



Riku Valkeapää

Puhdistamolietteen kompostoinnista aiheutuvat kaasupäästöt

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Ympäristötekniikka

Insinöörityö

2.6.2022

Tiivistelmä

| | |
|-----------------------|--|
| Tekijä: | Riku Valkeapää |
| Otsikko: | Puhdistamolietteen kompostoinnista aiheutuvat kaasupäästöt |
| Sivumäärä: | 44 sivua |
| Aika: | 2.6.2022 |
| Tutkinto: | Insinööri (AMK) |
| Tutkinto-ohjelma: | Energia- ja Ympäristötekniikka |
| Ammatillinen pääaine: | Ympäristötekniikka |
| Ohjaajat: | Lehtori Tomi Hämäläinen Yksikön päällikkö Janne Nipuli |

Tämän insinööriyön tarkoituksena oli tutkia Helsingin seudun ympäristöpalvelut -kuntayhtymä HSY:n jätevedenpuhdistuksessa erotetun lietteen kompostoinnista aiheutuvia kaasupäästöjä. Tätä tietoa käytetään arvioitaessa kompostoinnista aiheutuvia kaasupäästöjä.

Tutkittavia komposteja valmistettiin 8 kappaletta. Kaasupäästöjä mitattiin kuutena päivänä syksyn 2021 aikana, ja mittaukset suoritti Ramboll Finland Oy. Päästölaskelmissa on ainoastaan huomioitu kompostointiprosessista itsestään nousevia kaasupäästöjä. Lietteiden kuljetuksesta ja kompostin käsittelystä aiheutuvia päästöjä ei otettu huomioon.

Tutkimuksessa havaittiin selkeitä eroja kaasupäästöissä kompostiaumojen vertailtaessa. Tutkimuksen edetessä selvisi myös, että varsinaisia päästömääriä on mittaus tulosten perusteella vaikea arvioida, koska olosuhteet mittauspäivinä vaikuttivat päästöihin huomattavasti. Kaasupäästöjä kerättiin pieniltä alueilta kompostiaumojen päältä, joten päästöjen suhteuttaminen kokonaiseen kompostiaumaan oli suurpiirteistä.

Tutkimuksen merkittävimmät löydökset olivatkin havaituissa eroavaisuuksissa erilaisissa komposteissa. Lisätutkimusta vaatii ehdottomasti se, kuinka kaasupäästöjä vapautuu eri puolilta kompostiaumaa puhdistamolietettä kompostoitaessa.

HSY hyödyntää tässä tutkimuksessa saatua tietoa arvioidessaan kompostoinnista aiheutuvia kaasupäästöjä. Tärkeää hyödynnettävää tietoa oli myös havaittu mittaustavan aiheuttama epävarmuus tuloksiin.

Avainsanat: HSY, lietteen jatkojalostus, kompostointi, kaasupäästöt

Abstract

Author: Riku Valkeapää
Title: Gaseous Emissions from Composting Sewage Sludge
Number of Pages: 44 pages
Date: 2 June 2022

Degree: Bachelor of Engineering
Degree Programme: Energy and Environmental Engineering
Professional Major: Environmental Engineering
Supervisors: Tomi Hämäläinen, Senior Lecturer
Janne Nipuli, Head of Unit

The purpose of this thesis was to determine how much gaseous emissions Helsinki region environmental services authority's (HSY) sewage sludge composting causes. The knowledge found in this thesis can be used when estimating gaseous emissions from composting.

Eight different types of compost were made for this survey. The measurements were taken in six days during Autumn 2021 and Ramboll Finland Oy took the measurements. In these gaseous emission calculations, only emissions caused during the composting process were considered. Emissions caused by transportation of the sewage sludge and treatment of the compost were not considered.

Remarkable differences in emissions were found in different composts. During the survey it was found that estimating the total amount of emissions is very difficult because the circumstances during measurements had a considerable effect on emission volumes. In addition, the samples of the emissions were collected from only three different points from compost windrows, therefore proportion the emissions from the whole compost windrow was rough.

Significant findings in this survey were the differences in emissions between different composts. Further study is needed to clarify how the emissions are released from different parts of the compost windrow when sewage sludge is composted.

HSY will utilize the information from this thesis when estimating gaseous emissions from composting. Important exploitable information is also the perceived uncertainty in results that caused the used measurement methods.

Keywords: HSY, further processing of sludge, composting, gaseous emissions.

Sisällys

Lyhenteet

| | | |
|-------|--|----|
| 1 | Johdanto | 1 |
| 2 | HSY | 2 |
| 2.1 | Vesihuolto | 2 |
| 2.1.1 | Veden hankinta ja puhdistus | 3 |
| 2.1.2 | Verkostot | 3 |
| 2.1.3 | Jätevedenpuhdistus | 3 |
| 3 | Metsäpirtin Kompostointikenttä | 4 |
| 3.1 | Lietteen kompostointi | 5 |
| 3.2 | Mullan valmistus | 6 |
| 4 | Kompostoituminen prosessina | 6 |
| 4.1 | Erilaiset bakteerit kompostissa | 7 |
| 4.2 | Hiili-typpisuhde | 9 |
| 4.3 | pH-arvo | 9 |
| 4.4 | Ilman kierron merkitys kompostissa | 10 |
| 4.5 | Kosteus | 11 |
| 5 | Kompostoinnista aiheutuvat kaasupäästöt | 12 |
| 5.1.1 | Hiilidioksidi | 12 |
| 5.1.2 | Metaani | 12 |
| 5.1.3 | Typpioksiduuli | 13 |
| 5.1.4 | Ammoniakki | 14 |
| 5.1.5 | Rikkivety | 14 |
| 6 | Kaasupäästöjen tutkiminen Metsäpirtin kompostointikentällä | 15 |
| 6.1 | Valmistetut koekompostit | 15 |
| 6.1.1 | Turpeen lisäyskomposti (Tuplaturve) | 16 |
| 6.1.2 | Risuhake toisena tukiaineena (Risuhake) | 17 |
| 6.1.3 | Puutarhakomposti (PUK) | 17 |
| 6.1.4 | Isokokoinen kompostiauma (Leveä VKL) | 17 |
| 6.1.5 | Zeoliitin lisääminen kompostiin (Zeoliitti) | 18 |

| | | |
|-------|--|----|
| 6.1.6 | Biohiilen lisääminen kompostiin (Biohiili) | 18 |
| 6.1.7 | Eniten valmistettu maanparannuskomposti (VKL) | 18 |
| 6.1.8 | Tiheämmin käännetty kompostiauma (VKL kääntö) | 18 |
| 6.2 | Mittausten toteutus | 19 |
| 6.3 | Mittaustekniikka | 19 |
| 6.4 | Mittauspisteet | 20 |
| 6.5 | Päästökertoimien laskenta kompostoinnille | 22 |
| 7 | Mittaustulokset | 24 |
| 7.1 | Tuloksien yksöiden muuttaminen | 24 |
| 7.2 | Tulosten esittäminen | 24 |
| 7.3 | Saadut tulokset | 24 |
| 7.3.1 | Tilavuusvirta | 25 |
| 7.3.2 | Lämpötila | 26 |
| 7.3.3 | Hiilidioksidi | 28 |
| 7.3.4 | Metaani | 29 |
| 7.3.5 | Typpioksiduuli | 31 |
| 7.3.6 | Rikkivety | 32 |
| 7.3.7 | Ammoniakki | 34 |
| 8 | Päästökertoimet kompostiaumoille | 36 |
| 8.1 | Lähtökohdat ja oletukset päästökertoimen laskemiseen | 36 |
| 8.2 | Mittaustulosten muuntaminen päästökertoimiksi | 37 |
| 8.3 | Lasketut päästökertoimet mittausten aikana | 38 |
| 8.3.1 | Hiilidioksidi | 38 |
| 8.3.2 | Metaani | 39 |
| 8.3.3 | Typpioksiduuli | 40 |
| 8.3.4 | Rikkivety | 41 |
| 8.3.5 | Ammoniakki | 42 |
| 9 | Johtopäätökset | 43 |
| | Lähteet | 45 |

Liitteet

Liite 1: Hexonin toimittaman zeoliitin tuoteseloste

Liite 2: Carbons Finland Oy:n toimittaman biohiilen tuoteseloste

Liite 3: Rambollin toimittamat mittaustulokset

Liite 4: Metropolilabilta saadut kompostianalyysitulokset

Lyhenteet

VKL: Viikinmäen kuivatettu liete. Lyhenne, joka esiintyy Metsäpirtin kompostointikentän kompostiaumatunnuksissa.

HSY: Helsingin seudun ympäristöpalvelut.

ppm: Parts per million. Suhteellinen suhdeyksikkö, joka tarkoittaa miljoonasosaa.

1 Johdanto

Helsingin seudun ympäristöpalvelut (HSY) on organisaatio, joka huolehtii Suomessa pääkaupunkiseudun vesi- ja jätehuollosta. Opinnäytetyö tehtiin HSY:n omistamalle Metsäpirtin kompostointikentälle. Kompostointikenttä sijaitsee Siipossa. Metsäpirtin kompostointikentällä kompostoidaan suurin osa HSY:n jätevedenpuhdistusprosesseissa erotetusta puhdistamolietteestä.

Metsäpirtin kompostointikentällä tutkittiin kompostiaumoista nousevia kaasupäästöjä. Kaasupäästötutkimuksessa haluttiin selvittää erilaisista komposteista aiheutuvia päästöjä kompostointiprosessin aikana. Edellisen kerran kasvihuonekaasupäästömittauksia tehtiin Metsäpirtin kompostointikentällä 5.7.2011 ja mittaukset suorittivat Enwin Oy.

Kasvihuonekaasupäästöjen tutkimus tehtiin ”Metsäpirtin kompostointiprosessin kaasumaisten päästöjen minimointi” (2019) -esiselvitys- ja tutkimussuunnitelman perusteella. Tutkimus on myös osa Metsäpirtin Strategiakortti 2021 tavoitetta. Strategiakortti 2021 on kokoelma erilaisia tavoitteita ja toimenpiteitä, jotka on asetettu tavoitteeksi vuodelle 2021. Kasvihuonekaasupäästöjen osalta strategiakortissa oli tavoitteena saada syksyn aikana mittauksia tehtyä, ja mittausten tuloksia tulisi analysoida. Syksyn 2021 aikana tehtiin kuusi mittausta.

Komposteista nousevia kaasumaisia päästöjä on tutkittu jonkin verran. HSY pyrki näillä tässä työssä kuvailluissa tutkimuksissa saamaan lisää tietoa HSY:n suorittamissa kompostointiprosesseissa aiheutuvista kaasupäästöistä.

Kompostoinnista aiheutuvia kaasupäästöjä arvioidaan yleensä valmiiksi määritetyillä kertoimilla. Tässä opinnäytetyössä selvitetään myös, kuinka hyvin nämä kertoimet vastaavat todellisuutta, ja millaisia epävarmuuksia päästöjen laskentaan ja mittaamiseen liittyy.

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia tehtyjen päästömittausten tuloksia, ja tuloksia voidaan käyttää päästömäärien arvioimiseen, ja kompostin tukiaineiden vertailuun.

2 HSY

HSY (Helsingin seudun ympäristöpalvelut) tuottaa kunnallisia vesihuollon ja jätehuollon palveluja pääkaupunkiseudulla. HSY tuottaa tietoa pääkaupunkiseudusta ja ympäristöstä, sekä tutkii ilmanlaatua pääkaupunkiseudulla. HSY työllistää noin 800 työntekijää, joista noin 420 ihmistä työskentelee vesihuollossa. Tässä opinnäytetyössä toimitaan vesihuollon parissa. [1.] Kuvassa 1 havainnollistetaan HSY:n organisaatiota ja työntekijöiden jakautumista eri toimialoille.



Kuva 1. HSY:n organisaatio 2020 [2.].

2.1 Vesihuolto

Vesihuolto on HSY:n merkittävin toimiala. Vesihuollon parissa työskentelee suurin osa HSY:n työntekijöistä [1].

2.1.1 Veden hankinta ja puhdistus

HSY tuottaa talousvettä pääkaupunkiseuden asukkaille kahdella pintavedenpuhdistuslaitoksella, jotka sijaitsevat Helsingissä Pitkäkoskella ja Vanhassakaupungissa. Puhdistettava vesi on peräisin Päijänteestä. Lisäksi HSY:llä on yksi pohjavesilaitos Tuusulassa, Kuninkaanlähteen pohjavesilaitos, josta vettä menee pienelle osalle koillis-Vantaan asukkaista. [3.]

2.1.2 Verkostot

Pääkaupunkiseudulla on vesijohtoverkoston yhteensä 3 000 kilometriä, ja siitä 300 kilometriä on päävesijohtoa, joka johtaa vettä vesitorneihin ja suuriin kulutuskeskuksiin. Pääjohdoista haarautetaan jakelujohdot, joihin kiinteistöt liittyvät. [4.]

Pääkaupunkiseudulla käytetään kahta erilaista viemäröintijärjestelmää. Espoossa Vantaalla, Kauniaisissa ja Helsingin kantakaupungin ulkopuolella käytetään erillisviemäröintiä, eli vain jätevedet johdetaan jätevedenpuhdistamolle, ja hulevedet johdetaan lähimpään vesistöön. [4.]

Helsingin kantakaupunki on pääosin sekaviemäröityä aluetta. Kantakaupungin jätevedet ja hulevedet siis johdetaan molemmat jätevedenpuhdistamoon. [4.]

2.1.3 Jätevedenpuhdistus

HSY:llä on kaksi käytössä olevaa jätevedenpuhdistamo. Viikinmäen jätevedenpuhdistamo on Pohjoismaiden suurin puhdistamo. Viikinmäessä käsitellään noin 860 000 asukkaan jätevedet. Suomenojan jätevedenpuhdistamolla puhdistetaan noin 390 000 asukkaan jätevedet.

Blominmäkeen rakennettava jätevedenpuhdistamo on korvaamassa Suomenojan jätevedenpuhdistamon suunnitelman mukaan vuonna 2022. [4.]

3 Metsäpirtin Kompostointikenttä

Kompostoinnin kaasupäästötutkimus tehtiin HSY:n omistamalla Metsäpirtin Kompostointikentällä Sipoossa. Kompostointikenttä on perustettu vuonna 1994 ja se on pinta-alaltaan noin 18 hehtaaria. Metsäpirtissä käsitellään kaikki Viikimäen jätevedenpuhdistamon mädätetyt lietteet, ja tämä tekee n. 65 000 tonnia lietettä vuosittain. Myös suurin osa Suomenojan jätevedenpuhdistamon mädätetyistä lietteistä ajetaan Metsäpirttiin. Vuosittain Metsäpirtin kompostointikentällä käsitellään noin 80 000 tonnia lietettä. [5.]

Metsäpirtin kompostointikentällä tehdään jatkuvasti uusia komposteja ja samalla komposteja poistuu. Alueesta otetaan säännöllisesti ilmakuvia, joiden avulla on helpompi hahmottaa muuttuvaa tilannetta kompostointikentällä (kuva 2).



Kuva 2. Ilmakuva Metsäpirtin kompostointikentästä [5.].

3.1 Lietteen kompostointi

Mädätetty yhdyskuntaliete sekoitetaan tukiaineiden kanssa homogeeniseksi kompostiseokseksi traktorikäyttöisillä sekoitusvaunuilla (kuva 3). Metsäpirtin kompostointikentällä tukiaineena käytetään pääsääntöisesti turvetta. Hevosen kuivikelantaa sekoitetaan myös joihinkin komposteihin. Mullan valmistukseen käytettävää kompostia tulee kypsyttää vähintään 6–9 kuukautta. Pelloille ravinteeksi levitettävää tuorekompostia tulee kypsyttää vähintään 3 kuukautta. Metsäpirtissä pienemmät kompostiaumat käännetään päältä ajettavalla kompostin kääntölaitteella (kuva 1) ja isommat aumat, joita ei tällä kääntölaitteella pääse kääntämään, käännetään pyöräkuormaajilla. Kääntö tehdään 3–6 kertaa ennen kuin kompostit ovat kypsiä.



Kuva 3. Lietteen ja tukiaineiden sekoitus kompostiksi traktorikäyttöisellä sekoitusvaunulla.

3.2 Mullan valmistus

Kypsä komposti voidaan valmistaa mullaksi. Kompostiin sekoitetaan hiekkaa ja turvetta, sekä mahdollisesti biotiittia. Hiekan, turpeen ja biotiitin osuudet valmiista mullasta riippuvat valmistettavasta mullasta. Metsäpirtin kompostointikentällä tehdään kahta multalaatua, Puutarhamultaa ja Nurmikkomultaa. Hiekan osuus valmiista mullasta on noin puolet kokonaismassasta.

