
**HUMUSKUIDUN HYÖDYNTÄMINEN
JÄTEVESILIETTEEN AUMAKOMPOSTOINNISSA**

HAMK
HÄMEEN AMMATTIKORKEAKOULU

Ammattikorkeakoulun opinnäytetyö

Rakennustekniikan koulutusohjelma

Visamäki, kevät 2014

Joonas Enqvist

Visamäki
Rakennustekniikan koulutusohjelma
Ympäristötekniikka

| | | |
|------------------|--|-------------------|
| Tekijä | Joonas Enqvist | Vuosi 2014 |
| Työn nimi | Humuskuidun hyödyntäminen jätevesilietteen aumakompostoinnissa | |

TIIVISTELMÄ

Opinnäytetyön toimeksiantaja on Helsingin seudun ympäristöpalvelut HSY. Viikinmäen ja Suomenojan jätevedenpuhdistamoilla syntyneet mädätetyt jätevesilietteet käsitellään avoaumakompostoinnilla Sipoossa Metsäpirtin kompostointikentällä. Lietteet jatkojalostetaan mullaksi tai maanparannuskompostiksi. Kompostoinnin tukiaineena on tyypillisesti käytetty turvetta. Tukiainekustannusten vähentämiseksi HSY:tä kiinnostaa vaihtoehtoiset tukiainemateriaalit, joilla voitaisiin korvata osa käytettävästä turpeesta. Opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia Metsä Fibren Joutsenon selutehtaalla sivutuotteena syntyvän humuskuidun soveltuvuutta kompostoinnin tukiaineeksi. Lisäksi HSY:tä kiinnostaa saavutettaisiinko tukiaineiden osuuden kasvattamisella käytännön hyötyjä kompostointiprosessissa.

Humuskuidun soveltuvuutta tukiaineeksi tutkittiin kompostointikokeilla. Kompostointikokeet suoritettiin siten, että humuskuitua sekoitettiin kolmeen eri kompostiaumaan lietteen ja turpeen kanssa erilaisissa seossuhteissa. Kompostien kypsyyttä seurattiin muun muassa näytteenotolla ja lämpötilanseurannalla. Lisäksi kompostoitumista vertailtiin normaaliin tuotantoon kuuluvan auman kompostoitumiseen.

Kompostointikokeilla selvisi, että humuskuitu soveltuu kompostin tukiaineeksi, mutta sen kompostoituminen on hitaampaa kuin turpeen kompostoituminen. Tämä johtunee osittain humuskuidun kosteudesta, jolloin kompostista tulee liian tiivis, mikä puolestaan johtaa hapen kulun estymiseen. Humuskuidussa on myös hitaasti hajoavaa oksamassaa. Humuskuidun negatiivisia vaikutuksia kompostoitumiseen voitaisiin minimoida vähentämällä sen osuutta tukiaineissa. Tukiaineiden suuremmalla osuudella ei havaittu olevan merkittäviä eroja kompostointiprosessin kannalta. Humuskuitua käytetään tukiaineena jatkossakin, mutta sitä sisältäviä komposteja myydään lähinnä maanparannuskomposteina maatalouteen. Maanparannuskompostin hajoamisasteen ei tarvitse olla täydellinen.

Avainsanat Jätevesiliete, aumakompostointi, tukiaine

Sivut 40 s. + liitteet 5 s.

Visamäki
Degree Programme in Building and Construction Engineering
Environmental Engineering

| | | |
|-------------------------------------|---|------------------|
| Author | Joonas Enqvist | Year 2014 |
| Subject of Bachelor's thesis | Utilization of fibre in composting waste water sludge | |

ABSTRACT

This thesis was commissioned by Helsinki Region Environmental Services Authority HSY. The wastewater treatment process in the wastewater treatment plants of HSY produces sludge, which is digested and then further processed in the sludge composting field in Sipoo. The sludge is processed by composting into soil and fertilizer products. At the moment HSY uses mostly peat as a structural material in the composting process. To reduce the expenses of the structural materials, HSY is looking for alternative materials to replace some of the peat used. The aim of this thesis was to examine the feasibility of a fibre which is a byproduct of pulp manufacturing process in Joutseno Mill as a structural material in the composting process. The fibre includes shredded branch material.

The feasibility of the fibre as a structural material in the composting process was examined through composting tests where fibre, peat and wastewater sludge were mixed in different ratios. The degradation phases of the compost were monitored by samples and temperature measurements. The test composts were also compared to the regular compost in the composting field.

The results indicate that the fibre suits as a structural material in composting, but its composting process is slower compared to peat. This is probably caused by the moisture of the fibre, which results in too dense composts. The fibre also includes lignine, which decomposes slowly. The negative impacts of the fibre on composting process could be reduced by reducing its share of the structural materials. The increase of structural materials in composts did not seem to have any major advantages in the composting process. The fibre will be used as a structural material in the future, but the composts including it will be mostly sold as soil betterment compost and not further processed into soil. The maturity of the compost does not need to be perfect, if used as soil betterment compost.

Keywords Wastewater sludge, composting, structural material

Pages 40 p. + appendices 5 p.

SISÄLLYS

| | | |
|-------|--|----|
| 1 | JOHDANTO..... | 1 |
| 2 | KOMPOSTOINNIN TEORIAA | 2 |
| 2.1 | Kompostoinnin vaiheet | 2 |
| 2.2 | Kompostoitumiseen vaikuttavat tekijät..... | 4 |
| 2.2.1 | Hiili/typpi-suhde..... | 4 |
| 2.2.2 | Muut ravinteet | 5 |
| 2.2.3 | Lämpötila..... | 5 |
| 2.2.4 | pH | 6 |
| 2.2.5 | Happi | 7 |
| 2.2.6 | Kosteus | 8 |
| 3 | JÄTEVESILIETTEEN KOMPOSTOINTI..... | 9 |
| 3.1 | Lietteen käyttöä rajoittavat tekijät..... | 9 |
| 3.1.1 | Raskasmetallit..... | 10 |
| 3.1.2 | Hygienisointi | 10 |
| 3.2 | Tukiaineet kompostissa..... | 11 |
| 3.2.1 | Turve..... | 12 |
| 3.2.2 | Puunkuorike ja puuhake | 12 |
| 3.2.3 | Kierrätyskompostointi | 12 |
| 4 | LAINSÄÄDÄNTÖ..... | 13 |
| 4.1 | Lannoitevalmistelaki | 13 |
| 4.1.1 | Toiminnan harjoittaminen | 13 |
| 4.1.2 | Viranomaiset ja valvonta | 14 |
| 4.1.3 | Lannoitevalmisteen tyyppinimi ja merkintä- ja pakkausvaatimukset ... | 14 |
| 4.2 | Muu lainsäädäntö | 15 |
| 4.3 | Ympäristölupa | 15 |
| 5 | KOMPOSTOINTIKENTÄN KUVAUS | 15 |
| 5.1 | Kentän toiminta..... | 16 |
| 5.1.1 | Sekoitus | 16 |
| 5.1.2 | Aumojen ilmastaminen..... | 17 |
| 5.1.3 | Seulonta | 18 |
| 6 | KOMPOSTOINTIMATERIAALIT | 19 |
| 6.1 | Jätevesiliete | 19 |
| 6.2 | Turve | 20 |
| 6.3 | Humuskuitu | 20 |
| 7 | KOMPOSTOINTIKOE..... | 22 |
| 7.1 | Kokeen suunnittelu..... | 22 |
| 7.1.1 | Aumojen sekoittaminen..... | 23 |
| 7.2 | Käännöt ja muut toimenpiteet | 24 |
| 8 | KOMPOSTIEN KYPSYYDEN SEURANTA JA TULOKSET | 25 |

