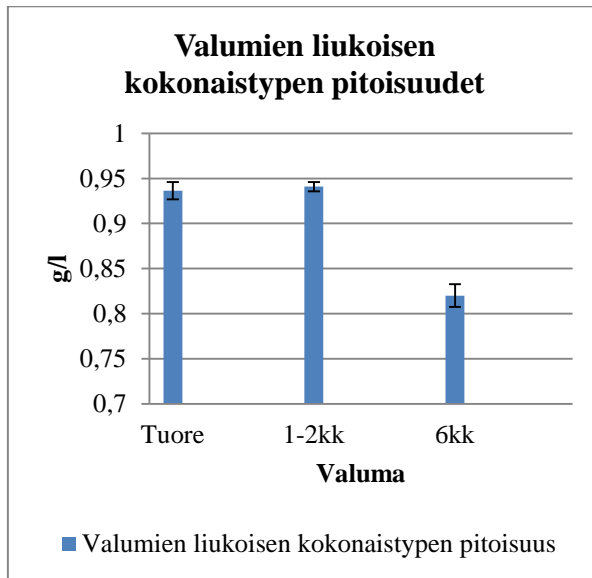
Biokaasulaitoksen valumakokeen (kasa) tuloksia







Biokaasulaitos A:n sadevesiuuttokokeen tuloksia



Biokaasulaitos B:n sadevesiuuttokokeen tuloksia