Kun komposti, hiekka, turve ja biotiitti on sekoitettu, se voidaan seuloa. Seula erottelee multaseoksesta puutikut, kivet ja mahdollisesti kompostin seassa olevat roskat. Seulan läpäissyt multa on valmis myytäväksi.

4 Kompostoituminen prosessina

Kompostoinnissa on kyse orgaanisten yhdisteiden hajoamisesta. Hajoaminen on pääasiassa biologinen prosessi. Valtaosa hajoamisesta tapahtuu maatumalla hapellisissa eli aerobisissa olosuhteissa. Anaerobinen orgaanisten yhdisteiden hajoaminen on vähäistä. Kompostoinnissa mikrobit hajottavat ja muokkaavat kosteissa ja hapellisissa olosuhteissa orgaanisesta jätteestä humusta hallitusti ja nopeutetusti. Täydellisessä kompostoitumisprosessissa muodostuu

vain lämpöenergiaa, hiilidioksidia ja vettä. Anaerobisia pesäkkeitä kuitenkin jää usein kompostiin, jolloin pääsee muodostumaan mm. metaania ja ammoniakkaa. Kompostointiin voivat osallistua myös alkueläimet, madot, lierot, punkit ja hyp-pyhäntäiset. Tässä opinnäytetyössä keskitytään mikrobien avulla tapahtuvaan kompostointiin, koska sen avulla saadaan tasalaatuisia lopputuotteita nopeasti. [6. s. 8–9.]

4.1 Erilaiset bakteerit kompostissa

Kompostissa orgaanista ainetta hajottavat enimmäkseen sieniin tai bakteereihin kuuluvat aerobiset mikrobilajit. Kompostissa voi olla erilaisia bakteerilajeja 2 000 kappaletta ja sienilajejakin noin 50 kappaletta. Lajien aktiivisuus ja sitä myöten näiden lajien orgaanista ainetta hajottava vaikutus vaihtelee mm. lämpötilan ja ravinteiden saatavuuden mukaan. [6. s. 9.]

Lämpötilan sietokyvyn mukaan kompostissa toimivat bakteerit voidaan luokitella psykrofiilisiin, mesofiilisiin ja termofiilisiin. Psykrofiiliset bakteerit toimivat matalimmassa lämpötilassa. Ne ovat aktiivisimmillaan noin 10 °C:ssa. Psykrofiiliset bakteerit ovat aktiivisena noin 20 °C:seen asti. Ne tuottavat vain vähän lämpöä verraten muihin bakteerityyppeihin, mutta riittävästi kuitenkin, jotta mesofiiliset bakteerit voivat aktivoitua. [7.]

Mesofiiliset bakteerit hajottaa tehokkaasti orgaanista ainetta tuottaen samalla happoja, hiilidioksidia ja lämpöä. Mesofiilisten bakteerien toiminnan kannalta optimilämpötila on noin 20–40 °C. Kompostin lämpötilan noustessa yli 40 °C:seen, mesofiiliset bakteerit alkavat kuolla tai siirtyä viileämpään osaan kompostia. [7.]

Termofiiliset bakteerit menestyvät parhaiten 40–70 °C lämpötilassa. Termofiiliset bakteerit jatkavat hajottamisprosessia nostaen kompostin lämpötilaa entisestään jopa 70 °C:seen. Korkeat lämpötilat kestävät kolmesta viiteen päivää, mikäli kompostiin ei syötetä uutta materiaalia tai sitä ei ilmasteta. Kun termofiilisten bakteerien aktiivisuus laskee ja kompostin lämpötila laskee, mesofiilisistä

bakteereista tulee dominantteja. Mesofiiliset bakteerit hajottaa jäljelle jäänyttä orgaanista ainesta muiden organismien avulla. [7.]

Jätevedenpuhdistamoilta tulevan lietteen aumakompostoinnissa termofiilinen vaihe kompostoitumisprosessissa jää vähäiseksi, koska lämpötilaseurannan mukaan kompostin lämpötila harvoin kohoaa yli 45 celsiusasteen. [8.]

Lämpötilan vajoaminen kompostissa ei tarkoita, että komposti olisi valmis. Lämpötilan laskeutuminen tarkoittaa siirtymistä kompostoinnissa seuraavaan vaiheeseen. Korkeat lämpötilat (yli 60 °C) tappavat hyvin taudinaiheuttajia ja rikkakasvien siemeniä, mutta noin korkeita lämpötiloja ei ole tarpeen saavuttaa, mikäli ei ole erityistä huolta rikkakasveista tai taudinaiheuttajista. [7.]

Kun edellä mainitut psykrofiiliset, mesofiiliset ja termofiiliset bakteerit ovat toiminnassa, myös muut mikro-organismit osallistuvat hajottamisprosessiin. Sädesienet ovat pitkälle kehittyneitä bakteereja. Sädesienet toimivat pienemmissä lämpötiloissa ja ne ovat ulkomuodoltaan harmaata rihkamaa. Ne hajottavat vastustuskykyisempiä materiaaleja kuten selluloosaa, tärkkelystä ja proteiineja. Sädesienten hajottaessa materiaaleja ne vapauttavat hiiltä, typpeä ja ammoniakkia tehden tällä tavalla ravinteita kasvien hyödynnettäväksi. Sädesienet esiintyvät isoissa rykelmissä, ja niiden toiminta on ilmeisintä kompostoinnin myöhemmissä vaiheissa. [7.]

Bakteerien ja sädesienten tavoin myös muut sienilajit osallistuvat hajottamisprosessiin kompostoinnissa. Sienet ovat alkeellisia kasveja, jotka voivat olla yksisoluisia, monisoluisia tai filamenttisia. Sienissä ei ole fotosynteesistä pigmenttiä. Sienten tärkein tehtävä on hajottaa kompostissa selluloosaa ja ligniiniä. Sienet menestyvät parhaiten viileämmässä lämpötiloissa (noin 20 °C). Sienten suurin merkitys kompostoinnissa on etenkin kompostoitumisprosessin viimeisissä vaiheissa. [7.]

4.2 Hiili-typpisuhde

Hiili ja typpi ovat kompostoinnin kannalta keskeisessä roolissa. Hiili toimii energialähteenä, ja hiiltä on puolet mikrobiologisten solujen massasta. Typpi on keskeinen aine proteiineille, nukleiinihapoille, aminohapoille ja entsyymeille. Typpi edesauttaa solujen kasvua ja toimintaa. [9.]

Hiili-typpisuhde on keskeinen mittari kompostoitumiselle. Ideaali hiili-typpisuhde on noin 30:1. Jos hiilipitoisuus on pienempi, niin typpiylijäämä tuottaa ammoniakkaasua. Tämä aiheuttaa epämiellyttävää hajua. Suurempi hiilipitoisuus johtaa siihen, että riittävästi typpeä ei ole saatavilla mikrobiologisten populaatioiden optimaaliseen kasvuun. Tämä johtaa siihen, että lämpötila kompostissa ei nouse ja hajoamisprosessi on hidas. [9.]

Kompostoitumisen edetessä hiili-typpisuhde laskee. Orgaanisia aineita kuluttaessaan mikro-organismit tuottavat hiilidioksidia, joka haihtuu ilmaan. Jäljelle jäänyt hiili sitoutuu typen kanssa mikrobiologisiin soluihin. [9.]

Optimaaliseen hiilityppisuhteeseen vaikuttaa myös se, miten tiukasti hiili ja typpi ovat sitoutuneet yhdisteessä. Vaikeasti hajoavan aineen hiili on hitaammin mikrobien käytettävissä. Tällaisia ovat esimerkiksi aromaattiset yhdisteet kuten ligniini sekä selluloosa. Mikäli hiili ja typpi ovat tiukasti yhdisteessä, hiili-typpisuhteen täytyy olla korkeampi. Typpi sen sijaan on yleensä helposti saatavilla jätelajeissa. [6. s. 12.]

4.3 pH-arvo

Optimaalinen pH-arvo useille bakteereille kompostissa on 6,0–7,5 ja sienille 5,5–8,0. Sienet siis sietävät paljon laajempaa pH-aluetta. Kompostoinnin alussa pH yleensä putoaa orgaanisten happojen polysakkaridien ja selluloosan hajoamisen välituotteina. Orgaaniset hapot, jotka ovat syntyneet välituotteina, ovat uutta ravinnetta mikrobeille. Happojen hajotessa ja ammoniakkin vapautuessa,

pH nousee kompostissa. Nousu voi jatkua pH-arvoon 8,0–9,0, minkä jälkeen pH-yleensä tasaantuu välille 7,0–8,0. [6. s. 14.]

Metsäpirtin kompostointikentällä kypsän kompostin pH on keskimäärin 6,0–7,0 [10.].

4.4 Ilman kierron merkitys kompostissa

Kompostin hapen saanti on tärkeä tekijä kompostoitumisen kannalta. Monet kompostoitumisen kannalta keskeiset aerobiset mikrobit tarvitsevat happea. Soluhengittäessään aerobiset mikrobit käyttävät happea energiaa tuottavissa katabolisissa reaktioissaan. Reaktioyhtälö voidaan täten nähdä fotosynteesille käänteisenä, koska kompostin aerobiset mikrobit tuottavat hiilidioksidia ja vettä. [6. s. 14.]

Luonnollinen kompostin hapensaanti tapahtuu, kun hiilidioksidipitoinen lämmin ilma nousee kompostin päältä ja samalla ympäristöstä imeytyy happipitoista ilmaa kompostin sisälle. Kompostin hapen saantiin vaikuttaa erilaiset olosuhteet kompostissa ja ympäröivässä tilassa. Tuuli, kompostin kosteus ja kompostin huokoisuus vaikuttavat ilman kiertämiseen kompostissa. Karkeampaa tukimateriaalia käytettäessä voidaan lisätä kompostin huokoisuutta ja täten ilman kiertoa. Karkeampi tukimateriaali, esimerkiksi puutikut, hajoavat kompostoinnissa hitaammin. Isommat tikut voi tarvittaessa seuloa pois kompostin seasta. [7.]

Kompostin hapen tarpeeseen vaikuttavat kompostin lämpötila, kosteus, mikrobipopulaation koko ja ravinteiden saatavuus. Erilaisten kompostityyppien tarvitsemää ilmastuksen määrää on vaikea määrittää. Jos happea on liian vähän kompostissa, niin mikrobien toiminta hidastuu ja anaerobisissa olosuhteissa muodostuvia haitallisia ja haihtuvia yhdisteitä pääsee muodostumaan. Mikäli kompostia ilmastetaan liian usein, niin kompostin lämpötila ei pääse nousemaan termofiilisten bakteerien vaatimalle tasolle. [6. s. 18.]

Kompostointiprosessin vaihe vaikuttaa kompostin hapen tarpeeseen. Hapen tarve kompostissa kasvaa prosessin edetessä ja kompostin lämpötilan noustessa. Mikrobien aktiivisuus lisääntyy lämpötilan noustessa. Happea myös liukenee heikommin korkeissa lämpötiloissa. [6. s 18–19.]

Kompostoinnin ilmansaantia voidaan hallita mekaanisesti kompostia sekoittamalla. Metsäpirtin kompostointikentällä käytetään kompostien kääntöön tarkoitettua konetta (kuva 4).



Kuva 4. Metsäpirtin kompostointikentällä käytettävä kompostin kääntölaite [5].

4.5 Kosteus

Kompostissa hajottamiseen osallistuvat mikrobit tarvitsevat vettä toimiakseen. Nämä mikro-organismit voivat hyödyntää ainoastaan orgaanisia molekyylejä, jotka ovat lienneet veteen. [7.] Biologisissa prosesseissa, kuten kompostoinnissa, ideaalinen vesipitoisuus on lähelle 100 %. Todellisuudessa vesipitoisuuden täytyy olla alempi. Liika vesipitoisuus estää kompostia lämpenemästä, koska veden haihduttaminen kuluttaa paljon energiaa. [6. s. 13] Liian kosteassa kompostissa myös hapenkulku on estynyt. [7.]

Optimaalinen kosteuspitoisuus kompostissa riippuu kompostoitavan jätteen ja tukiaineen rakenteesta. Kosteuspitoisuuden tulisi kuitenkin pysyä yli 50 %:n, jotta mikrobien aktiivisuus säilyisi. Kosteusprosentti voi hieman vaihdella kompostoitumisprosessin eri vaiheissa. Vettä syntyy aina kun orgaanista ainetta hajoaa, mutta samalla lämpötilan nousu haihduttaa vettä. [6. s. 14–15]. Metsäpirtin kompostointikentällä kypsän ja myyntivalmiin kompostin kosteuspitoisuus on noin 70 %. [10.]

5 Kompostoinnista aiheutuvat kaasupäästöt

Ihanneolosuhteissa kompostointiprosessissa ainoa syntyvä kasvihuonekaasu on hiilidioksidi. Aumakompostoinnissa todellisissa olosuhteissa muodostuu myös metaania, typpioksiduulia, ammoniakkia ja rikkivetyä. [11.]

5.1.1 Hiilidioksidi

Hiilidioksidi on ihmisen tuottamista kasvihuonekaasuista merkittävin ilmaston lämpenemiseen vaikuttava kaasu [12.]. Hyvin toimivassa kompostissa hiilidioksidia kuuluukin vapautua runsaasti, eikä kompostointiprosessista aiheutuvilla hiilidioksidipäästöillä katsota olevan vaikutusta ilmaston lämpenemiseen, koska hiilen kierto kompostoitavissa orgaanisissa jätteissä on usein lyhyt [11.].

Suurin osa hiilidioksidipäästöistä syntyy kompostoinnin alkuvaiheessa. Noin 70 % hiilidioksidista on todettu vapautuvan kompostoinnissa ensimmäisten 23 päivän aikana, koska kompostointiprosessin alussa hiiltä on tarjolla mikrobeille ja täten hajoaminen on nopeinta. [13.]

5.1.2 Metaani

Metaani (CH₄) on ihmisten tuottamista kasvihuonekaasuista hiilidioksidin jälkeen toiseksi merkittävin ilmaston lämmittäjä. Metaania syntyy eloperäisen aineksen hajotessa hapettomissa olosuhteissa. Ilmakehässä metaani hajoaa auringonvalosta energiansa saavissa kemiallisissa reaktioissa vedeksi ja

hiilidioksidiksi. Metaanin vaikutusaika ilmakehässä hiilidioksidiin verrattuna on varsin lyhyt, noin 12 vuotta, mutta molekyyliä kohti laskien sen vaikutus kasvihuonekaasuna on paljon hiilidioksidia voimakkaampi. [14.]

Kompostointiprosessissa metaania muodostuu hapettomissa olosuhteissa, usein kompostikasan keskellä, jossa happea on vähiten. Mädättämällä kompostoitava raaka-aine, vähennetään kompostoinnin aikaisia metaanipäästöjä. Mädätysprosessissa saadaan metaania talteen. Metaanipäästöt kompostoinnissa on vähäisiä. Kompostissa muodostunut metaani voi vielä hapettua hiilidioksidiksi kompostin aerobisissa osissa. [15. s. 29.]

5.1.3 Typpioksiduuli

Typpioksiduuli (N_2O) eli arkikielessä ilokaasu on merkittävä kasvihuonekaasu, jonka pitoisuus ihmiskunnan päästöt ovat lisänneet. Typpioksiduulia muodostuu maaperässä nitraattien hajotessa. Kolmannes kaikista typpioksiduulipäästöistä on peräisin maataloudesta. Loput kaksi kolmasosaa on peräisin luonnosta. Maaperän ja merien mikrobit toiminta tuottaa suurimman osan typpioksiduulipäästöistä. Typpioksiduulimolekyylit hajoavat ilmakehässä auringon ultravioletisäteilyn vaikutuksesta. Tämä hajoamisprosessi tapahtuu ainoastaan ilmakehän ylemmissä kerroksissa, ja tästä syystä dityppioksidin elinikä ilmakehässä on noin 110 vuotta. [16.]

Typpioksiduulin muodostuminen kompostissa on monimutkaisempi prosessi muihin tutkittaviin kaasuihin verrattuna. Typpioksiduulit voivat muodostua nitrifikaation tai denitrifikaation seurauksena. Kompostissa typpioksiduulia muodostuu enemmän hiili-typpisuhteen ollessa matala (<20:1). Denitrifikaation seurauksena typpioksiduulia muodostuu helpommin hapettomissa olosuhteissa. [17.]

5.1.4 Ammoniakki

Ammoniakin kemiallinen kaava on NH_3 . Ammoniakki on väritön kaasu, ja se on ominaishajultaan pistävä. Ammoniakki on veteen helposti liukeneva ja liuetteensa se tuottaa lämpöä. [18.]