| | | |
|-------|--|----|
| 8.1 | Lämpötilaseuranta | 26 |
| 8.1.1 | Humuskompostien lämpötilakuvaajat | 27 |
| 8.1.2 | Vertailuauman lämpötilakäyrä | 28 |
| 8.2 | Näytteenotto | 29 |
| 8.2.1 | Hiilidioksidin tuotto..... | 29 |
| 8.2.2 | NO ₃ -N/NH ₄ -N suhde | 30 |
| 8.2.3 | pH | 32 |
| 8.2.4 | E-coli ja salmonella | 33 |
| 8.2.5 | Orgaanisen aineksen määrä | 33 |
| 8.3 | Aistinvaraiset havainnot ja muut kokemukset humuskomposteista..... | 34 |
| 8.4 | Kompostien kypsyys | 34 |
| 8.4.1 | Soveltuvuus maanparannuskompostiksi..... | 35 |
| 9 | YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET | 36 |
| | LÄHTEET | 39 |

| | |
|---------|--|
| Liite 1 | Metsäpirtin Humuskompostin tuoteseloste |
| Liite 2 | Maanparannusaineiden tuoteselosteissa ilmoitettavien ominaisuuksien sallitut poikkeamat (Asetus nro 24/11) |
| Liite 3 | Vapon imeytysturpeen tuoteseloste |
| Liite 4 | Humuskuidun tuoteseloste |

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön toimeksiantaja on Helsingin seudun ympäristöpalvelut. HSY on kuntayhtymä, jonka tärkeimpiin tehtäviin kuuluu pääkaupunkiseudun vesihuollon ja jätehuollon tarjoaminen. HSY toimittaa talousveden, puhdistaa jäteveden sekä järjestää jätteiden keruun ja käsittelyn pääkaupunkiseudun yli miljoonalle asukkaalle. Henkilökuntaa HSY:lla on noin 750. (HSY – puhtaasti parempaa arkea, 2014.)

Olen ollut kolme kesää työharjoittelussa HSY:n Sipoon Metsäpirtin kompostointikentällä, jossa pääkaupunkiseudun jäteveden puhdistusprosessissa syntyneet ja mädätetyt jätevesilietteet jatkojalostetaan avoaumakompostoinnilla multatuotteiksi sekä maanparannusaineiksi. Tyypillisesti Metsäpirtin kompostointikentällä kompostin tukiaineena on käytetty turvetta. Turpeen hinta on kuitenkin korkeahko ja sen saatavuus on heikentynyt. Lisäksi tukiaineita tarvitaan määrällisesti enemmän, sillä käsiteltävän lietteen määrä on noussut vuonna 2013. Nyt HSY onkin kiinnostunut kokeilemaan vaihtoehtoisia tukiaineita, joilla pystyttäisiin korvaamaan osa turpeesta kompostointiprosessissa.

Tämän työn tavoitteena on tutkia humuskuidun toimivuutta tukiaineena kompostoinnissa turpeen ohella. Humuskuitu on Joutsenon sellutehtaalla syntyvä sivutuotetta, jota ei voida hyödyntää varsinaisessa selluntuotannossa. Humuskuitua on saatavilla turvetta edullisempaan hintaan, jonka takia sen hyödyntäminen kompostointiprosessissa olisi HSY:lle taloudellisesti kannattavaa.

Humuskuidun soveltuvuutta kompostoinnin tukiaineeksi tutkitaan käytännönläheisesti kompostointikokeilla. Varsinaiseen kokeeseen kuuluu kolme kompostiaumaa, joihin jokaiseen on sekoitettu lietettä, turvetta sekä humuskuitua erilaisilla seossuhteilla. Kompostien kypsymistä seurataan muun muassa näyteanalyysillä sekä niiden lämpötiloja seuraamalla. Lisäksi koekomposteja ja niiden kypsymistä vertaillaan kompostiaumaan, johon on seostettu lietettä ja turvetta tavanomaisessa suhteessa. Kokeen tarkoituksena on tutkia humuskuidun käyttömahdollisuuksia tukiaineena ja samalla tutkia saavutetaanko tukiaineen suuremmalla osuudella todellisia hyötyjä kompostointiprosessissa tai lopputuotteessa. Kompostointikokeen tuloksia tutkittiin vuoden 2014 ensimmäisellä neljänneksellä.

2 KOMPOSTOINNIN TEORIAA

Kompostointi on biologinen prosessi, jossa mikrobin muodostama eliöyhteistö hajottaa orgaanista ainesta aerobisissa eli hapellisissa, kosteissa ja riittävästi lämpöeristetyissä olosuhteissa. Lopputuotteiksi syntyy hiilidoksidia, vettä, epäorgaanisia suoloja sisältävää materiaalia, lämpöenergiaa sekä humusta, jonka ravinteet ovat muiden eliöiden hyödynnettävissä. Kompostoinnilla pyritään stabiloimaan ja hygienisoimaan jätteitä säilyttämisen mahdollisimman paljon kasviraavinteita sekä vähentämään jätteiden tilavuutta. Kompostoinnilla voidaan myös puhdistaa jätteitä. (Gustaf Alm, 1993, 20; Paatero, Lehtokari & Kempainen, 1984, 21.)

Kompostoitavassa materiaalissa olevat mikrobit ja siihen ympäristöstä siirtyvät mikrobit sopeutuvat ympäröiviin olosuhteisiin nopeasti (Paatero ym. 1984, 21). Mikrobit alkavat hajottaa orgaanista ainesta ja niiden aineenvaihdunnan johdosta kompostimassa alkaa kuumeta. Eri mikrobilajit pystyvät toimimaan ja elämään vain tietyssä lämpötilassa ja ne voidaankin lajitella toimintalämpötilansa mukaan kolmeen eri ryhmään. Psykrofiilit mikrobit toimivat alle 20 asteessa, mesofiilit 20-40 asteessa ja termofiilit yli 40 asteessa. Kompostointiprosessi on tehokkaimmillaan 40-50 celsiusasteen lämpötiloissa ja yli 50 asteen lämpötilassa kompostimassa hygienisoituu. (Flink & Leppälä, 1997, 34.)

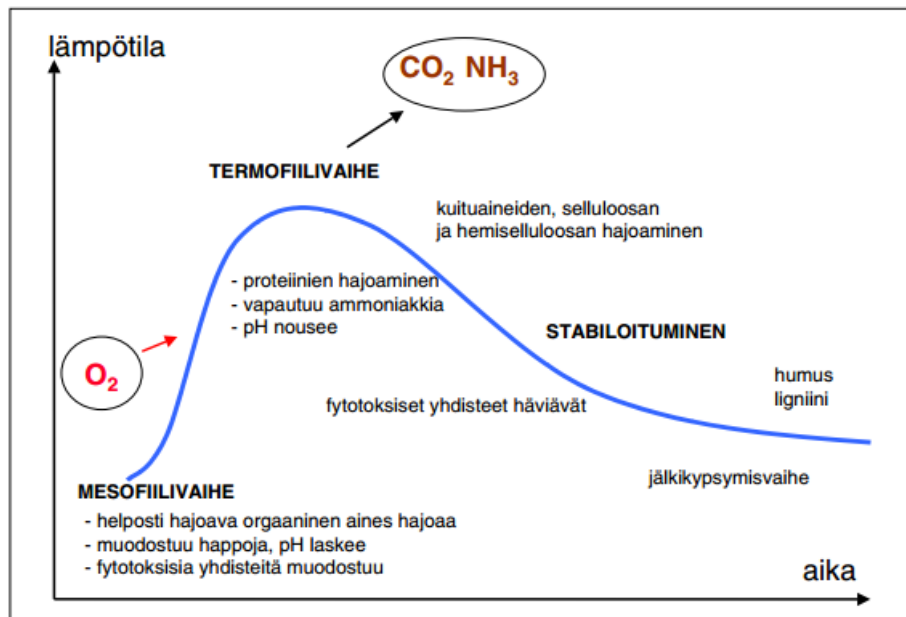
Kompostointimenetelmät voidaan jakaa käytännössä pienkompostointiin, aumakompostointiin sekä laitoskompostointiin, vaikkakaan tarkkaa jakoa eri ryhmiin ei voida tehdä. Pienkompostointia suoritetaan pienkiinteistöillä ja kesämökeillä, joissa kompostoitavana materiaalina on normaalissa elämässä syntyvät bio- ja puutarhajätteet. Aumakompostointi soveltuu suurien jätemäärien käsittelyyn. Aumakompostointia suoritetaan lähinnä maataloilla, turkistarhoilla ja yhdyskuntajätteen- sekä jätevesilietteen kunnallisilla käsittelypaikoilla. (Paatero ym. 1984, 78–79, 84.) Laitoskompostointi tulee kysymykseen suurten asutuskeskusten jätemäärien käsittelyssä, kun pyritään minimoimaan sekä tilan että ajankäyttö ja halutaan hallitumat olosuhteet muun muassa lämpötilalle, kosteudelle ja prosessikaasuille (Hänninen, Huotari & Malinen, 1992, 28). Eri kompostointimenetelmiä myös yhdistellään. Esimerkiksi laitoskompostointiin kuuluu yleensä jälkikypsyysvaihe, joka suoritetaan aumakompostoinnilla.

2.1 Kompostoinnin vaiheet

Kompostointiprosessi voidaan jakaa neljään eri vaiheeseen siinä toimivien mikrobin ja lämpötilamuutosten mukaan:

- mesofiilivaihe
- termofiilivaihe
- jäähtymisvaihe
- kypsyysvaihe.

Kuvassa 1 (s.3) on esitetty nämä vaiheet ja niissä esiintyviä hajoamisreaktioita.



Kuva 1. Kompostointiprosessin vaiheet (Itävaara, Vikman, Kapanen, Venelampi & Vuorinen, 2006, 7).

Kompostointiprosessin alussa mesofiilillä bakteereilla on paljon ravintoa käytettävissään. Ne hyödyntävät helposti hajoavia yhdisteitä, kuten sokeita, tärkkelystä ja proteiineja. (Hatakka, 2002, 493.) Lämpötila lähteekin mesofiilivaiheessa nopeaan nousuun jo muutamassa päivässä johtuen pieneliöiden räjähdysmäisestä lisääntymisestä. Kompostointiprosessin kannalta olisi optimaalista, että lämpötila nousisi nopeasti 50-55 asteeseen termofiilisten bakteerien alueelle. Tätä korkeammalle lämpötilan ei ole suotavaa nousta, sillä silloin kuumuus alkaa haihduttaa vettä kompostista. Liian korkea lämpötila aiheuttaa myös ammoniakin haihtumista. Toisaalta korkeat lämpötilat hygienisoivat kompostia. Lyhyeksikin ajaksi korkealle noussut lämpötila tuhoaa kompostissa olleet taudinaiheuttajat sekä suurimman osan rikkaruohon siemenistä. (Hovi, 1999, 22.)

Hovin (1992, 22-23) mukaan lämpötilan noustessa termofiilisten bakteerien alueelle, lisääntyvät kompostissa termofiiliset lahottajabakteerit, home sienet, sädesienet sekä hiivasienet. Ne käyttävät kompostointiaineksestä ravinnokseen helppoliukoiset hiilihydraatit eli tärkkelyksen ja hemiselluloosan, joista osa hajoaa orgaanisiksi hapoiksi. Happojen vapautuminen laskee pH:n arvoon 4-5. Valkuaisyhdisteiden voimistunut hajoaminen aminohapoiksi ja osittain ammoniakiksi nostaa kuitenkin pH:n nopeasti 8-9 tasolle.

Hajoaminen on vilkkaimmillaan vajaan kuukauden ikäisessä kompostissa, jolloin muodostuu paljon hiilidioksidia. Noin kuukauden ikäisessä kompostissa alkaa jäähtymisvaihe, jolloin lämpötila alkaa hiljalleen laskemaan. Tässä vaiheessa humusyhdisteiden muodostuminen on voimakkaimmillaan ja kompostiin alkaa myös hiljalleen muodostua nitraattia. Jäähtymisvaiheessa kompostin hiili/typpi-suhde on laskenut melko alas. (Hovi, 1992, 23.)

Kypsymisvaiheen aikana kompostiaines stabiloituu ja sen hapenkulutus vähenee olennaisesti. Nitraatinmuodostus kiihtyy kypsymisvaiheessa, jolloin typpi muuttuu kasveille helpommin hyödynnettävään muotoon nitraattitypeksi. Kypsymisvaihe jatkuu niin pitkään, kunnes kompostin lämpötila, hapenkulutus ja hiilidioksidin tuotto vakiintuvat tasolle, jossa suuria muutoksia ei enää tapahdu. Pääsääntöisesti kypsymisvaihe kestää noin kahdesta neljään kuukautta. Kypsällä kompostilla on humuksen ominaisuudet eikä se haise epämiellyttävälle. Kompostissa olleet eläimille ja kasveille myrkylliset organismit ovat kuolleet termofiilisen kuumavaiheen aikana ja hiili/typpi-suhde on pudonnut melko alas. (Hänninen ym. 1992, 25; Hovi, 1999, 23; Itävaara, Vikman, Kapanen, Venelampi & Vuorinen, 2006, 25.)

2.2 Kompostoitumiseen vaikuttavat tekijät

Paateron, Lehtokarin ja Kemppaisen (1984, 25) mukaan kompostointi on biologinen sukkessioilmiö. Kompostoitumisprosessi lähtee käyntiin vain jos ympäröivät olosuhteet mahdollistavat sen. Tärkeimpiä edellytyksiä kompostoitumiselle ovat syöttömateriaalien ravinteiden oikeat suhteet, riittävä hapensaanti, kosteus, lämmöneristys, ja prosessikaasujen, kuten hiilidioksidin poisto. Kaikkien edellytyksien on toteuduttava, tai muuten kompostoituminen ei onnistu halutulla tavalla. Näihin tekijöihin pystytään vaikuttamaan paljon muun muassa kompostointimenetelmän valinnalla, syöttömateriaalien esikäsittelyllä, erilaisilla ilmastusmenetelmillä ja kosteuden säätelyllä.

2.2.1 Hiili/typpi-suhde

Pieneliöt tarvitsevat hiiltä, typpeä ja energiaa omaa solunmuodostustaan varten. Toisin sanoen mikrobit tarvitsevat hiilihydraatteja, joista ne saavat hiiltä ja energiaa sekä proteiineja, joista ne saavat typpeä, hiiltä ja energiaa. Hiilen ja typen määrällistä suhdetta kutsutaan hiili/typpi-suhteeksi. Mikrobit tarvitsevat riittävän ja oikean määrän ravinteita, jotta hajoaminen on nopeaa ja kompostoituminen tapahtuu toivotulla tavalla. (Gustaf Alm, 1993, 22.)

Kompostin pieneliöt käyttävät hiiliyhdisteitä energianlähteenään ja typpeä solujensa rakennusaineena. Jos kompostissa on liikaa typpeä, siitä muodostuu ammoniakkia, mikä johtaa sen haihtumiseen ilmaan ja pH:n nousuun. Ammoniakin haju onkin merkki liian korkeasta typpipitoisuudesta. Liian vähäinen typpimäärä taas estää mikrobien solujen muodostamisen, joka ilmenee kompostointiprosessin hidastumisena. (Suomen Ympäristö-opas n.d.; Annele Hatakka, 2002, 493; Gerard Kielyn 1997, 658.)