Kompostoinnista aiheutuvat ammoniakkipäästöt aiheuttavat hajuhaittoja. Ammoniakki on myös haitallinen kaasu vapautuessaan ilmakehään. Ammoniakkia vapautuu enemmän kompostiseoksen typpipitoisuuden ollessa suuri. Ammoniakkikaasu on haitallinen kaasu kasvillisuudelle. [19.]

Ammoniakkipäästöt on todettu korkeammiksi alkuperäisen ammoniumionipitoisuuden (NH_4^+), pH:n ja lämpötilan ollessa korkeita. Nämä edistävät ammoniumin höyrystymistä ammoniakiksi. Korkea lämpötila edistää nitrifikaatiota, joka myös edistää ammoniumin höyrystymistä ammoniakiksi. [20.]

5.1.5 Rikkivety

Rikkivety on väritön kaasu, jolla on voimakas mädäntyneen kananmunan hajua. Rikkivedyn voi haistaa jo alle 0,01 ppm pitoisuuksissa. [21.]

Rikin kierto ja vapautuminen kompostista riippuu useista tekijöistä kuten, missä muodossa orgaaninen aines sisältää rikkiä, kompostin olosuhteista (pH, lämpötila, mikrobipopulaatio), sekä kompostissa vallitsevasta happitasapainosta. Orgaanisessa materiaalissa rikki on yleensä sitoutuneena orgaanisiin yhdisteisiin kuten proteiineihin, ja sen metaboloituminen sulfaatiksi on mikrobiologisen prosessin tulos. [22. s. 15.]

Kompostoitava raaka-aine vaikuttaa rikkivedyn muodostumiseen erityisesti raaka-aineen proteiinipitoisuuden suhteen. Mitä enemmän raaka-aineessa on proteiinia, sitä enemmän anaerobisissa olosuhteissa muodostuu rikkiyhdisteitä. Rikkivety muodostuu kompostissa anaerobisissa olosuhteissa proteiinien hajotessa, tai muun orgaanisen aineksen hajotessa sulfaatin läsnä ollessa. [22. s. 16.]

6 Kaasupäästöjen tutkiminen Metsäpirtin kompostointikentällä

Metsäpirtin Kompostointikentällä tutkittiin kaasupäästöjen muodostumista erilaisissa kompostiseoksissa. Tarkoituksena oli selvittää kaasupäästöjen muodostuminen Metsäpirtissä valmistettavista komposteista. Lisäksi selvitettiin uusien tuokiaineiden, tai lisätyn käynnön, mahdollisia vaikutuksia kaasupäästöihin. Kompostointikentän alueelle perustettiin tutkimusalue, johon valmistettiin kahdeksan erilaista tutkittavaa kompostia (kuva 5). Ensimmäinen koekomposti valmistui 16.8.2021 ja viimeinen 23.8.2021. Ikäeroa komposteilla on täten enintään viikko, mikä ei ole merkittävä tekijä kokonaisuuden kannalta, koska Metsäpirtin kompostointikentällä komposteja kypsytetään ainakin 6 kuukautta.



Kuva 1. 3D-kuva, jossa etualalla näkyy koekompostit valittuina [23].

6.1 Valmistetut koekompostit

Yhteensä kahdeksan erilaista, tai eri tavalla käsiteltyä kompostia valmistettiin. Kompostit nimettiin, ja niihin käytetyt materiaalit kirjattiin. Taulukossa 1 on esitetty valmistettujen koekompostien valmistustietoja.

Taulukko 1 Koekompostien perustiedot.

| Päivämäärä kun auma valmistui | Auman tunnus | Käytetty tukiaine | Liete (t) | Tukiaine 1. (t) | Tukiaine 2. (t) | Yhteensä | Suhde tukiaine 1 /liete | Suhde tukiaine 2 /liete |
|-------------------------------|--------------|---------------------------|-----------|-----------------|-----------------|----------|-------------------------|-------------------------|
| 16.8.2021 | Tuplaturve | Turve | 130,82 | 80,66 | | 211,48 | 62 % | |
| 16.8.2021 | Risuhake | 1. Turve 2. Risuhake | 120,92 | 27,41 | 14 | 148,33 | 23 % | 12 % |
| 17.8.2021 | PUK | 1. Turve 2. Hevoslanta | 132,53 | 38,22 | 40,6 | 211,35 | 29 % | 31 % |
| 18.8.2021 | Leveä VKL | Turve | 614,32 | 237,67 | | 851,99 | 39 % | |
| 19.8.2021 | Zeoliitti | 1. Turve 2. Zeoliitti | 139,2 | 44,23 | 6,95 | 190,38 | 32 % | 5 % |
| 20.8.2021 | Biohiili | 1. Turve 2. Biohiili | 147,86 | 53,27 | 8,01 | 209,14 | 36 % | 5 % |
| 23.8.2021 | VKL | Turve | 147,47 | 51,89 | | 199,36 | 35 % | |
| 23.8.2021 | VKL kääntö | Turve | 160,32 | 55,36 | | 215,68 | 35 % | |

6.1.1 Turpeen lisäyskomposti (Tuplaturve)

Tuplaturveaumaan sekoitettiin mädätettyä lietettä 131 t ja turvetta 81 t. Turpeen tilavuussuhde lietteeseen nähden on 2:1. Turvetta siten sekoitettiin kaksinkertaisesti enemmän, kuin normaalisti. Turpeen osuuden lisääminen nostaa kompostiseoksen hiili/typpi -suhdetta. Korkeampi hiili/typpi -suhde korreloi pienempien typpioksiidi- ja metaanipäästöjen kanssa [24.]

6.1.2 Risuhake toisena tukiaineena (Risuhake)

Hakekompostiaumaan sekoitettiin mädätettyä lietettä 121 t, turvetta 27 t ja risuhaketta 14 t. Tarkoituksena oli korvata turvetta vaihtoehtoisella tukiaineella. Turpeen tuotanto aiheuttaa kompostointiprosessille epäsuoria ympäristövaikutuksia, koska turve katsotaan uusiutumattomaksi luonnonvaraksi. Samalla seurattiin erilaisen tukiaineen vaikutusta kompostointiprosessista aiheutuviin kaasupäästöihin.

6.1.3 Puutarhakomposti (PUK)

Puutarhakomposti kuuluu Metsäpirtin kompostointikentän perustuotteisiin. Puutarhakompostia on Metsäpirtissä noin 20 % kaikista komposteista. Puutarhakompostista valmistetaan Puutarhamultaa. Tarkoituksena oli mitata kaasupäästöjä myös yleisimmistä kompostiseoksista, ja vertailla niistä syntyviä päästöjä erikoisempiin sekoituksiin. Puutarhakompostiaumaan sekoitettiin mädätettyä lietettä 133 t, turvetta 38 t ja hevosen kuivikelantaa 41 t. Kuivikemateriaali hevosenlannan seassa voi olla esimerkiksi olkia, sahanpurua tai turvetta.

6.1.4 Isokokoinen kompostiauma (Leveä VKL)

Leveään aumaan laitettiin mädätettyä lietettä 614 t ja turvetta 238 t. Tukiaineen tilavuussuhde lietteeseen on 1:1. Suuremmissa kompostikasassa lämpötila pysyy useimmiten korkeampana, millä voisi olla vaikutusta kaasupäästöjen muodostumiseen.

VKL-kirjainyhdistelmä tulee sanoista Viikinmäen kuivatettu liete. Kirjainyhdistelmä VKL esiintyy suurimmassa osassa Metsäpirtin kompostointikentällä valmistetuista komposteista. VKL komposteja on erikokoisia kompostiaumoja, ja VKL komposteihin on sekoitettu mädätettyä lietettä ja turvetta. VKL+ -komposteihin on lisätty myös hevosten kuivikelantaa.

6.1.5 Zeoliitin lisääminen kompostiin (Zeoliitti)

Zeoliittikompostiin sekoitettiin mädätettyä lietettä 139 t, turvetta 44 t ja zeoliittia 7 t. Zeoliitti sitoo kompostointiseoksessa typpeä. Tämä voisi vähentää kompostoinnin aikana vapautuvien typpioksiidi- ja ammoniakkipäästöjen määrää. [25.]

Zeoliitin toimitti Metsäpirtin kompostointikentälle Hexon, ja tuotemerkki, jota käytettiin, oli Gordes Zeta. Lisätietoja käytetystä zeoliitista löytyy liitteestä 1.

6.1.6 Biohiilen lisääminen kompostiin (Biohiili)

Biohiilikompostiin sekoitettiin 148 t mädätettyä lietettä, 53 t turvetta ja 8 t biohiiltä. Biohiilien on todettu vähentävän erityisesti typpioksiduulipäästöjä kompostiseoksessa [26.].

Biohiili tilattiin Carbons Finland Oy:ltä. Lisätietoja käytetystä biohiilestä löytyy tuoteselosteesta liitteessä 2.

6.1.7 Eniten valmistettu maanparannuskomposti (VKL)

VKL-aumaan sekoitettiin mädätettyä lietettä 147 t ja turvetta 52 t. Tukiaineen ja lietteen tilavuussuhde on 1:1, eli sama kuin VKL kääntö -kompostissa. Tällainen on Metsäpirtissä eniten valmistettu komposti. Noin puolet kompostointikentällä olevista komposteista on 1:1 tilavuussuhteella sekoitettua mädätettyä lietettä ja turvetta. Tarkoituksena oli selvittää päästöjen määrä yleisimmistä kompostityypistä ja vertailla sitä muihin komposteihin.

6.1.8 Tiheämmin käännetty kompostiauma (VKL kääntö)

Tähän aumaan sekoitettiin 160 t mädätettyä puhdistamolietettä ja 55,36 turvetta tukiaineeksi. Tilavuussuhteena on 1:1, joka on useimmin käytetty sekoitussuhde Metsäpirtin kompostointikentällä, kun valmistetaan kompostia vain turvetta ja puhdistamolietettä sekoittamalla. Tätä kompostia käännettiin kahden viikon

välein, kun normaalisti kompostit käännetään noin kuukauden välein. Tiheämpi kääntöväli voisi vaikuttaa metaanin määrän vähenemiseen, koska metaani muodostuu anaerobisissa olosuhteissa, ja kompostin kääntäminen estää näitä hapettomia pesäkkeitä syntymästä [14.].

6.2 Mittausten toteutus

Kaasupäästöjen mittaukset tilattiin Ramboll Finland Oy:ltä. Ramboll on kansainvälinen suunnittelu- ja konsultointialan yritys. Rambollilla työskentelee globaalisti 16 000 työntekijää ja Suomessa 2500 työntekijää. [27.]

Kaasupäästöjä mitattiin seitsemän kertaa ja mittaukset tehtiin noin kahden viikon välein. Mittaustuloksia arvioitaessa täytyy huomioida, että kompostien käännöstä ja mittausajankohdasta on kulunut eripituinen aika mittauspäivinä. Esimerkiksi mittauspäivänä 12.11.2021 käännöstä oli kulunut kuukausi, ja 17.11.2021 suoritettuna mittauksen aikaan käännöstä oli kulunut yksi päivä.

6.3 Mittaustekniikka

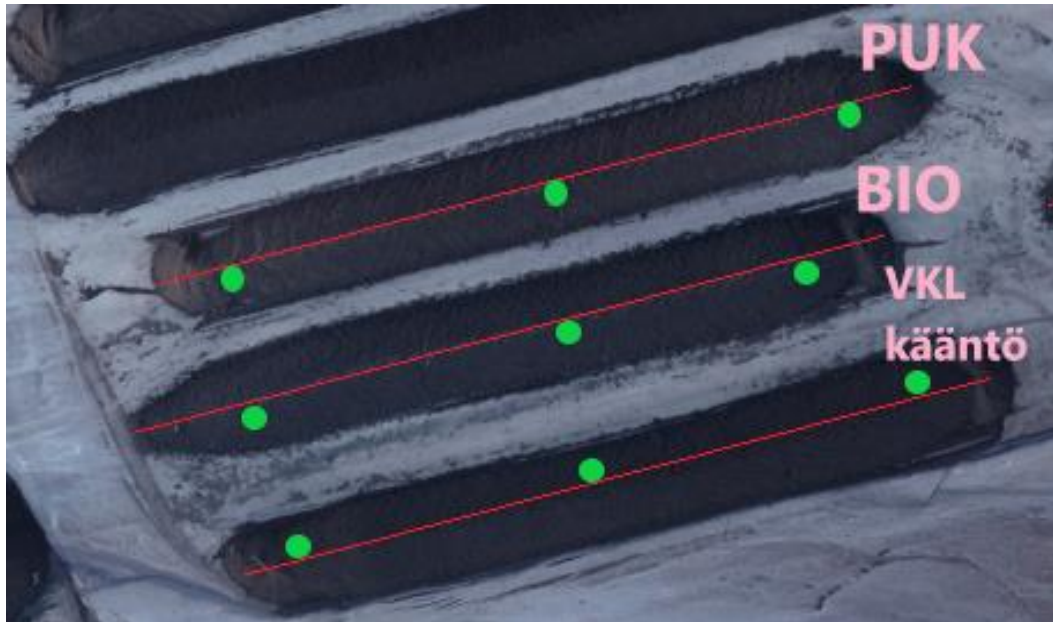
Kompostin päälle asetettiin huuva (kuva 6), josta ilmaa imettiin autossa sijainneeseen analysaattoriin. Huuva oli noin yhden neliömetrin kokoinen. Jokainen komposti mitattiin kolmesta kohtaa kompostiaumaa, jotta saataisiin mahdollisimman luotettava tulos. Analysaattori laski pitoisuudet erilaisille kaasupäästöille.



Kuva 2. Kompostin päällä oleva huuva, josta kaasut johdetaan analysaattoriin.

6.4 Mittauspisteet

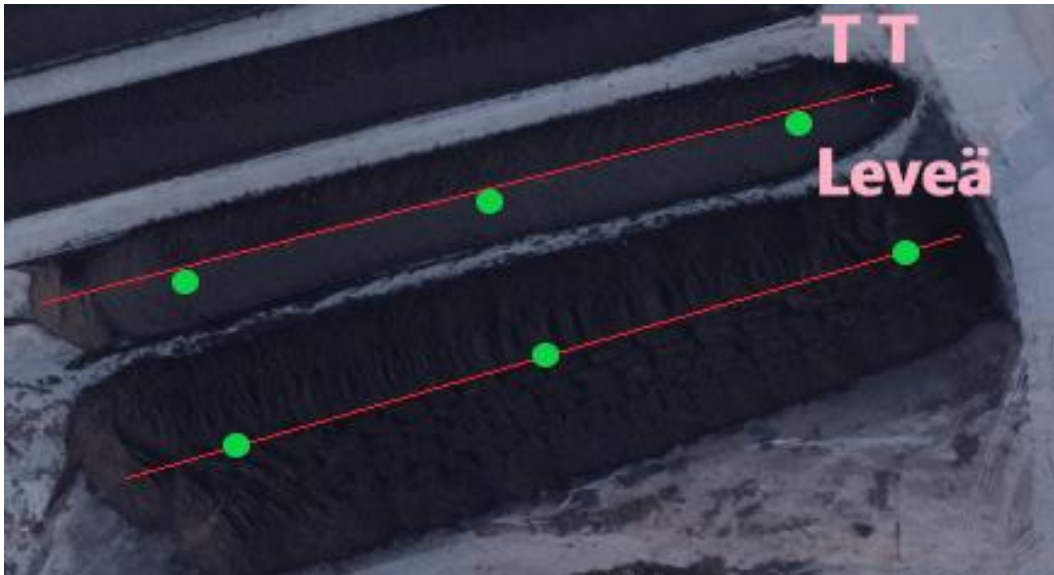
Kaasuja keräävä huuva asetettiin kompostiaumojen päälle, koska aumakompostoinnissa suurin osa kaasupäästöistä vapautuu auman päältä [28.]. Mittauspisteiden sijainti on esitetty kuvissa 7, 8 ja 9 vihreillä pallukoilla. Kuvat on otettu suoraan ylhäältä ja keskelle on piirretty punainen viiva havainnollistamaan kompostin korkeinta kohtaa (huippua).



Kuva 3. Puutarhakompostin (PUK), biohiiltä sisältävän kompostin (BIO) ja tiheämmin käännetyn kompostin mittauspisteiden sijainti [29.].



Kuva 4. Risuhaketta sisältävän (Hake), zeoliittia sisältävän (ZEO) ja maanparannuskompostin (VKL) mittauspisteiden sijainti [29.].



Kuva 5. Turpeen lisäyskompostin (T T) ja isokokoisen kompostiauman (Leveä) mittauspisteiden sijainti [29.].