Gerard Kielyn (1997, 658) mukaan optimaalinen hiili/typpi-suhde on noin 30:1. Erilaisia jätteitä yhdistelmällä pystytään luomaan ravinteiltaan tasapainoisia komposteja. Taulukossa 1 (s. 5) on lueteltuna suuntaa antavia suhde-lukuja. Niihin täytyy kuitenkin suhtautua varauksella, sillä muun muassa lietteiden ominaisuudet ovat pitkälti laitoskohtaisia.

Taulukko 1. Esimerkkejä kompostoitavien materiaalien hiili/typpi-suhteita ja typen pitoisuuksia kuiva-aineessa (Gerard Kiely, 1997, 658).

| Materiaali | Typpi % | C/N-suhde |
|-------------------------|---------|-----------|
| Puu | 0,07 | 700:1 |
| Paperi | 0,2 | 170:1 |
| Kasvien lehdet | 0,5-1 | 40-80:1 |
| Ruoho | 2,2 | 20:1 |
| Keittiöjäte (biojäte) | 2,0 | 25:1 |
| Ruokajäte | 2-3 | 15:1 |
| Lanta | 2.15 | 14:1 |
| Jätevesiliete | 5,6 | 6:1 |
| Mädätetty jätevesiliete | 1,9 | 16:1 |

2.2.2 Muut ravinteet

Fosfori on typen rinnalla toinen merkittävä kasviravinne. Suomessa fosfori yleensä saostetaan jätevedestä saostuskemikaaleilla jätevesilietteeneseen, minkä takia fosforia on kompostoitavassa lietteessä riittävästi. Myös monissa muissa kompostoitavissa jätteissä on fosforia riittävästi. Tästä johtuen fosforin määrään kompostissa ei tarvitse kiinnittää yhtä paljon huomiota, kuin typen ja hiilen määrään. Fosforia vapautuu hajoavassa materiaalis- samalla tavalla kuin typpeäkin. (Paatero ym. 1984, 29.)

Rikkiä, kalsiumia, kaliumia ja hivenravinteita on kompostoitavassa materiaalis- lähtökohtaisesti yleensä riittävästi. Niitä voidaan lisätä kompostituotteisiin maanaparannusvaikutuksen tehostamiseksi, mikäli lisäykselle on perusteltu tarve. (Paatero ym. 1984, 29.)

2.2.3 Lämpötila

Komposti lämpenee mikrobien tuottamalla lämpöenergialla. Kompostoinnin alussa lämpötila nouseekin nopeasti, sillä mikrobiologinen toiminta on vilkasta. Mikrobeilla on paljon helposti hyödynnettäviä ravinteita käytettävissään, jolloin kanta lisääntyy räjähdysmäisesti. Kompostin lämpötila onkin korkeimmillaan, kun mikrobiologista toimintaa on eniten. Kun mikrobit ovat käyttäneet suurimman osan ravinteista, niiden aktiivisuus vähenee ja komposti alkaa hiljalleen jäähtyä. Jäähdyttyään ympäristönsä lämpötilaan kompostia voidaan pitää jotakuinkin stabiilina, vaikka sen kypsyminen jatkuu vielä pitkään. (Paatero ym. 1984, 22; Itävaara ym. 2006, 7.)

Kompostoitumista tapahtuu laajalla lämpötila-asteikolla. Jotkin kompostin eliöstöstä voivat toimia jopa jäätyneessäkin kompostissa, kun taas termofiilit bakteerit voivat toimia jopa 70 asteessa (Hovi, 1999, 31). Hännisen, Huotarin ja Malisen (1992, 15) mukaan kompostoituminen on tehokkainta lämpötilan ollessa mahdollisimman monen mikrobin optimialueella. Tehokkaan kompostoitumisen kannalta lämpötilan ei ole kuitenkaan suotavaa nousta yli 60 asteen, sillä silloin lämpötila alkaa lähestyä mikrobiologisen toiminnan lämpötilamaksimia (Paatero ym 1984, 33).

Hygienisoitumisen kannalta mahdollisimman korkea lämpötila on edullista, sillä korkea lämpötila tuhoaa patogeeneit ja suurimman osan rikkaruohojen siemenistä varsin nopeasti. Kompostiin jää kuitenkin käytännössä aina osia, joissa lämpötila ei nouse riittävästi. Tällöin patogeenejä selviää hengissä ja ne voivat myös lisääntyä ja levitä kompostin jo hygienisoituneisiin osiin. Korkeita lämpötiloja voidaan hyödyntää kompostin hygienisoimisessa, mutta silloin se tapahtuu kompostoitumisen hidastumisen kustannuksella. (Paatero ym. 1984, 33 & 34; Hänninen ym. 1992, 15; Hovi, 1992, 23.)

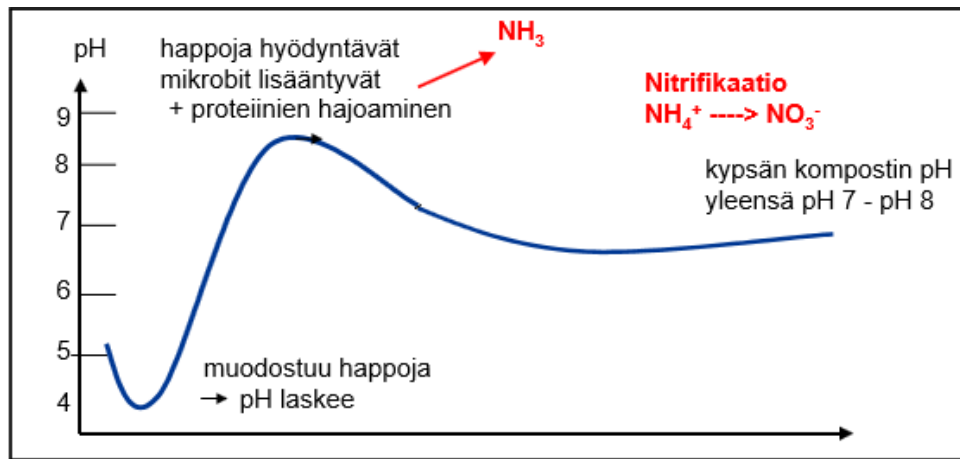
Kompostin lämpötilan nousu mahdollistetaan sillä, että lämpöä syntyy enemmän kuin sitä karkaa. Lämmön karkaaminen estyy, kun kompostoitava massa on tarpeeksi suuressa kasassa. Komposti toimii tällöin omana lämmöneristeenään. Kompostointi onnistuu talvisinkin, jolloin vaaditaan paksumpia eristyskerroksia eli suurempia kompostikasoja. On huomioitava, että liian suuressa kasassa olevan kompostin prosessikaasujen vaihtuminen hidastuu. Hyvän kompostointituloksen saavuttamiseksi onkin haettava kompromissi lämpötilan nousun ja ilmanvaihdon väliltä. (Paatero ym. 1984, 22 & 30; Hovi, 1992, 23.) Kompostin ilmastamisen yhteydessä kompostista vapautuu lämpöä, mutta lämpötila lähtee uudelleen nousuun mikrobien saadessa lisää happea käyttöönsä.

2.2.4 pH

Hänninsen, Huotarin ja Malisen (1992, 14) mukaan kompostointiprosessin alussa polysakkaridien ja sellulosaan hajoamisen välituotteina muodostuu orgaanisia happoja. Happojen muodostuminen johtaa pH:n laskuun. Mikrobit saavat orgaanisista hapoista uutta ravintoa. Happojen hajotessa edelleen muodostuu ammoniakkaa, mikä johtaa kompostin pH:n nousuun. pH nousee nopeahkosti jopa arvoon 9, jonka jälkeen pH tasaantuu ajan kanssa välille 7-8. Kuvasta 2 (s. 7) nähdään pH-arvon muutokset kompostoinnin edetessä.

Kompostissa on monia eri mikrobisukuja, jotka pystyvät hajottamaan kompostia todella laajalla pH alueella. Orgaanisen aineen hajoamista voi tapahtua pH 3-11 välillä. Useimmat bakteerit selviävät kuitenkin parhaiten kompostissa, jonka pH on lähellä seitsemää. Sienillä pH-alue on laajempi, mutta ne taas menestyvät parhaiten pH:n ollessa alle 6. Jotta mahdollisimman moni hajottaja toimii kompostissa, olisi kompostin pH:n suotavaa pysytellä noin 5,5-8 välillä. (Alm ym. 1993, 44.)

Kompostin pH:n säätämisestä ja sen kannattavuudesta ollaan montaa eri mieltä. Hänninen, Huotari & Malinen (1992) kertoo muun muassa Golouken (1991) sekä Biddlestonen ja Grayn (1985) olevan sitä mieltä ettei pH:n säätöön kannata nähdä paljoa vaivaa. Toisaalta Kubota ja Nakasaki (1991) on sitä mieltä, että kompostointiprosessi nopeutuu jos kompostin pH pidetään yli seitsemässä (Hänninen ym. 1992, 18.)



Kuva 2. pH:n muutokset kompostoinnin aikana (Albers, Helle, Varpula, Itävaara, Kapanen & Vikman, 2003, 13).

2.2.5 Happi

Kompostointi on aerobinen prosessi, eli riittävä määrä happea tulee olla mikrobin käytettävissä. Kompostin aerobiset mikrobit käyttävät soluhengityksessään ilmakehän happea energiaa tuottavissa katabolisissa reaktioissaan. Hapen tarve vaihtelee muun muassa kompostoitumisvaiheen mukaan. Hajotustoiminnan ollessa vilkkaimmillaan myös hapen kulutus on suurin. Kypsymisvaiheessa hapenkulutus vähenee ja lopulta vakiintuu tasolle, jossa suuria muutoksia ei enää tapahdu. (Paatero ym. 1984, 30; Hänninen ym. 1992, 14-15; Itävaara ym. 2006, 25.)

Kompostin riittävä hapensaanti ja palamistuotteena syntyvän hiilidioksidin poistuminen varmistetaan kompostin ilmavalla rakenteella. Happi ja hiilidioksidi liikkuvat kompostoitavassa materiaalissa pääasiassa diffuusion avulla, joka on verrattain hidasta. Kompostin huokoisella rakenteella luodaan laaja, kompostin sisäosiinkin ylettyvä ilmakanavisto, mikä edesauttaa hapen ja hiilidioksidin vaihtumista kompostin sisäosissa. (Paatero ym. 1984, 30.)

Kompostoitavan materiaalin suuri partikkelikoko auttaa ilmakanaviston luomiseen ja mahdollistaa yleensä korkeamman kosteuspitoisuuden käytön. Suurten partikkelikoon haittapuolena on se, että varsinkin kompostin sisäosissa oleviin partikkeleihin jää helpolla anaerobisia osia. Pienissä kompostipartikkeleissa on puolestaan suhteessa enemmän kosketuspinta-alaa ilman kanssa ja siten on epätodennäköisempää, että niiden sisäosat jäisivät hapettomiksi. Toisaalta hienojakoista ainetta kompostoitavassa kosteuspitoisuuden noustessa lähelle kriittistä pitoisuutta vapaan tilan määrä vähenee rajusti. Optimaalisten olosuhteiden saavuttamiseksi täytyykin löytää kompromissi, jossa happea kulkeutuu sekä kompostin sisälle, että itse partikkeleiden sisäosissa. (Paatero ym. 1984, 32.)

Käytännössä aina kompostin riittävä hapensaanti varmistetaan erilaisilla ilmastustekniikoilla. Paateron, Lehtokarin ja Kemppaisen mukaan laitostamittakaavassa aumakompostoinnissa voidaan käyttää muun muassa seuraavia ilmastustekniikoita:

- auman kääntö esimerkiksi pyöräkuormaajilla
- auman kääntö työhön erityisesti suunnitellulla työkoneella
- aumojen ilmastus puhaltamalla kompostoitavaan materiaalin ilmaa kompressorilla
- aumojen ilmastus imemällä kompostin läpi ulkoilmaa.

Ilmastamiseen voidaan käyttää edellä mainittuja menetelmiä tai niiden yhdistelmiä. Ilmastusmenetelmän valintaan vaikuttaa muun muassa kompostointimenetelmä, kompostoitava materiaali ja sen määrä, kompostiaumojen koko sekä kääntöjen määrän tarve. Pyöräkuormaaja soveltuu pienemmillä määrillä, kun taas aumankääntökone on omiaan, kun käännettäviä aumoja on monia.

Kotitalouksissa ja kesämökeillä olevien pienkompostien kääntäminen täytyy tehdä vaikkapa talikkoa käyttäen vähintään muutaman kerran vuodessa ennen ja jälkeen talven. Muuten komposti painuu kasaan, jolloin hapensaanti vähenee eikä hiilidioksidi pääse poistumaan. (Paatero ym. 1984, 80 – 113.)

2.2.6 Kosteus

Kompostissa täytyy olla riittävä määrä kosteutta, sillä mikro-organismit pystyvät toimimaan ja lisääntymään ainoastaan vesiliuoksessa. Mikrobien toiminnan kannalta vesipitoisuudella ei ole ylärajaa, mutta kompostissa liian suuri vesipitoisuus estää hapen kulkeutumisen. Liian suuri kosteuspitoisuus hidastaa myös kompostin lämpiämistä, sillä ylimääräisen kosteuden haihduttamiseen kuluu paljon energiaa. Haihtumisen johdosta kompostin kosteuspitoisuus laskee kompostoitumisen edetessä, ellei sen kosteutta säädellä lisäkastelulla. (Paatero ym. 1984, 29; Hänninen ym. 1992, 13-14.)

Teoriassa olisi optimaalista käyttää suurinta mahdollista vesipitoisuutta, jossa hapen kulku ei esty. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että kosteuspitoisuuden tulisi olla välillä 30-75% riippuen kompostoitavista materiaaleista. Kompostoitaaessa kokoonpainumattomia ja huokoisia materiaaleja voidaan käyttää suurempaa kosteuspitoisuutta kuin kokoonpainuvalla ja tiiviillä materiaalilla. (Paatero ym. 1984.) Kuvassa 3 (s. 11) on havainnollistettu sopivan kosteuspitoisuuden merkitystä.

Kosteuden säädön tarve on kompostikohtaista. Märkkää materiaalia kompostoitaaessa ei luonnollisestikkaan tarvita lisäkastelua. Esimerkiksi erilaiset lietteet ovat usein niin märkiä, että tukiaineita ei käytetä vain antamaan rakennetta vaan myös kuivattamaan kompostoitavaa materiaalia imemällä siitä kosteutta. Usein lisäkastelua kuitenkin vaaditaan, sillä kompostointi ei lähde käyntiin liian kuivissa olosuhteissa. Aumakompostoinnissa kastelu kannattaa tehdä auman käännon yhteydessä. Reaktorikompostoinnissa kosteudensäätökin on helpompaa ja hallitumpaa, kuin ulkoilmassa tapahtuvan kompostoinnin. Pienkompostien kastelu onnistuu vaikkapa kastelukannulla sadevettä käyttäen. (Paatero ym. 1984, 80, 139.)