6.5 Päästökertoimien laskenta kompostoinnille

Päästökerroin, eli ominaispäästö on työkalu, jolla päästön määrä suhteutetaan tarkasteltavaan ilmiöön. Suhteutus voidaan tehdä esimerkiksi pinta-alaan tai massaun [30.]. Kompostoinnin päästökerroin voidaan esittää kaasupäästöjen suhteena käsiteltyyn jätemäärään.

Hallitustenvälinen ilmastonmuutospaneeli IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) on määritellyt kompostoinnista aiheutuvat päästökertoimet metaanille ja typpioksiduulille (taulukko 2) [31.].

Taulukko 2. IPCC:n päästökertoimet.

| IPCC:n määrittämät päästökertoimet kompostoinnille | | | |
|---|------------|--|------------|
| Kompostoinnin metaanipäästöt (g CH ₄ /kg käsiteltyä orgaanista jätettä) | | Kompostoinnin typpioksiduulipäästöt (g N ₂ O/kg käsiteltyä orgaanista jätettä) | |
| Kuivapaino | Märkäpaino | Kuivapaino | Märkäpaino |
| 10 | 4 | 0,6 | 0,24 |

IPCC:n määrittämissä päästökertoimissa on oletettu kompostista seuraavaa:

- 25–50 % DOC kuiva-aineessa (DOC= hajoava orgaaninen aines, degradable organic carbon)
- 2 % typpeä kuiva aineessa
- kompostissa on 60 % kosteus [29].

Metsäpirtin kompostointikentän komposteista otettujen näytteiden perusteella kompostit vastaavat IPCC:n oletuksia. Kokonaistyyppipitoisuus Metsäpirtin kypsissä komposteissa vaihtelee 2–3 % välillä. Kosteus vaihtelee 60–70 % välillä. Orgaanisen aineen pitoisuus Metsäpirtin komposteissa vaihtelee 55–65 % välillä. Ei ole selvää, mikä osuus tuosta orgaanisesta aineesta on hajoavaa. [10.]

Kompostointilaitoksilla päästöjen arviointi ei usein perustu tuotannon aikana mitattuihin tuloksiin, vaan valmiiksi määriteltyihin päästökertoimiin [32.].

7 Mittaustulokset

7.1 Tuloksien yksöiden muuttaminen

Ramboll Finland Oy toimitti mittaustulokset HSY:lle ppm- ja %-pitoisuuksina. Toimitetut mittaustulokset löytyvät kokonaisuudessaan liitteestä 3. Mittauspisteitä oli 3 kussakin kompostiaumassa. Näistä kolmesta mittauspisteiden tuloksista laskettiin keskiarvo. Tulokset haluttiin esittää muodossa g/h/m². Ppm- ja prosenttiyksiköiden muutos muotoon mg/m³ tapahtui kaavalla:

$$\text{mg/m}^3 = \text{ppm} \times \frac{M}{22.4} \times \frac{273}{(273+T)} \times \frac{P}{1013}$$

Mittauspäivinä ilmanlämpötila oli keskimäärin 10 celsiusastetta, ja tätä arvoa käytettiin kaikkia yksiköitä muutettaessa. Alle 0 celsiusasteen lämpötila ei laskenut. Ilmanpaineen vaihtelua ei otettu huomioon.

Yksiköt, jotka olivat muotoa mg/m³, muutettiin vertailtavaan muotoon mg/h/m² kertomalla kaasupäästön pitoisuus tilavuusvirralla ja jakamalla tämä huuvan pinta-alalla (0,84 m²), josta kaasupäästöjä kerättiin.

7.2 Tulosten esittäminen

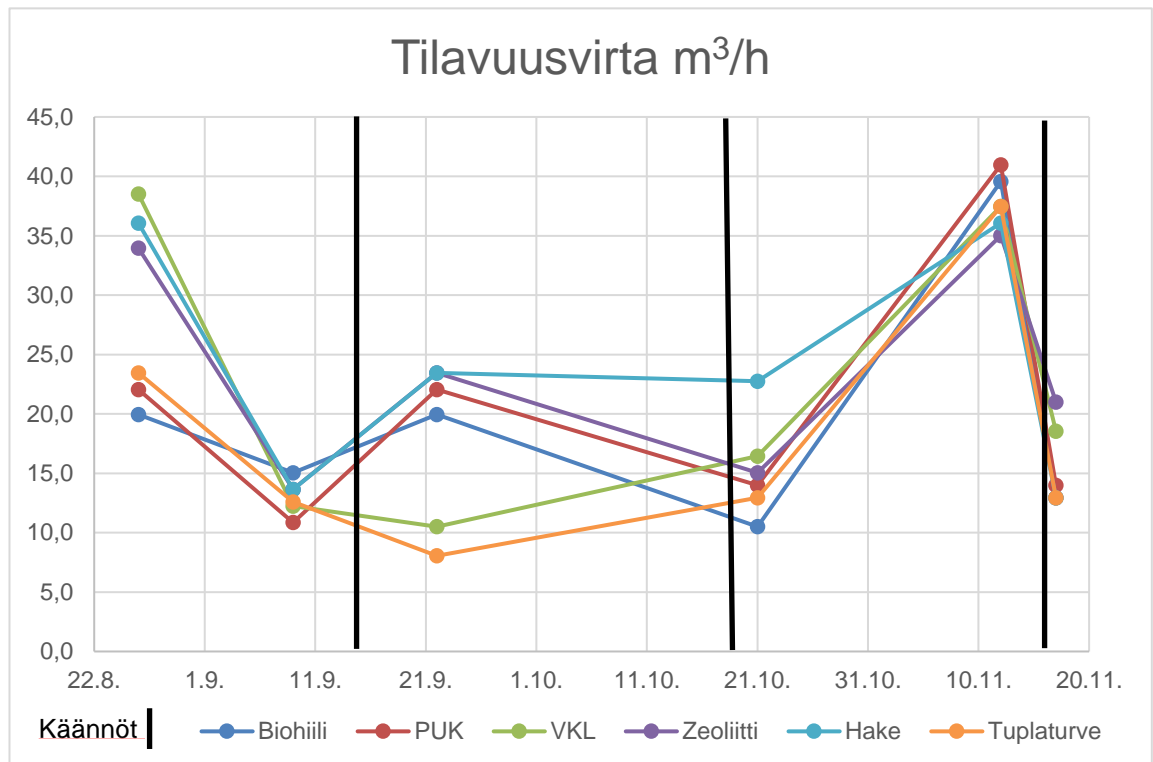
Koeaumoista 6 käännettiin samaan aikaan ja kahdella koeaumalla oli oma kääntöohjelmansa. Selkeyden vuoksi tehtiin erilliset kuvaajat näille kahdelle ryhmälle. Samanaikaisesti käännettyissä komposteissa kääntöpäivä on merkitty kuvaajiin pystysuorana mustana viivana. Kaksi erikseen käännettyä aumaa on omassa kuvaajassaan, ja niiden käännöt on merkitty mustilla pisteillä.

7.3 Saadut tulokset

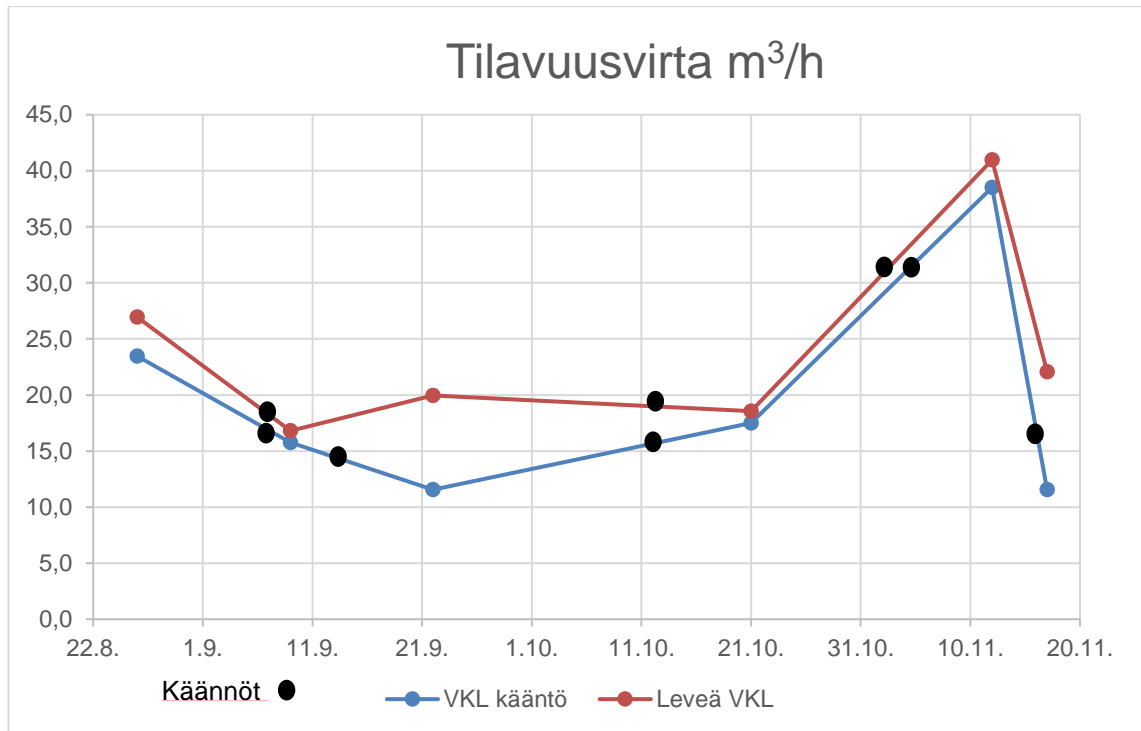
Rambollilta saatiin mittaustulokset kompostista virtaavan ilman lämpötilasta, ilman virtausnopeudesta ja erilaiset pitoisuudet päästöistä.

7.3.1 Tilavuusvirta

Tilavuusvirta laskettiin (kuvat 11 ja 12) ilmanvirtauksen, putken halkaisijan ja huu-
van pinta-alan perusteella. Tilavuusvirtaamaa arvioitaessa on otettava huomioon
mittausepävarmuus. Mittauksen aikana vallitsevat tuuliolosuhteet vaikuttavat
myös mittausputkesta virtaavan ilman määrään. Tilavuusvirran muutokset vaikut-
tavat samalla myös laskettujen päästöjen määrään. Voidaan kuitenkin olettaa,
että tuuliolosuhteet olivat samankaltaiset kunakin mittauspäivänä.



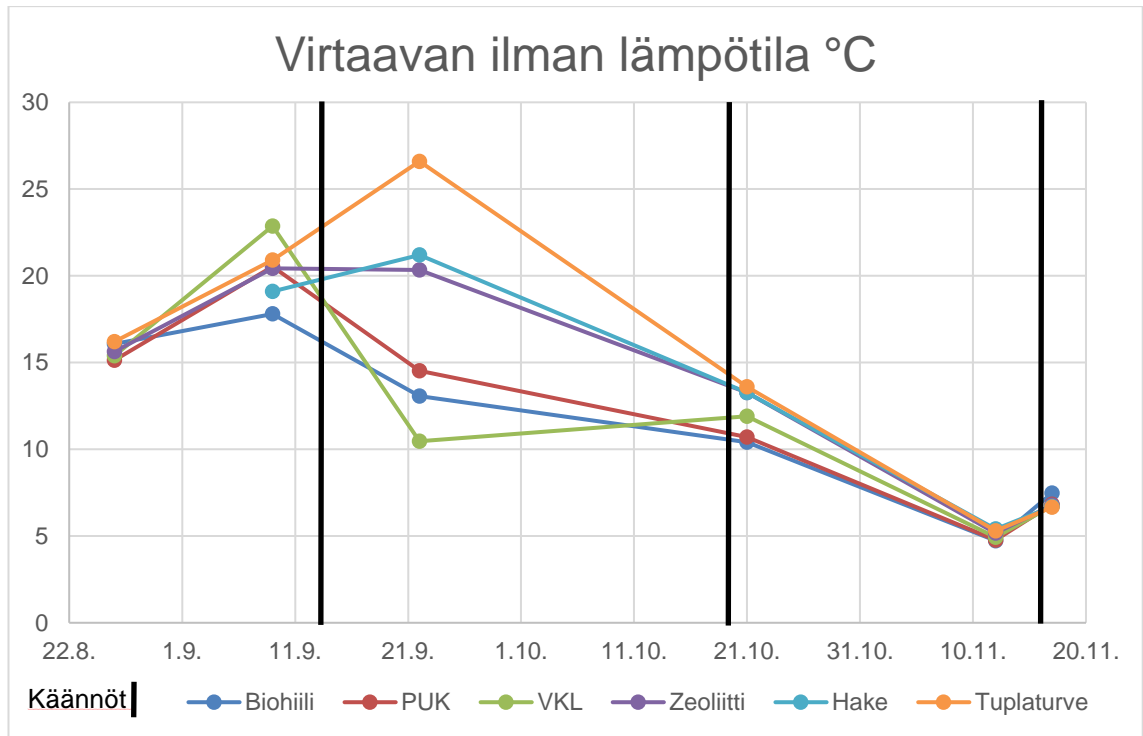
Kuva 6. Kuuden samanaikaisesti käännetyn auman tilavuusvirta.



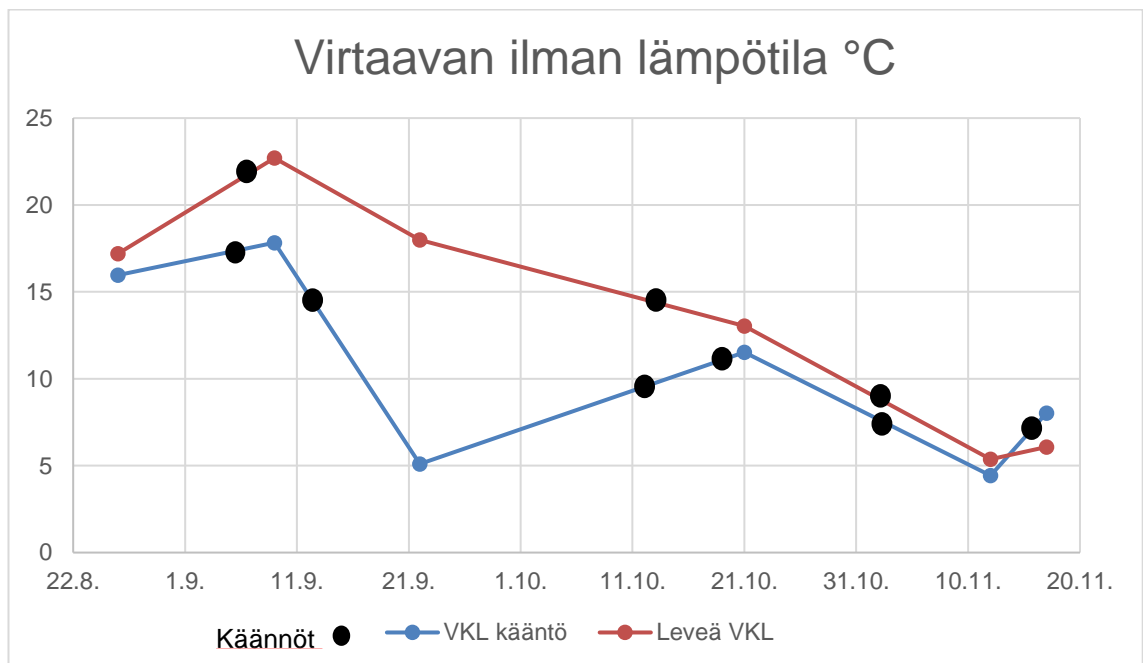
Kuva 7. Kahden erikseen käännetyn auman tilavuusvirta.

7.3.2 Lämpötila

Komposteista virtaavan ilman lämpötiloissa havaittiin selkeitä eroja toisena ja kolmantena mittauspäivänä (9.9.2021 ja 22.9.2021) (kuvat 13 ja 14). Ensimmäisenä mittauspäivänä (26.8.2021) ja kolmena viimeisenä mittauspäivänä (21.10. – 17.11.2021) erilaisista komposteista virtaavien kaasujen lämpötilat olivat hyvin lähellä toisiaan. Komposteista nousevien kaasujen lämpötilat liittyvät kompostointiprosessin aktiivisuuteen.