3 JÄTEVESILIETTEEN KOMPOSTOINTI

Suomessa yhdyskuntien jätevedet puhdistetaan useimmissa jätevedenpuhdistamoissa kolmivaiheisessa prosessissa mekaanisesti, kemiallisesti sekä biologisesti. Prosessin ydin on aktiiviliete, joka kiertää prosessissa. Lietteen määrä kuitenkin lisääntyy jatkuvasti, joten ylimääräinen liete joudutaan poistamaan ylijäämalietteenä. Tätä puhdistamolietettä syntyy Suomessa jätevedenpuhdistamoilla noin miljoona kuutiota vuodessa. Liete on fosfori- ja typpirikasta orgaanista ainesta, jota voidaan käsiteltynä hyödyntää maanparannusaineena ja viherrakentamisessa. Lietteitä syntyy jätevedenpuhdistamoiden lisäksi haja-asutusalueilla sako- ja umpikaivolietteinä. Lisäksi maataloudesta ja karjataloudesta syntyy paljon lantaa ja lietteitä, joilla on hyvin pitkälti samoja ominaisuuksia kuin jätevesilietteilillä. (Puhdistamolietteen käyttö maataloudessa, 2013, 4; Vihersaari, 2003, 2-3; Hänninen ym. 1992, 64.)

Lietettä kompostoimalla voidaan valmistaa maanparannuskompostia tai kompostimultaa. Maanparannuskompostilla tarkoitetaan lietteestä valmistettua lannoitevalmistetta. Maanparannuskomposti ei sellaisenaan sovi kasvualustaksi, vaan sitä levitetään köyhtyneelle kasvualustalle tehostamaan kasvua. Maanparannuskompostista voidaan jatkojalostaa kompostimultaa lisäämällä siihen hiekkaa tai muuta kivennäisainesta. Kompostimulta puolestaan soveltuu kasvualustaksi. (Maanparannuskompostin tuoteselosteen laatimisoheje, n.d.)

3.1 Lietteen käyttöä rajoittavat tekijät

Lietettä on sellaisenaan ennen käytetty kaatopaikkojen rakenteissa sekä maanviljelyssä, mutta tiukentuneet lainsäädännölliset määräykset ja ehdot ovat rajoittaneet käsittelemättömän lietteen käyttöä. Käsittelemättömässä puhdistamolietteenä on ihmisille, eläimille ja kasveille tauteja aiheuttavia mikrobeja, runsaasti helposti hajoavaa orgaanista ainesta, epäorgaanisia haitta-aineita sekä haitallisia metalleja. Haitallisia aineita kulkeutuu jätevedenpuhdistamoille pääosin yhdyskunnista, teollisuudesta, kotitalouksista sekä hulevesistä. Lietteeseen päätyvien haitta-aineiden määrä ja koostumus vaihtelevat riippuen jäteveden alkuperästä ja laitospohjaisesta käsittelystä. (Puhdistamolietteen käyttö maataloudessa, 2013, 9 & 30; Puhdistamoliete n.d; Hänninen ym. 1992, 64.)

Liete tulee aina käsitellä ennen sen käyttöä maanparannusaineena tai viherrakennuksessa, jotta sitä on turvallista käyttää ja, että se täyttää lainsäädännön määräämät kriteerit ja laatuvaatimukset. Kompostointi on vain yksi vaihtoehto lietteiden käsittelyyn. Muita hyväksi todettuja keinoja ovat esimerkiksi mädätys, terminen kuivaus ja kalkkikäsittely tai useiden eri käsittelymenetelmien yhdistäminen. (Puhdistamolietteen käyttö maataloudessa, 2013, 4 & 30.) Kompostointiprosessin etuna muihin käsittelymenetelmiin verrattuna on sen sängen yksinkertainen tekniikka. Kompostointi ei välttämättä vaadi kalliita laitosinvestointeja, vaan sitä voidaan pienemmissä mittakaavoissa tehdä varsin alkeellisillakin työkaluilla ja työkaluilla.

3.1.1 Raskasmetallit

Jätevesilietteet sisältävät hyvin vaihtelevia määriä eri raskasmetalleja. Raskasmetallit ovat pysyviä ja kertyvät maahan. Monet niistä kertyvät tehokkaasti ravintoketjussa, minkä takia pienikin metallipitoisuus voi lisätä huomattavasti annoksen määrää ravintoketjun loppupäässä. Raskasmetallien pitoisuuksiin kiinnitetään paljon huomiota, sillä osa niistä voi olla jo pieninäkin pitoisuuksina ihmisille, eläimille ja kasveille hyvin myrkyllisiä. Erittäin haitallisina pidetään kadmiumia, elohopeaa ja lyijyä. On kuitenkin huomioitava, että osa raskasmetalleista on kasveille, eläimille ja ihmisille tärkeitä hivenaineita. (Levinen, 1990, 49.)

Kompostoinnilla ei juurikaan voida vaikuttaa tai vähentää raskasmetallien määrää, mutta lainsäädäntö velvoittaa tarkkailemaan maataloudessa tai viiherrakentamisessa käytettävän kompostin sisältämiä raskasmetallipitoisuuksia. Taulukossa 2 on listattuna maa- ja metsätalousministeriön asetuksen lannoitevalmisteista 24/11 ja sen muutoksien asettamat rajat lannoitevalmisteiden raskasmetallien enimmäispitoisuuksille.

Taulukko 2. Haitallisten metallien enimmäispitoisuudet lannoitevalmisteissa. Kuparin ja sinkin ylitys voidaan sallia, kun maaperäanalyysin perusteella on todettu puute kuparista tai sinkistä. (MMM lannoitevalmisteista 24/11).

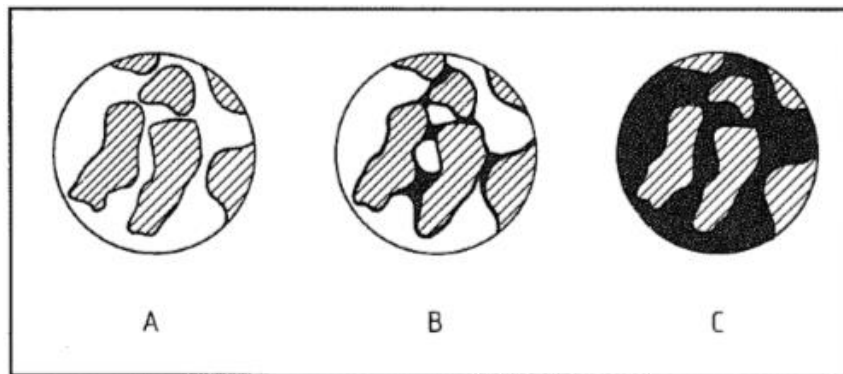
| Alkuaine | Enimmäispitoisuus mg/kg kuiva-ainetta |
|-----------------|--|
| Arseni | 25 |
| Elohopea | 1 |
| Kadmium | 1,5 |
| Kromi | 300 |
| Kupari | 600 |
| Lyijy | 100 |
| Nikkeli | 100 |
| Sinkki | 1500 |

3.1.2 Hygienisointi

Jätevesiliete sisältää suolistoperäisiä taudinaiheuttajia. Kompostoinnilla hygienisointi saavutetaan ylläpitämällä riittävää lämpötilaa kompostoitavan massan ollessa tarpeeksi kosteaa. Raimo Lilja (1994) kertoo Richard Feachemin (1983) olevan sitä mieltä, että patogeenit tuhoutuvat, kun lämpötila pysyttelee 45 °C noin 200 tunnin ajan. On kuitenkin huomioitava, ettei komposti lämpene kauttaaltaan tasaisesti, jolloin patogeeneja saattaa selvitä hengissä ja ne voivat myös lisääntyä kompostissa. Kompostin hygienisyyttä seurataan tutkimalla ulosteperäisten *Escherichia coli*-bakteerien ja salmonellan määrää. Lannoitevalmisteasetuksessa *E-coli* bakteerien ylärajaksi asetetaan 1000 pesäkettä muodostavaa yksikköä per gramma lannoitevalmistetta. Salmonellaa valmiissa kompostituotteessa ei saa esiintyä ollenkaan. (Puhdistamolietteen käyttö maataloudessa, 2013, 10-31; MMM asetus lannoitevalmisteista 24/11; Paatero ym. 1984, 43; Lilja, 1994, 31.)

3.2 Tukiaineet kompostissa

Jätevesiliete ei sovellu sellaisenaan kompostoitavaksi, johtuen sen kosteudesta, tiiviystä ja kokoonpainuvuudesta. Helpoimmin kyseiset ongelmat ratkaistaan seostamalla lietteeseen tukiainetta. Tukiaineen tehtävänä on kuivattaa kompostia ja muodostaa kompostiin huokoinen rakenne ilmanvaihdon parantamiseksi (kuva 3). Tukiaineiden käyttö tasapainottaa kompostin hiili/typpi-suhdetta, sillä niiden hiilipitoisuus on yleensä korkea. Tukiaineeksi sopii esimerkiksi puuhake, puunkuori, sahanpuru, turve, olki ja puunlehdet. Tukiaineena voidaan käyttää myös esimerkiksi muovinpalasia, jos ne seulotaan lopputuotteesta pois. (Hänninen ym. 1992, 16; Paatero ym. 1984, 136.)



Kuva 3. Tukiaineet kuivattavat kompostia ja mahdollistavat ilmavan rakenteen. Liian kuivassa kompostissa mikrobit eivät pysty lisääntymään (A). Adheesiovoimin partikkeleiden pintoihin ja väleihin kiinnittynyt vapaa vesi luo hyvän elinympäristön mikrobeille (B). Jos komposti on liian kosteaa ja tiivistä, huokokset tukkeutuvat estäen hapen kulun (C). (Paatero ym. 1984, 31.)

Jätevesiliete ja tukiaine tulee sekoittaa keskenään mahdollisimman tasaisesti. Tukiainetta tulisi olla kompostin jokaisessa osassa, jotta syntyisi riittävä ilmakanavisto parhaimman kompostointituloksen saamiseksi. Sekoitukseen on olemassa monia eri tekniikoita. Parhaimpaan sekoitustulokseen päästään varta vasten sekoittamiseen suunnitetuilla rumpu-, lapa- ja ruuvisekoittimilla. Pienemmässä mittakaavassa sekoituksen voi tehdä hyvin esimerkiksi kauhakuormaajalla tai käsityökaluin latomalla seosaineita keroksittain. (Paatero ym. 1984, 78.)

Tukiaineet tuovat kompostointiprosessiin lisäkustannuksia. Tukiaineiden käyttö kasvattaa käsiteltävän kompostimassan tilavuutta ja siten myös käsittely- ja kuljetuskustannuksia. Taloudellisuuden ja ympäristön kannalta on suotavaa, että tukiaineena käytetään mahdollisuuksien mukaan lähellä syntyvää jätettä, jolloin kuljetuskustannukset jäävät mahdollisimman pieniksi. (Hänninen ym. 1992, 16; Paatero ym. 1984, 139.)

Kompostoinnin kustannusten vähentämiseksi tulee tukiaineiden määrä minimoida, kuitenkin siten, että kompostointi tapahtuu halutusti ja nopeasti. Reaktorikompostoinnissa on paremmat mahdollisuudet tukiaineen määrän vähentämiseen, kuin aumakompostoinnissa. Reaktorikompostoinnissa on hallitummat olosuhteet kosteudelle, hapelle ja lämpötilalle, minkä takia reaktorissa pystytään käsittelemään melko märkiäkin jätteitä. Tukiainekus-

tannuksia voidaan vähentää kierrättämällä tukiaineita. Kierrätyskompostoinnissa hyödynnetään kompostista mekaanisesti erotetut tukiaineet uudelleen. Kierrätyskompostointia voidaan soveltaa sekä auma- että reaktorikompostointiin. (Hänninen ym. 1992, 16 & 29; Paatero ym. 1984, 140.)

3.2.1 Turve

Turvetta käytetään kompostoinnissa tukimateriaalina sen kosteudenpidätyskyvyn vuoksi. Turpeen heikkoutena on sen kokoonpainuvuus, minkä takia sitä voidaan joutua käyttämään suhteessa enemmän, kuin esimerkiksi puunkuoriketta. Kokoonpainuvuudestaan huolimatta turve luo ilmavan rakenteen kompostille. Turve sitoo hyvin lietteestä peräisin olevia ja kompostointiprosessissa syntyneitä hajuja. Lisäksi turve imee itseensä kompostista liukenevia aineita. (Turve edistää kompostointia n.d; Paatero ym. 1984, 138.)

3.2.2 Puunkuorike ja puuhake

Puupohjaisia tukiaineita käytetään kompostoinnissa niiden jäykkyyden ja kosteuden imukykyensä takia. Ne eivät turpeen tapaan painu kasaan, vaan pitävät alkuperäisen rakenteensa hyvin. Jäykän rakenteen ansiosta happi pääsee kiertämään kompostissa hyvin. Puuhake ja puunkuori sisältävät ligniiniä ja selluloosaa, minkä takia ne hajoavat kompostissa hitaasti. (Paatero ym. 1984, 138.)

Puupohjaisia materiaaleja, jotka soveltuisivat hyvin kompostoinnin tukiaineiksi, käytetään kuitenkin paljon energiantuotannossa, sillä niillä on hyvä palamisarvo. Hyvän energia-arvon takia niillä on usein liian kova hinta kompostoinnin tukiaineeksi. Jätteenkäsittelyalueilla vastaanotettavaa puujätettä murskataan energiakäyttöä varten, mutta myös jonkin verran kompostoinnin tukiaineeksi. (Paatero ym. 1984, 138; Näin jätteet kiertävät n.d.)

3.2.3 Kierrätyskompostointi

Kierrätyskompostoinnilla tarkoitetaan kompostointiprosessia, jossa tukiaineena käytetään kompostituotteesta mekaanisesti, esimerkiksi seulomalla erotettua tukiainetta tai kompostituotetta sellaisenaan. Ideana kierrätyskompostoinnissa on hyödyntää hitaammin kompostoituvia materiaaleja uudelleen tukiaineena. Esimerkiksi puupohjaisissa tukiaineissa, kuten puuhakkeessa on hitaahkosti hajoavaa ligniiniä ja selluloosaa, minkä takia varsinainen kompostoitava jäte voi hajota tukiainetta nopeammin. Kierrätyskompostoinnilla hyödynnetään tukimateriaalin rakennetta antavat ominaisuudet uudelleen, jolloin tukiaineen kokonaismäärän tarve vähenee, mikä johtaa säästöihin tukiainekustannuksissa. (Paatero, 1984, 140.)

Tukiainekustannuksien lisäksi kierrätyskompostoinnilla on toinen oleellinen etu. Kierrätettävä tukiaine tai kompostimateriaali sisältää kompostiprosessille edullisia bakteerikantoja, jotka siirtyvät tukiaineen mukana kompostoitavaan materiaaliin. Tämä niin kutsuttu mikrobiympäys vauh-

dittaa ja edistää kompostoitumisen käynnistymistä eli vähentää prosessin kokonaisaikaa. (Lietteenkäsittelyn nykytila Suomessa ja käsittelymenetelmien kilpailukyky – selvitys 2007, 15.)