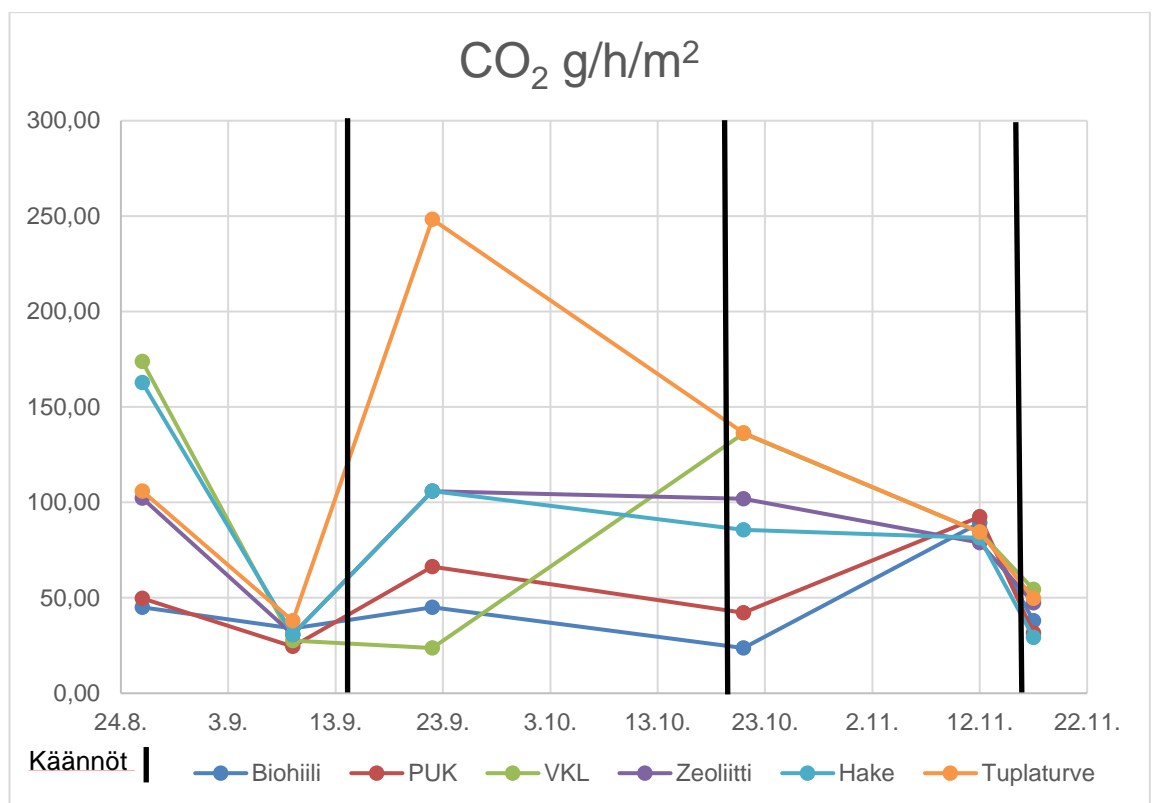
Kuva 8. Kuuden samanaikaisesti käännetyn auman aumasta tulevan kaasun lämpötilan kehitys.



Kuva 14. Kahdesta erikseen käännetystä kompostiaumasta virtaavien ilmojen lämpötilat.

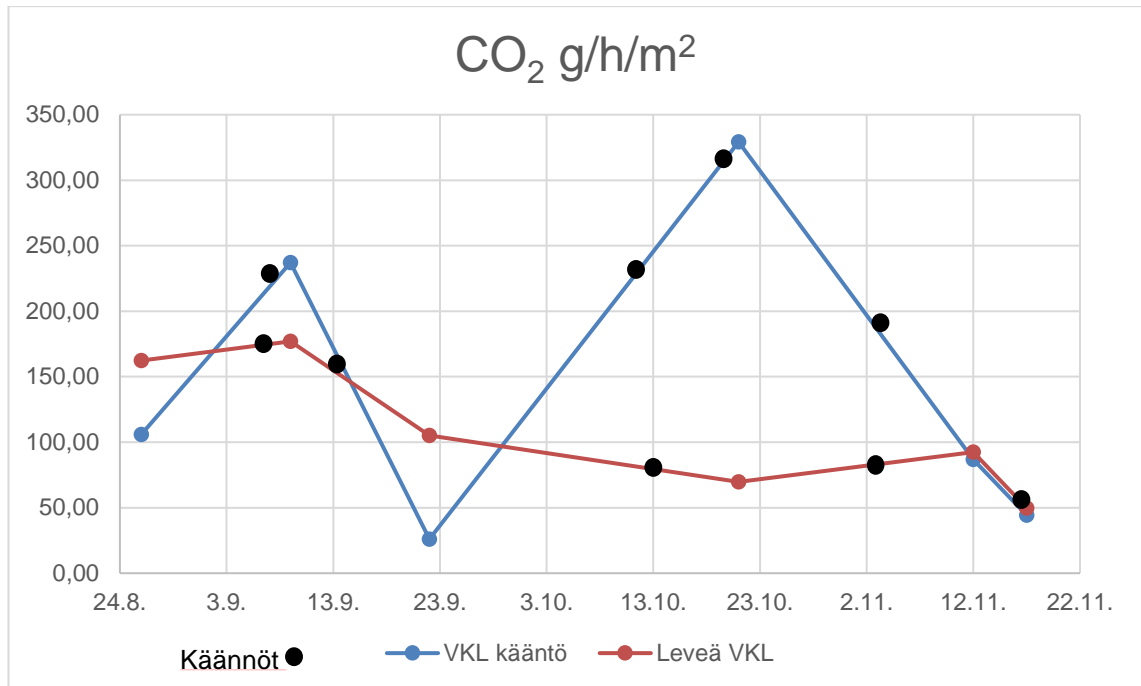
7.3.3 Hiilidioksidi

Samaan aikaan käännettyistä komposteista suurimmat hiilidioksidipitoisuudet mitattiin kolmantena mittauspäivänä 22.9.2021 tuplaturvekompostista (kuva 15). Turve lisää kompostin hiili-typpisuhdetta. Tuplaturveaumassa on siis enemmän hiiltä, mikä voi vaikuttaa kompostointiprosessin nopeampaan käynnistymiseen ja siten korkeampiin hiilidioksidipäästöihin kompostoinnin alussa.



Kuva 15. Kuuden samaan aikaan käännetyn kompostin hiilidioksidipäästöt.

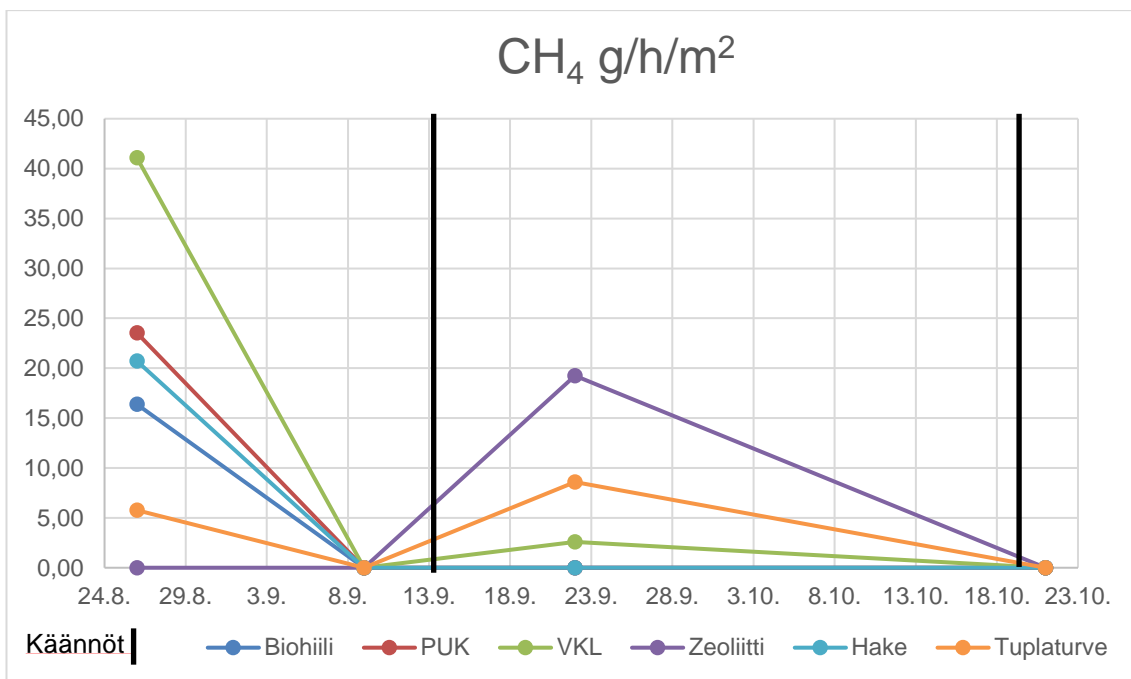
VKL-kääntökompostissa oli hiilidioksidipäästöjen suhteen enemmän vaihtelua kuin muissa komposteissa (kuva 16). Tiheä kompostin kääntäminen ja tämän aiheuttama lämpötilan vaihtuminen kompostissa voi vaikuttaa vaihteluun hiilidioksidipitoisuuksissa.



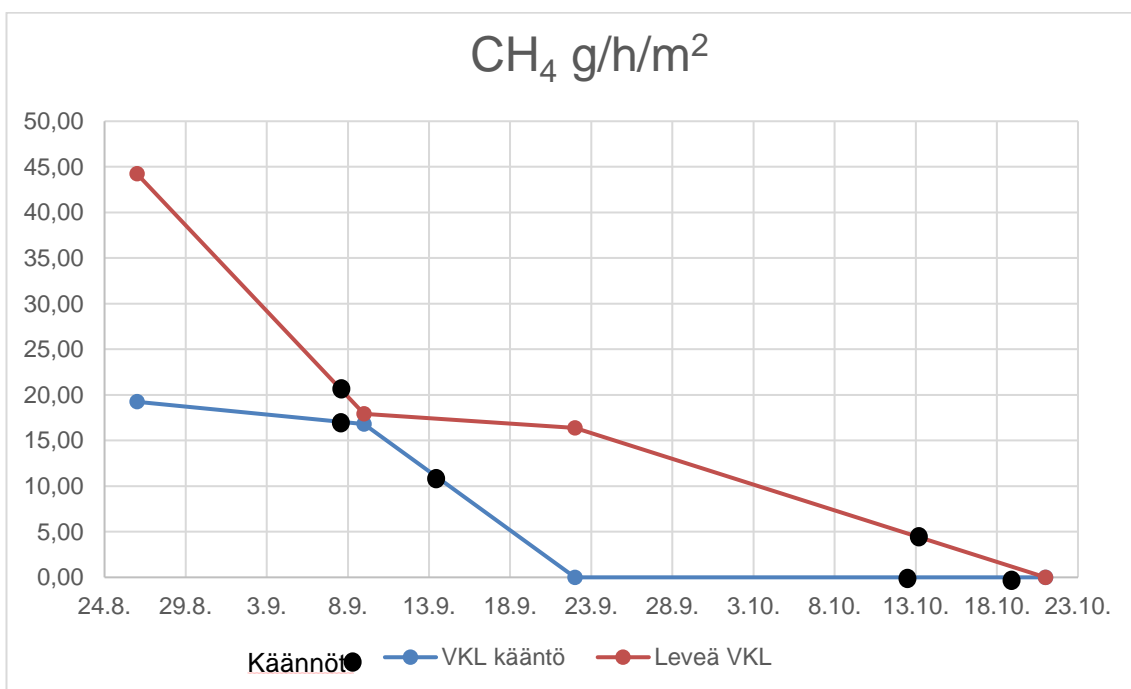
Kuva 16. Kahden erikseen käännetyn kompostin hiilidioksidipäästöt.

7.3.4 Metaani

Metaanipäästöjä havaittiin kolmena ensimmäisenä mittauspäivänä (26.8.–22.9.2021), mutta ei enää kolmena viimeisenä mittauspäivänä (21.10.–17.11.2021) (kuvat 17 ja 18). Metaani muodostuu kompostin hapettomissa pesäkkeissä.



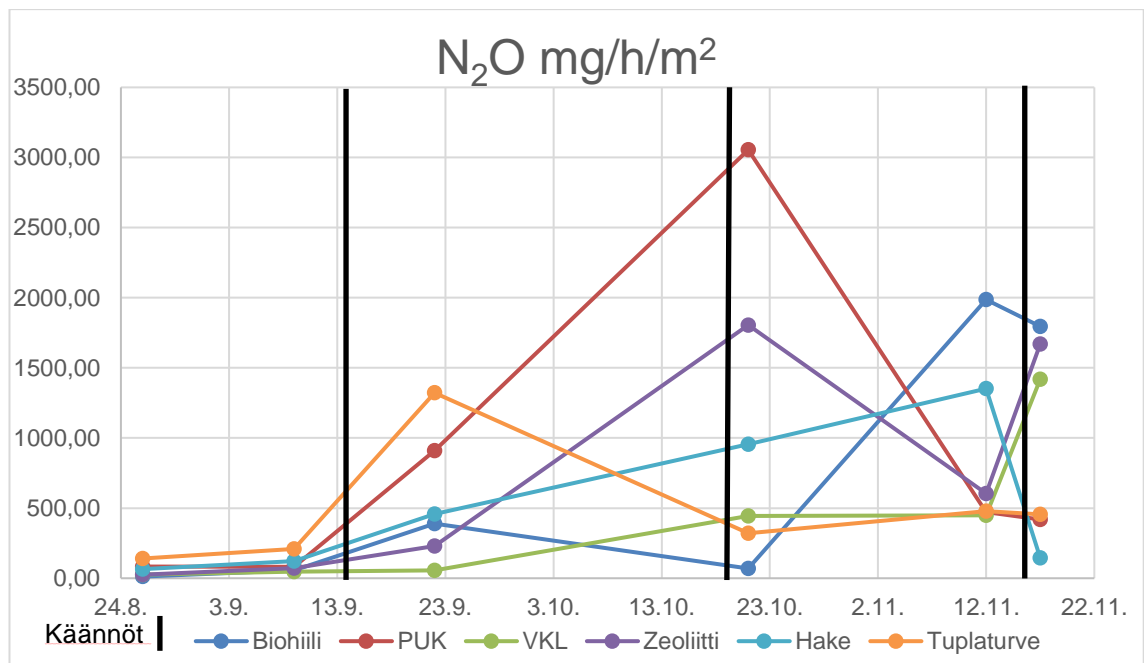
Kuva 17. Metaanipäästöt kuudesta samanaikaisesti käännetystä kompostista.



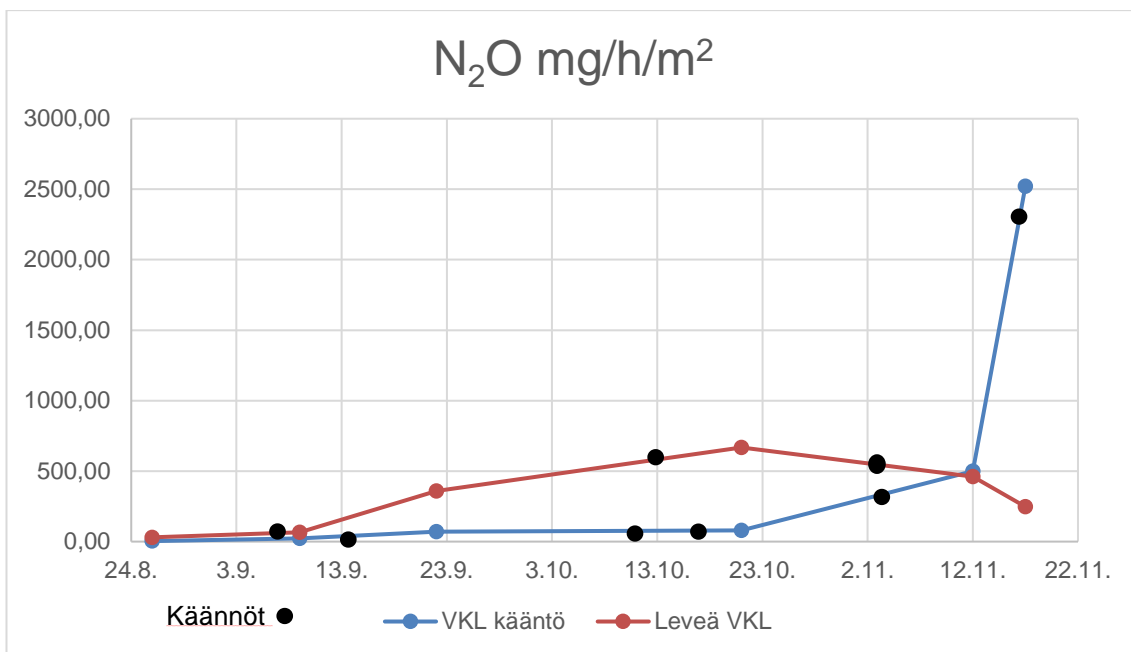
Kuva 18. Metaanipäästöt kahdesta erikseen käännetystä kompostista.

7.3.5 Typpioksiduuli

Typpioksiduulipäästöjä havaittiin kahdella ensimmäisellä mittauskerralla hyvin pieniä pitoisuuksia. Vaikuttaisi siltä, että typpioksiduuleja ei juurikaan muodostu kompostointiprosessin ensimmäisen kuukauden aikana (kuvat 19 ja 20). Käännoillä ei vaikuttaisi olevan mitään yhtenevää vaikutusta kompostien typpioksiduulipäästöihin.



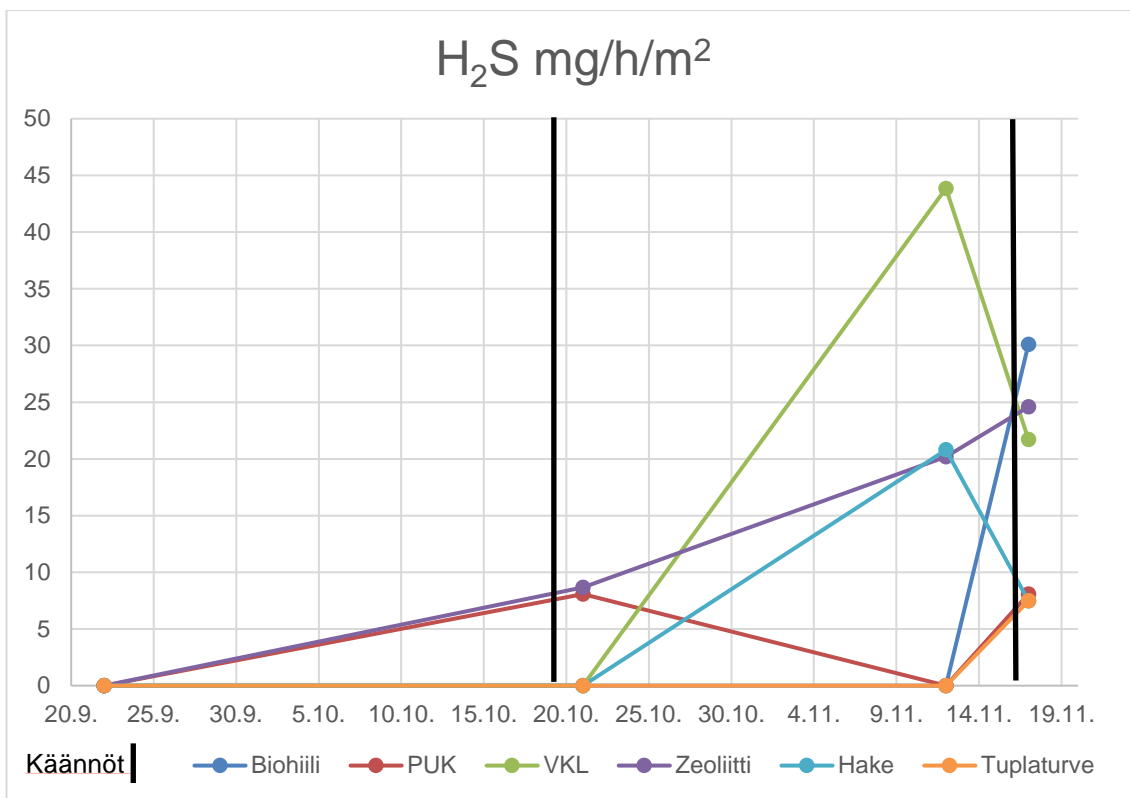
Kuva 19. Typpioksiduulipäästöt kuudesta samaan aikaan käännetystä kompostista.



Kuva 20. Typpioksiduulipäästöt kahdesta erikseen käännetystä kompostista.

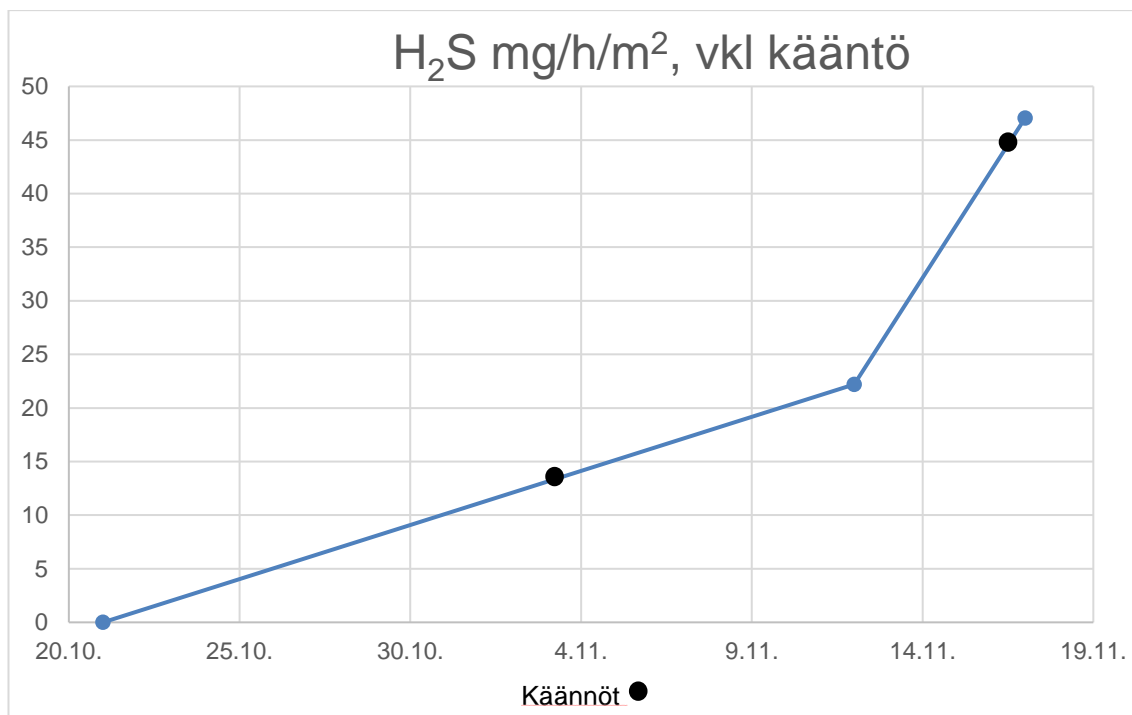
7.3.6 Rikkivety

Rikkivetypäästöjä ei havaittu kolmena ensimmäisenä mittauspäivänä (26.8. – 22.9.2021) (kuvat 21 ja 22). Rikkivetypäästöjä ei siis vaikuttaisi nousevan kompostointiprosessin ensimmäisenä kuukautena.



Kuva 21. Rikkivetypäästöt kuudesta samaan aikaan käännetystä kompostista.

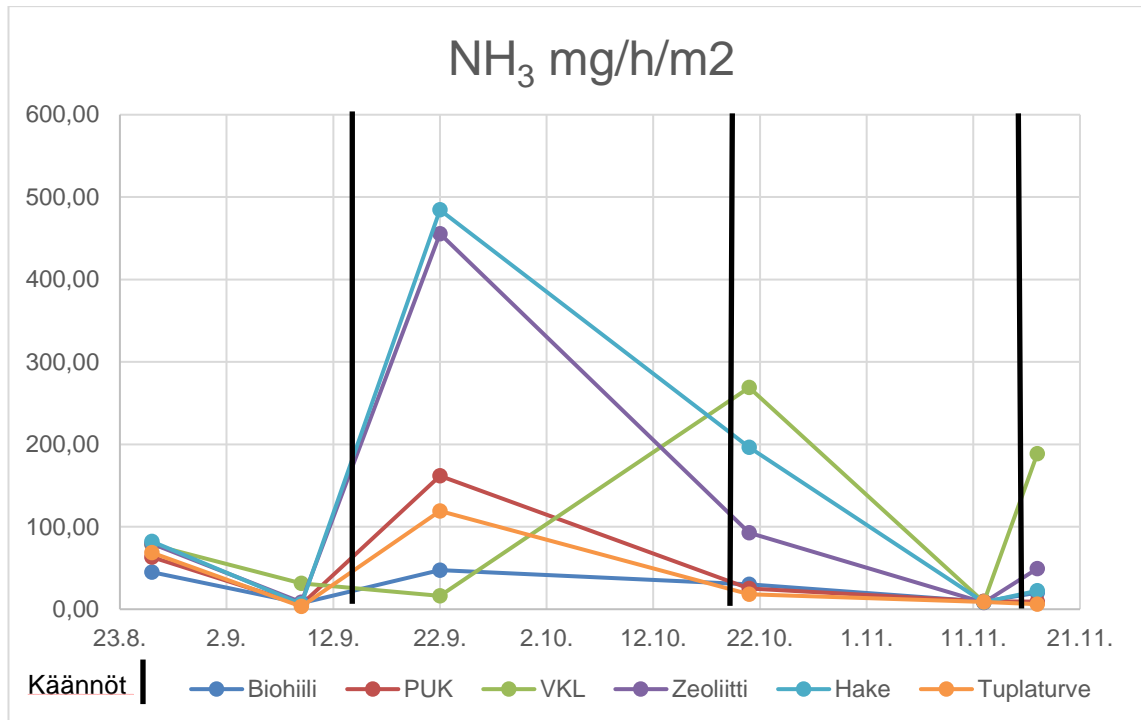
VKL leveä -kompostista ei havaittu rikkivetypäästöjä ollenkaan. VKL-kääntökompostista rikkivetypäästöjä ei havaittu neljänä ensimmäisenä mittauskertana ollenkaan (26.8. – 21.10.2021). Kompostien kääntämisellä ei näyttäisi olevan vaikutusta rikkivetypäästöihin.



Kuva 22. VKL kääntö -kompostiauman rikkivetypäästöt.

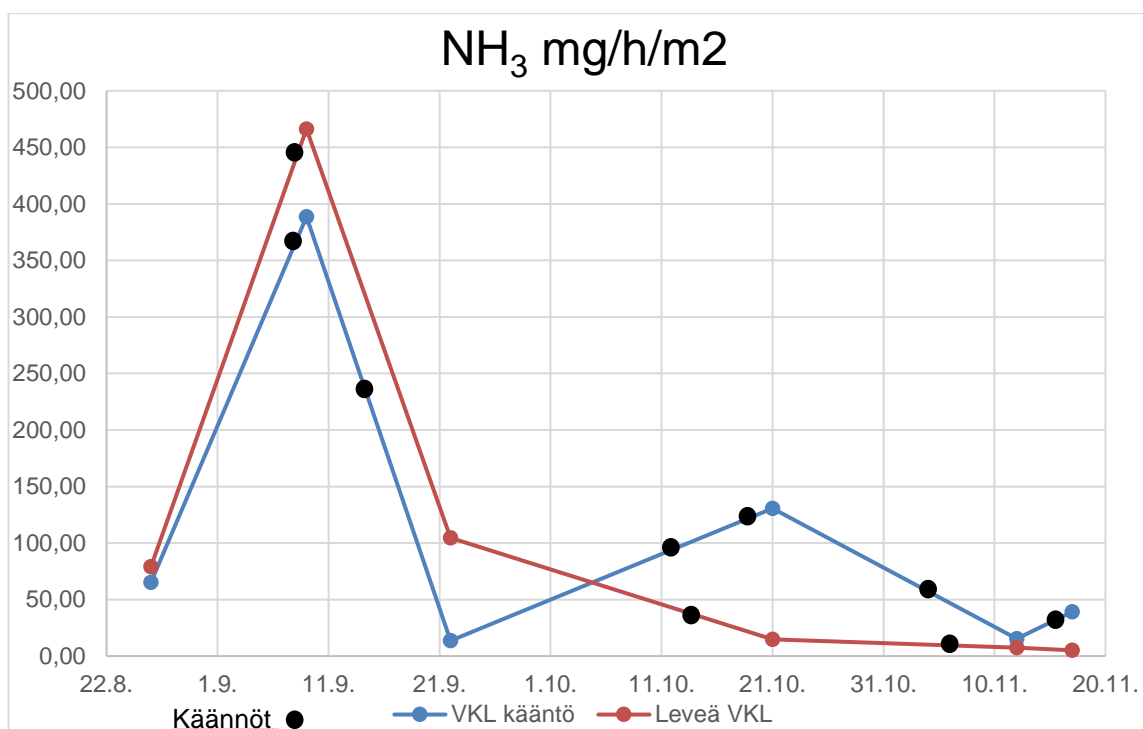
7.3.7 Ammoniakki

Ammoniakkipäästöt olivat kuudessa samanaikaisesti käännyissä komposteissa kahtena ensimmäisenä mittauspäivänä vähäiset (kuva 23). Eroja ammoniakkipäästöissä havaittiin myöhemmillä mittauskerroilla. Ammoniakkipäästöt näyttäisivät loppuneen seitsemässä koekompostissa lähes kokonaan 12.11.2021 mittauspäivään mennessä. VKL kompostissa sen sijaan havaittiin vielä kasvua ammoniakkipäästöissä.



Kuva 23. Ammoniakkipäästöt kuudessa samanaikaisesti käännettyssä kompostissa.

Leveä VKL- ja VKL kääntö -aumoissa ammoniakkipäästöt ovat ensimmäisinä mittauspäivinä samankaltaiset (kuva 24). Myöhemmissä mittauksissa Leveä VKL -auman ammoniakkipäästöt olivat pienemmät. Kompostien tiheämmällä kääntöväliä ei näyttäisi olevan vähentävää vaikutusta ammoniakkipäästöihin.



Kuva 24. Kahden erikseen käännetyn kompostin ammoniakkipäästöt.

8 Päästökertoimet kompostiaumoille

8.1 Lähtökohdat ja oletukset päästökertoimen laskemiseen

Tässä tutkimuksessa keskitytään kompostoinnista aiheutuneen päästön määrään mittausaikavälillä 26.8.2021–17.11.2021, eli kompostointiprosessin ensimmäisten kolmen kuukauden päästöihin. Päästökerroin lasketaan päästönä kokonaista kompostiaumaa kohden noin kolmen kuukauden ajalta.

Päästökerrointen laskentaan tehtyjen mittausten perusteella liittyy merkittäviä epävarmuustekijöitä. Mittauksia tehtiin ainoastaan yksittäisinä päivinä, joten tarkkaa tietoa mittauspäivien välillä vapautuneista kaasupäästöistä ei ole.

Kaasupäästöjä kerättiin kompostiauman huipulta yhden neliömetrin kokoisilta pinta-aloilta. Ei siis ole mittaustuloksia päästöistä kompostiauman alemmissa osissa. Tanskan teknillisen yliopiston tutkimuksessa todettiin, että yli 85 %

kaasupäästöistä vapautuu kompostissa vain yhden metrin levyiseltä alueelta kompostiauman huipulta [28.]

Metsäpirtin kompostointikentällä tehdyissä mittauksissa seitsemän kompostiauman kaasupäästöjä kerättiin juuri kompostin huipun vierestä niin, että kaasuja keräävä huuva ylettyi korkeintaan yhden metrin päähän kompostiauman korkeimmasta huipusta. Kahdesta kompostiaumasta kaasupäästöjä kerättiin suoraan kompostin huipulta. Näissä kahdessa kompostiaumassa ei kuitenkaan havaittu merkittävästi suurempia päästöjä. Jotta voidaan arvioida päästökerroin tehtyjen mittausten perusteella, oletetaan että 100 % kaasupäästöistä on vapautunut kahden metrin levyiseltä alueelta kompostiauman päältä katsottuna. Eli jos kaasuja keräävä huuva olisi siirretty alemmas, niin päästöjä ei olisi juuriakaan havaittu. Leveä VKL -kompostiauma jätetään huomioimatta, koska se on suurempi ja leveämpi kuin muut vertailtavat kompostiaumat. Lasketaan siis kompostiauman pituus ja kerrotaan se kahden metrin leveydellä ja oletetaan, että tältä alueelta on noussut kaikki kaasupäästöt kustakin kompostiaumasta.

8.2 Mittaustulosten muuntaminen päästökertoimiksi

Mittaustuloksista saadaan komposteista noussut päästö massana yhden tunnin aikana neliometriä kohden. Päästöjä oletetaan nousevan kahden metrin leveydeltä kompostiauman huipulta. Jotta saadaan päästöjä vapauttanut pinta-ala kustakin kompostiaumasta, niin mitataan kompostiaumojen pituudet ilmakuivasta (kuva 25). Vertailtavat kompostiaumat ovat suunnilleen yhtä leveitä, kun Leveä VKL -kompostiauma jätetään huomioimatta.



Kuva 25. Kompostiaumojen pituudet [23.].

Päätettiin arvioida ainoastaan mittausten välillä tapahtunutta päästön määrää. Ensimmäinen mittauspäivä oli 26.8.2021 ja viimeinen mittauspäivä oli 17.11.2021. Näiden mittauspäivien välissä on 83 päivää eli 1992 tuntia.

Kompostiaumaa kohden tehdyistä mittauksista laskettiin keskiarvot kuuden mittauspäivän tuloksista. Kaava, jolla kompostiauman päästöt laskettiin, on:

$$\left(\frac{\text{päästö } \frac{g}{m^2}}{h} \right) \times 2 \text{ m} \times (\text{aumien pituus m}) \times 1992 \text{ h}$$

Tulokset haluttiin esittää päästön määränä käsiteltävää lietemäärää kohden, joten kokonaispäästömäärät jaettiin kuhunkin kompostiaumaan käytetyn lietteen määrällä. Tulokset ovat siis muotoa gramma tai milligrammaa käsiteltyä lieteki-logrammaa kohden.

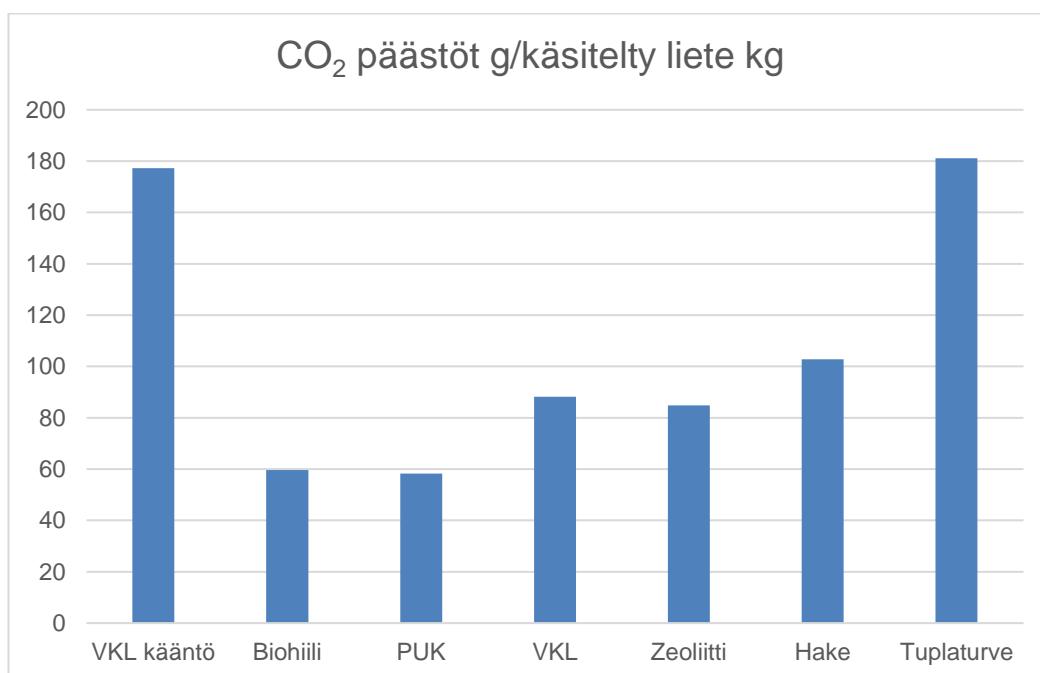
8.3 Lasketut päästökertoimet mittausten aikana

8.3.1 Hiilidioksidi

Selvästi muita kompostiaumoja suuremmat hiilidioksidipäästöt olivat tiheimmin käännetyllä kompostilla (VKL kääntö) ja kompostilla, johon sekoitettiin turvetta

kaksinkertainen määrä (tuplaturve) (kuva 26). Normaalaa tiheämpi kääntöväli mahdollisesti nopeuttaa kompostoitumisprosessia ja täten hiilidioksidipäästöt olivat korkeammat kompostoinnin ensimmäisen kolmen kuukauden aikana.

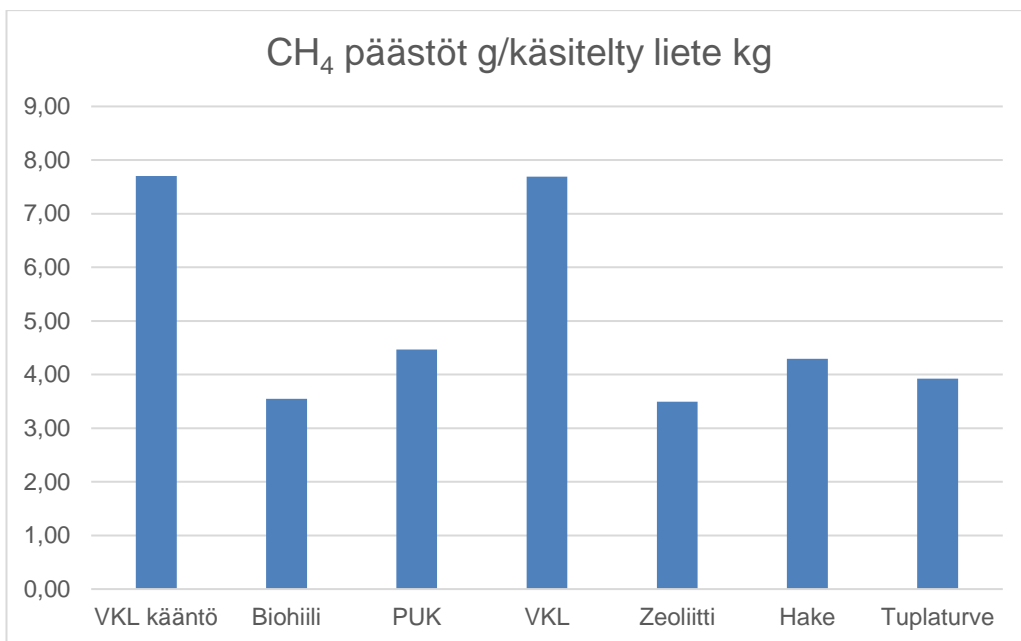
Turpeen lisääminen nostaa kompostin hiili-typpisuhdetta, mikä voi myös johtaa nopeampaan kompostoitumiseen ja täten suurempiin CO₂-päästöihin kompostoitumisprosessin ensimmäisellä puoliskolla.



Kuva 26. CO₂ päästökertoimet.

8.3.2 Metaani

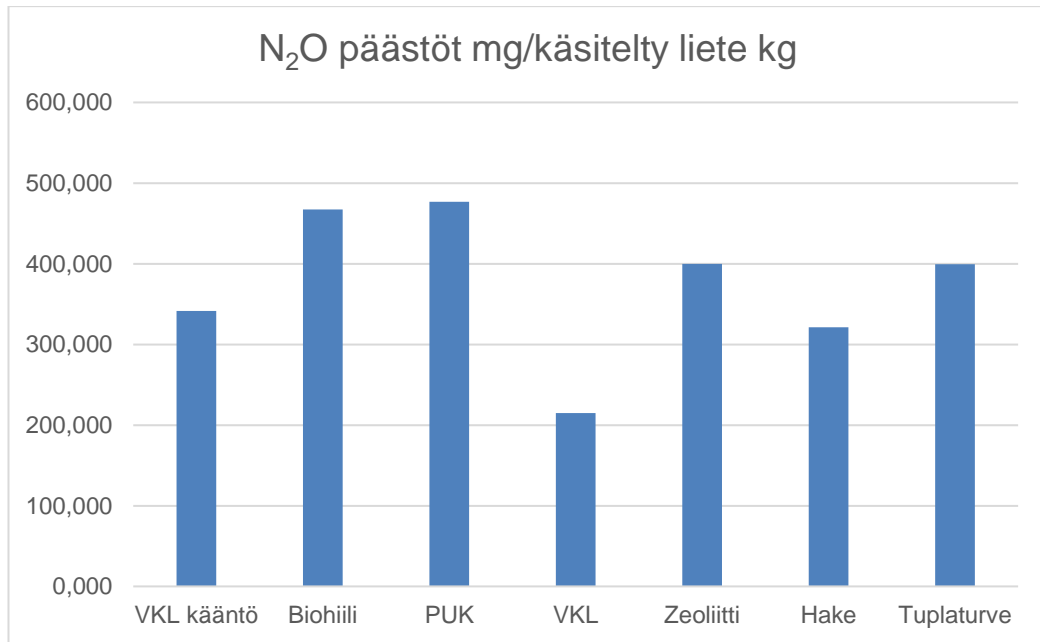
Metaanipäästöt olivat suurimmat tiheämmin käännettyssä kompostissa (VKL kääntö) ja tavallisessa maanparannuskompostissa (VKL) (kuva 27). Kääntämisen pitäisi vähentää kompostissa hapettomia kohtia ja tällä tavoin ehkäistä metaanin muodostumista, mutta tällaista ei ollut tehdyissä mittauksissa havaittavissa.



Kuva 27. Metaanipäästöt.

8.3.3 Typpioksiduuli

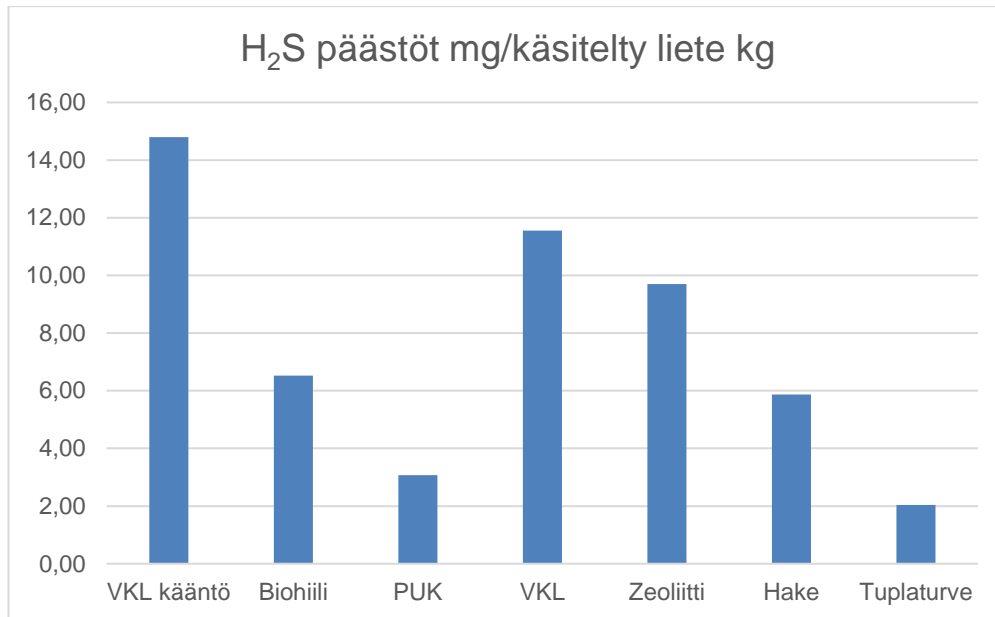
Typpioksiduulipäästöt olivat päästökertoimeksi laskettuna pienimmät Metsäpiritin kompostointikentän vakiotuotteisiin kuuluvassa maanparannuskompostissa (VKL) (kuva 28).



Kuva 28. Typpioksiduulipäästöt.

8.3.4 Rikkivety

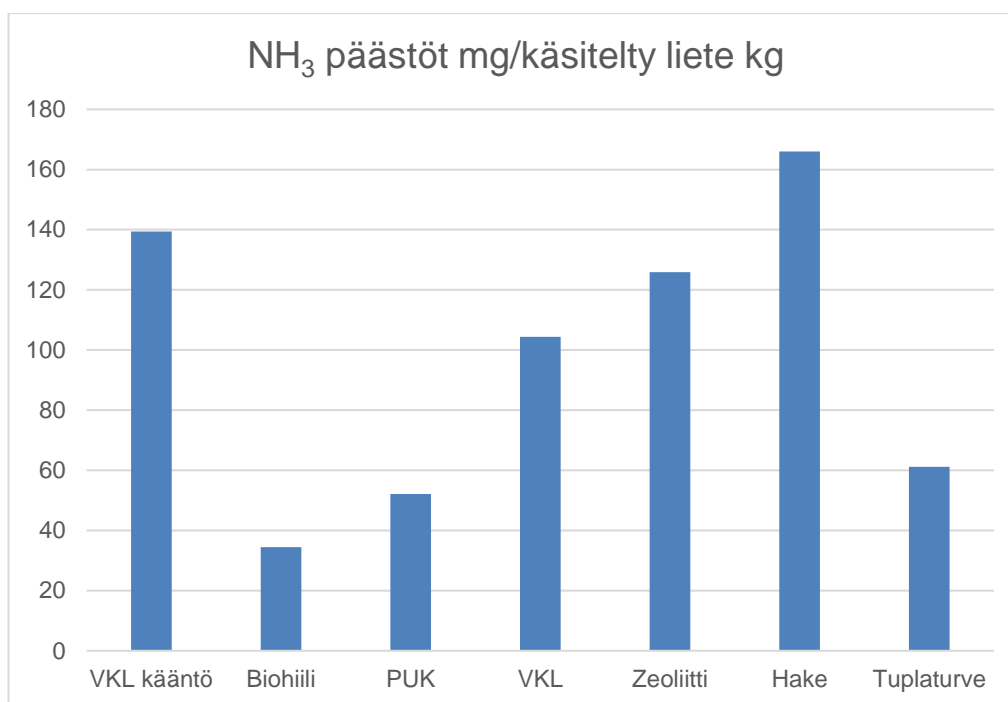
Rikkivetypäästöjen määrässä on suurta hajontaa eri komposteja vertailtaessa (kuva 29). Rikkivetypäästöt olivat suurimmat eniten käännettyssä kompostissa (VKL kääntö) ja tavallisessa maanparannuskompostissa (VKL). Turpeen määrän lisääminen näyttäisi pienentävän rikkivetypäästöjä käsiteltyyn lietemäärään nähden. Biohiilen, hevoskuivikkeen ja risuhakkeen lisäämisellä kompostiin näyttäisi myös olevan rikkivetypäästöjä vähentävä vaikutus.



Kuva 29. Rikkivetypäästöt.

8.3.5 Ammoniakki

Ammoniakkipäästöissä oli myös suurta hajontaa eri kompostiaumojen välillä (kuva 30). Kompostin tiheämmällä kääntöväylillä ei vaikuttaisi olevan vähentävää vaikutusta ammoniakkipäästöihin. Biohiiltä sisältävässä kompostissa ja tuplaturvekompostissa hiili-typpisuhde on oletettavasti korkeampi, joten tällä voi olla vaikutusta muita pienempiin ammoniakkipäästöihin.



Kuva 30. Ammoniakkipäästöt.

9 Johtopäätökset

Ensimmäinen mittauspäivä oli 26.8.2021, jolloin vanhin auma (tuplaturve) oli iältään 10 päivää ja viimeisimpänä valmistunut auma (VKL kääntö) oli iältään vain kolme päivää. Tämä on osasy, miksi ensimmäisen mittauspäivän tuloksissa on suurta vaihtelua hiilidioksidi- ja metaanipäästöissä.

Turpeen määrän kaksinkertaistamisella ei huomattu selkeitä vaikutuksia kaasupäästöjen vähenemiseen. Olennaista kompostoinnin kaasupäästöjen osalta on, kuinka paljon kaasupäästöjä aiheutuu lietteen määrään nähden. Tuplaturve-aumassa lietettä oli vähemmän kuin muissa kompostiaumoissa, mutta kaasupäästöjä se ei selvästi vähentänyt. Lisäksi turpeen tuotannosta ja kuljetuksesta syntyy kaasupäästöjä, ja turpeen hankinta aiheuttaa kustannuksia. Turpeen osuuden lisääminen ei näiden tulosten perusteella kannata.

Zeoliitilla ei havaittu tehtyjen mittausten perusteella olevan merkittävää vaikutusta pienempiin typpioksiduuli tai ammoniakkipäästöihin.

Biohiilellä vaikuttaisi olevan mittausten perusteella jonkin verran vaikutusta tyyppiä sisältävien ammoniakki- ja typpioksiduulipäästöjen vähentymiseen. Myös hiilidioksidipäästöt pysyivät biohiilikompostissa matalalla kaikkina mittauspäivinä. Biohiilen hinta on kuitenkin muihin tavanomaisiin tukiaineisiin nähden huomattavan korkea ja päästöjä vähentävät vaikutukset vaikuttavat maltillisilta.

Tiheämmällä kompostin kääntöväylällä ei ole merkittäviä vaikutuksia kaasupäästöjen vähentymiseen tutkitulla ajanjaksolla. Sen sijaan kompostoitumisprosessi on voinut olla nopeampi useammin käännettyssä kompostissa, ja siten kompostoitumisprosessin ensimmäisten kolmen kuukauden päästöt ovat olleet korkeammat. Kompostin käännöt aiheuttavat lisäksi kustannuksia ja epäsuoria kasvihuonekaasupäästöjä, kun otetaan huomioon kääntökoneen käyttö ja kuljetukset.

Metsäpirtin vakiotuotteisiin kuuluvat puutarhakomposti ja VKL maanparannuskomposti vaikuttavat päästöjen suhteen olevan lähellä keskiarvoa kaikissa päästöissä.

Risuhakekomposti näytti olevan keskiverto päästöjen suhteen. Metaania ei havaittu risuhakekompostista enää ensimmäisen mittauspäivän jälkeen. Risuhake on karkeampi tukiaine, joten se voi parantaa ilman kiertoa kompostissa ehkäisten täten metaanin muodostumista hapettomissa pesäkkeissä. Risuhake on myös toimiva vaihtoehto korvaamaan turvetta tukiaineena, koska turpeen käytölle halutaan löytää vaihtoehtoisia tukiaineita.

Kaikista koekomposteista toimitettiin 17.11.2021 kompostinäytteet Metropolilabiin analysoitavaksi. Kompostit olivat tuolloin kaikki noin kolmen kuukauden ikäisiä. Analyysitulosten perusteella voidaan päätellä, että kompostoituminen oli edennyt kaikissa koekomposteissa hyvin. Metropolilabin toimittamat komposti-analyysitulokset löytyvät kokonaisuudessaan liitteestä 4.

Työn tuloksia HSY hyödyntää toiminnastaan aiheutuvien päästöjen arvioinnissa. Tuloksiin vaikuttaneita epävarmuustekijöitä voidaan tulevissa mittauksissa vähentää, koska ne nousivat tässä työssä esille.

Lähteet

- 1 Helsingin seudun ympäristöpalvelut. Verkkoaineisto. <<https://www.hsy.fi/hsy/>>. Luettu 29.10.2021.
- 2 Helsingin seudun ympäristöpalvelut. Verkkoaineisto. <[hsy.fi/hsy/organisaatio](https://www.hsy.fi/hsy/organisaatio/)>. Luettu 29.10.2021.
- 3 Helsingin seudun ympäristöpalvelut. Verkkoaineisto. <<https://www.hsy.fi/vesi-ja-viemarit/vedenpuhdistusprosessi/>>. Luettu 29.10.2021.
- 4 Helsingin seudun ympäristöpalvelut. Verkkoaineisto. <<https://www.hsy.fi/vesi-ja-viemarit/nain-vesihuolto-toimii/>>. Luettu 29.10.2021.
- 5 Metsäpirtin Esittelymateriaalit. Metsäpirtti_2018. HSY:n sisäinen dokumentti. HSY.
- 6 Hanna Huotari, Kari Hänninen ja Heikki Malinen. 1992. Kompostoinnin Biotekniikka ja laitteet. Valtion teknillinen tutkimuskeskus.
- 7 Martha A. Smith, Duane Friend. 2016. Composting for the Homeowner. Verkkoaineisto. University of Illinois Extension. <<https://web.archive.org/web/20160217221013/http://web.extension.illinois.edu/homecompost/science.cfm>>. Luettu 5.11.2021.
- 8 Metsäpirtin kompostointikentän lämpötilaseuranta. 2021. HSY:n sisäinen palvelu. HSY.
- 9 Compost Chemistry. Verkkoaineisto. Cornell University. <<http://compost.css.cornell.edu/chemistry.html>>. Luettu 10.11.2021.
- 10 Näytetulokset 2021. HSY:n sisäinen dokumentti. HSY.
- 11 Composting And Greenhouse Gas Emissions: A Producer's Perspective. West Coast Conference Preview. 2007. Verkkoaineisto. <biocycle.net/composting-and-greenhouse-gas-emissions-a-producers-perspective/>. Luettu 4.2.2022.
- 12 Hiilidioksidi. Verkkoaineisto. Ilmasto.org. <<http://ilmasto.org/ilmastonmuutos/kasvihuoneilmio-ja-ilmastonmuutos/kasvihuonekaasut/hiilidioksidi.html>> Luettu 3.2.2022.

- 13 H.K. Ahn, W. Mulbry, J.W. White, S.L. Konrad. 2010. Pile mixing increases greenhouse gas emissions during composting of dairy manure. Environmental Management and Byproduct Utilization Laboratory.
- 14 Metaani. Verkkoaineisto. Ilmasto-opas. <<https://ilmasto-opas.fi/fi/ilmastonmuutos/ilmio/-/artikkeli/dec264e2-6350-418c-a1bc-3ef7c80676aa/metaani.html>> Luettu 25.11.2021.
- 15 Riitta Pipatti, Kari Hänninen, Raili Vesterinen, Margareta Wihersaari, Ilkka Savolainen. 1996. Jätteiden käsittelyvaihtoehtojen vaikutus kasvihuonekaasupäästöihin. VTT Energia.
- 16 Dityppioksidi. Verkkoaineisto. Ilmasto-opas. <<https://ilmasto-opas.fi/fi/ilmastonmuutos/ilmio/-/artikkeli/8de2c2ef-71c1-41b4-90d7-d61125c3a3a6/dityppioksidi.html>> Luettu 25.11.2021.
- 17 Sally Brown, Chad Kruger, Scott Subler. 2008. Greenhouse Gas Balance for Composting Operations.
- 18 OVA-ohje: AMMONIAKKI – tiivistelmä. Verkkoaineisto. Työterveyslaitos <<https://www.ttl.fi/ova/tammonia.html>>. Luettu 25.11.2021.
- 19 Mikä vikana, kun kompostointi ei suju?. 2018. Verkkoaineisto. Puutarha.net. <https://puutarha.net/artikkelit/10558/kompostoinnin_ongelmat.htm> Luettu 3.2.2022.
- 20 Estela Pagans, Raquel Barrena, Xavier Font, Antoni Sa´nchez. 2005. Ammonia emissions from the composting of different organic wastes. Dependency on process temperature. Escola Universita`ria Polite`cnica del Medi Ambient, Universitat Auto`noma de Barcelona.
- 21 OVA-ohje: Rikkivety. Verkkoaineisto. Työterveyslaitos. <<https://www.ttl.fi/ova/rikkivet.html>> Luettu 3.2.2022.
- 22 Martin Albers, Hannu Helle, Timo Varpula, Merja Itävaara, Anu Kapanen, Minna Vikman. 2003. Kompostointiprosessin monitorointi ja ohjaus. VTT.
- 23 Oscar Kääriäinen. 2021. Eficic.
- 24 Nasser Abd El Kader, Paul Robin, Jean-Marie Paillat, Philippe Leterme. 2006. Turning, compacting and the addition of water factors affecting gaseous emissions in farm manure composting. Bioresource technology.
- 25 Mukesh Kumar Awasthi, Quan Wang, Hui Huang, Xiuna Ren, Altaf Hussain Lahori, Amanullah Mahar, Amjad Ali, Feng Shen, Ronghua Li, Zeng-qiang Zhang. 2016. Influence of zeolite and lime as additives on

greenhouse gas emissions and maturity evolution during sewage sludge composting. Bioresource technology.

- 26 Christoph Steiner, K.C. Das, Nathan Melear, Donald Lakly. 2010. Reducing nitrogen loss during poultry litter composting using biochar. Journal of environmental quality.
- 27 Yritys. Verkkoaineisto. Ramboll. <https://fi.ramboll.com/ramboll_finland_oy> Luettu 19.11.2021.
- 28 Jacob Kragh Andersen, Alessio Boldrin, Jerker Samuelsson, Thomas Holjlund, Charlotte Scheutz. 2010. Quantification of Greenhouse Gas Emissions from Windrow Composting of Garden Waste. Technical University of Denmark.
- 29 Oscar Kääriäinen. 2021. Eficic. Kuvaa muokattu.
- 30 Tutustu erilaisiin päästökertoimiin. Verkkoaineisto. Open CO2. <<https://www.openco2.net/fi/paastokertoimien-yksikot>> Luettu 21.1.2022.
- 31 Riitta Pipatti. 2006. Biological Treatment of Solid Waste. IPCC.
- 32 Juha Viholainen. 2022. Energiätehokkuuspäällikkö. HSY. Keskustelu 22.2.2022.

Hexonin toimittaman zeoliitin tuoteseloste

Gordes Zeta

Kuivikkeen lisäaine

Zeoliitit ovat huokoisten mineraalien ryhmä, joita käytetään tehokkaana puhdistajana ja hajujen sitojana. Zeoliittia voidaan tuottaa synteettisenä tai louhia maasta luonnontuotteena.

Tarjoamamme zeoliittiryhmään kuuluva klinoptiloliitti on täysin luonnollinen orgaaninen mineraalituote. Klinoptiloliitin erityisen kiteisen rakenteensa vuoksi sillä on poikkeuksellisen tehokas kyky sitoa toksiineja, ammoniakkia ja kosteutta.

Klinoptiloliitin käyttökohteet

- Voidaan käyttää lietteeseen tai kuivikkeeseen sekoitettuna.
- Sopii käytettäväksi parsinavettaan, pihattoon ja karsinoihin.
- Erinomainen vasikoiden alustan puhtaana pitoon.
- Kaikille eläinlajeille soveltuva: naudat, siat, lampaat, siipikarja, hevoset jne.



Hyödyt

- Sitoo tehokkaasti ammoniakkin ja metaanin vähentäen päästöjä, säästää hiilen hyötykäyttöön.
- Vähentää eläinsuojien hajuja ja kosteutta, parantaa hengitysilmaa.
- Turvallinen kuivikkeen seassa, syötynä toimii kemikaalien ja raskasmetallien poistamiseen ruansulatuskanavasta. Syödyn klinoptiloliitin ammoniakinsitomiskyky säilyy lannassa, jolloin ammoniakkin vapautuminen lietteestä hidastuu.
- Erinomainen maanparannusaine lietteen seassa. Tasoittaa pH:ta ja asteittainen typen vapautuminen antaa kasveille paremman ravintotalouden ja typen hyötysuhde tehostuu pidemmällä aikavälillä. Tämä vähentää ravinteiden huuhtoutumista vesistöihin.
- Estää toukkien ja loisten (mm. kokkidioosi) lisääntymistä, vähentäen myös kärpästen määrää.
- Sopii myös luomutuotantoon, sillä on puhdas luonnontuote.
- Pitää alustan hygieenisenä ja kuivana.
- Ihoystävällinen pH 6,5.

Käyttö

- Käyttö suoraan kuivikkeen sekaan 6-8 kiloa neliometrille vähentämään tehokkaasti hajuja ja kosteutta eläinsuojasta.
- Lietesäiliöön sekoitettuna ammoniakkin sidontaan 5-20 kg/100 m³, riippuen kuivikkeen seassa käytetyn zeoliitin määrästä.
- Voidaan ripotella suoraan kosteille alueille, lietekuiluihin ja -kanaviin.
- Pakkauskoot: 25 kg säkki (40 kpl lavalla) ja suursäkki 1000 kg



Carbons Finland Oy:n toimittaman biohiilen tuoteseloste

CARBONS

TUOTEKORTTI

TUOTESELOSTE: CARBONS LEHTIPUU BIOHIILI

| | |
|------------------------|---|
| Tyypinimi | Kasviperäinen kasvualustahiili |
| Raaka-aine | PEFC sertifioitu lehtipuu (harmaa- ja tervaleppä, haapa, saarni) Eesti |
| Hiiltämislämpötila | 600 °C, viipymä 4 tuntia |
| Pinta-ala | m ² / g (BET) |
| Kiintohiili (FC) | 88 % |
| pH | 9,1 |
| Johtokyky | 21,8 mS / m |
| Kosteus | 5 % |
| Tuhkapitoisuus | 2,8 % |
| Kokonaistyyppi (TOT N) | mg/kg |
| Kokonaisfosfori (P) | < 0,1 mg/kg |
| Vesiliukoinen fosfori | < 0,1 mg/kg |
| Kokonaiskalium (K) | 540 mg/kg |
| Arseeni (As) | 0,64 mg/kg |
| Kadmium (Cd) | < 0,5 mg/kg |
| Lyijy (Pb) | < 1,0 mg/kg |
| Sinkki (Zn) | 40 mg/kg |
| Kupari (Cu) | mg/kg |
| Nikkeli (Ni) | 1,6 mg/kg |
| Cromi (Cr) | 27 mg/kg |
| Valmistuttaja | Carbons Finland Oy www.carbons.fi info@carbons.fi |

Metropolilabilta saadut kompostianalyysitulokset

Kompostinäytteet otettu 17.11.2021 ja tulokset saatu 2.12.2021

| | VKL kääntö | Biohiili | PUK | VKL | Zeoliitti | Risuhake | Tuplaturve | Leveä VKL | |
|---|------------|----------|------|------|-----------|----------|------------|-----------|--------------------------------|
| Tilavuuspaino | 585 | 604 | 571 | 569 | 583 | 558 | 558 | 589 | g/l |
| Kosteus | 67,6 | 64,7 | 67,9 | 66,2 | 66,4 | 67,6 | 64,4 | 67,7 | % |
| Kuiva-aine | 32,4 | 35,3 | 32,1 | 33,8 | 33,6 | 32,4 | 35,6 | 32,3 | % |
| Orgaaninen aines | 62,7 | 61,2 | 63,1 | 63,4 | 58,4 | 62,8 | 71,8 | 66,4 | % ka |
| Hiilidioksidin tuotto | 2,6 | 2,6 | 1,8 | 2,5 | 2,9 | 3 | 1,8 | 1,9 | mg CO ₂ -C/g VS/vrk |
| Sähkönjohtavuus | 120 | 110 | 110 | 95 | 110 | 120 | 96 | 100 | mS/m |
| Juurenpituusindeksi | 71 | 73 | 98 | 98 | 70 | 71 | 82 | 79 | % |
| Orgaanisen hiilen kokonaismäärä (TOC) | 30,5 | 32,6 | 31 | 32,5 | 28,9 | 31,9 | 37 | 33,2 | % |
| Ammoniumtyppi, NH ₄ -N, vesiliukoinen | 590 | 480 | 250 | 520 | 530 | 500 | 460 | 490 | mg/l |
| Ammoniumtyppi, NH ₄ -N, vesiliukoinen | 3100 | 2200 | 1400 | 2700 | 2700 | 2800 | 2300 | 2600 | mg/kg ka |
| Nitraatti- ja nitriittitypen summa, (NO ₃ NO ₂)N | 120 | 110 | 110 | 44 | 100 | 120 | 61 | 73 | mg/l |
| Nitraatti- ja nitriittitypen summa, (NO ₃ NO ₂)N | 620 | 540 | 630 | 230 | 530 | 670 | 310 | 380 | mg/kg ka |
| Typpi, N, vesiliukoinen | 920 | 790 | 450 | 750 | 860 | 770 | 700 | 660 | mg/l |
| Typpi, N, vesiliukoinen | 4800 | 3700 | 2500 | 3900 | 4400 | 4300 | 3500 | 3500 | mg/kg ka |
| Fosfori, P, vesiliukoinen | 9,7 | 49 | 29 | 17 | 34 | 25 | 12 | 6,4 | mg/l |
| Fosfori, P, vesiliukoinen | 51 | 230 | 160 | 90 | 170 | 140 | 60 | 34 | mg/kg ka |
| Kokonaistyyppi | 4,4 | 4,3 | 3,6 | 4,9 | 4,4 | 4,2 | 4,6 | 4,7 | g/l |
| Kokonaistyyppi | 23,2 | 20,1 | 19,5 | 25,4 | 22,7 | 23,3 | 23,1 | 24,9 | g/kg ka |
| Kalium, K, CAT-uuutto | 46 | 58 | 380 | 360 | 120 | 89 | 40 | 37 | mg/l |
| Kalium, K, CAT-uuutto | 240 | 270 | 2000 | 1900 | 640 | 490 | 200 | 190 | mg/kg ka |
| Fosfori, P | 3,7 | 3,5 | 3,2 | 3,6 | 3 | 3,9 | 2,7 | 3,3 | g/l |
| Fosfori, P | 19 | 17 | 18 | 19 | 15 | 22 | 14 | 17 | g/kg ka |
| Kalium, K | 230 | 240 | 700 | 220 | 430 | 290 | 170 | 190 | mg/l |
| Kalium, K | 1200 | 1100 | 3800 | 1100 | 2200 | 1600 | 840 | 1000 | mg/kg ka |