4 LAINSÄÄDÄNTÖ

Jätevesilietteiden kompostointia säätelee lannoitevalmistelaki 539/2006 sekä Maa- ja metsätalousministeriön asetus lannoitevalmisteista 24/11. Alla on käsitelty lannoitevalmistelain olennaisimmat kohdat jätevesilietteen kompostoitumisen kannalta. Lannoiteasetuksessa on asetettu rajat muun muassa raskasmetalleille ja kompostin hygieenisyydelle, joita käsiteltiin luvussa 3.

4.1 Lannoitevalmistelaki

”Lannoitevalmisteella tarkoitetaan lannoitteita, kalkitusaineita, maanparannusaineita, kasvualustaoja, mikrobivalmisteita sekä lannoitevalmisteenä sellaisenaan käytettäviä sivutuotteita” (L539/2006 1:4§).

”Lannoitevalmisteiden on oltava tasalaatuisia, turvallisia ja käyttötarkoitukseensa sopivia ja niiden tulee täyttää lannoiteasetuksessa, sivutuoteasetuksessa ja tässä laissa sekä sen nojalla annetuissa säädöksissä asetetut vaatimukset. Lannoitevalmiste ei saa sisältää sellaisia määriä haitallisia aineita, tuotteita tai eliöitä, että sen käyttöohjeiden mukaisesta käytöstä voi aiheutua vaaraa ihmisten tai eläinten terveydelle tai turvallisuudelle, kasvien terveydelle taikka ympäristölle. Lannoitevalmisteiden raaka-aineiden tulee olla turvallisia ja sellaisia, että niistä valmistetut lannoitevalmisteet täyttävät niille asetetut laatuvaatimukset.” (L539/2006 2:5§.)

4.1.1 Toiminnan harjoittaminen

”Toiminnanharjoittajalla on oltava asianmukaiset tilat, laitteet ja kalusto lannoitevalmisteiden ja niiden raaka-aineiden valmistukseen, säilytykseen ja kuljetukseen. Toiminnanharjoittajan on noudatettava riittävää huolellisuutta ja varovaisuutta lannoitevalmisteiden ja niiden raaka-aineiden käsittelyssä, käytössä, kuljetuksessa ja varastoinnissa terveysturva-, turvallisuus- ja ympäristöhaittojen ehkäisemiseksi.” (L539/2006 2:5§.)

”Toiminnanharjoittajan on järjestettävä toimintansa siten, -- että toiminnasta ei aiheudu vaaraa ihmisten tai eläinten terveydelle tai turvallisuudelle, kasvien terveydelle taikka ympäristölle” (L539/2006 3:10§).

”Toiminnanharjoittajan on tehtävä Elintarviketurvallisuusvirastolle kirjallinen ilmoitus toiminnastaan, toiminnassa tapahtuvista olennaisista muutoksista ja toiminnan lopettamisesta. Toiminnanharjoittajan, joka valmistaa tai käsittelee teknisesti lannoitevalmisteita, on varattava valvontaviranomaiselle tilaisuus tarkastuksen suorittamiseen ennen toiminnan aloittamista.” (L539/2006 3:11§.)

”Toiminnanharjoittajan pidettävä toiminnastaan ajan tasalla olevaa tietoa, josta on voitava vaikeuksista selvittää valvontaa varten tarpeelliset tiedot. Tiedostoon on merkittävä lannoitevalmisteiden ja niiden raaka-aineiden ostot ja alkuperä, kuinka paljon lannoitevalmisteita ja niiden raaka-aineita on teknisesti käsitelty ja valmistettu, lannoitevalmisteiden ja niiden raaka-aineiden myynnit ja muut luovutukset sekä varastointipaikat. Tiedostoon on lisäksi merkittävä maahan tuotujen ja maasta vietyjen lannoitevalmisteiden ja niiden raaka-aineiden määrät.” (L539/2006 3:11§.)

”Toiminnanharjoittajan on tunnettava lannoitevalmisteiden laadun kannalta kriittiset valmistus- ja käsittelyvaiheet, jotta toiminnasta ei aiheudu vaaraa ihmisten tai eläinten terveydelle tai turvallisuudelle, kasvien terveydelle taikka ympäristölle. Toiminnanharjoittajan on valvottava säännöllisesti valmistuksen ja käsittelyn kriittisiä vaiheita (*omavalvonta*). Omavalvonnasta on laadittava kirjallinen suunnitelma, joka on toimitettava Elintarviketurvallisuusvirastolle.” (L539/2006 3:11§, 15§.)

4.1.2 Viranomaiset ja valvonta

”Lannoitevalmistelain, lannoiteasetuksen ja sivutuoteasetuksen yleinen ohjaus ja valvonta kuuluvat maa- ja metsätalousministeriölle. Säännösten ja määräysten noudattamisen valvonnasta ja valvonnan järjestämisestä vastaa Evira, joka käyttää valvonnassa apunaan työvoima- ja elinkeinokeskusten maaseutuosastoja.” (L539/2006 4:16§, 17§.)

”Eviran laboratorio toimii lannoitevalmistevalvontaan ja omavalvontaan liittyvien analyysien virallisena laboratoriona. Toiminnanharjoittajan omavalvontaan liittyvät analyysit voidaan tehdä myös muussa Eviran hyväksymässä laboratoriossa. Evira pitää hyväksytyistä laboratorioista julkiseen käyttöön tarkoitettua luetteloa.” (L539/2006 4:19§.)

”Lannoitevalmisteita ja niiden raaka-aineita on valvottava tasapuolisesti ja säännöllisesti. Valvontatoimenpiteiden on oltava tarkoituksenmukaisia. Valvontaa on tarvittaessa tehostettava ja valvontaviranomaisen on tarvittaessa annettava toiminnanharjoittajille tarpeellisia ohjeita ja kehotuksia vaatimusten noudattamisesta.” (L539/2006 5:20§.)

”Eviran on laadittava vuosittain valvontasuunnitelma valvonnan järjestämisestä. Valvontasuunnitelman on määritettävä suoritettavat tarkastukset, valvontakohdetyypit ja tarkastustiheys. Lisäksi suunnitelmassa on esitettävä valvontakohdetyyppien riskinarvioinnin perusteet ja suunnitelman toteutumisen arvioinnin perusteet.” (L539/2006 5:23§.)

4.1.3 Lannoitevalmisteen tyyppinimi ja merkintä- ja pakkausvaatimukset

”Vain sellaisia lannoitevalmisteita, joiden tyyppinimi kuuluu joko kansalliseen lannoitevalmisteiden tyyppinimiluetteloon tai Euroopan yhteisön lannoitetyyppien luetteloon, saa tuoda maahan, saattaa markkinoille tai valmistaa markkinoille saattamista varten.” (L539/2006 2:6§.)

”Lannoitevalmisteessa, joka saatetaan markkinoille, on oltava tuoteseloste. Tuoteselosteessa on annettava kirjallisesti tiedot lannoitevalmisteen tyyppi- ja kaupanimestä, ominaisuuksista, käytöstä, koostumuksesta, valmistajasta ja maahantuojasta. Tuoteselosteessa voidaan antaa myös muita tietoja, jos ne ovat yksiselitteisiä, mitattavissa ja perusteltavissa eivätkä ne voi johtaa lannoitevalmisteen lopullista käyttäjää harhaan. Tuoteseloste on painettava tai kiinnitettävä lannoitevalmistepakkaukseen. Irtotavarassa tuoteseloste voidaan kuitenkin liittää lannoitevalmisteen mukana seuraaviin asiakirjoihin ja sen tulee olla helposti saatavilla valvontaa varten.” (L539/2006 2:8§.)

4.2 Muu lainsäädäntö

Terveysturvallisuusasetuksen (1280/1944) 4. luvun 13 §:n mukaan talous- ja käymäläjätteiden kompostointi tulee järjestää niin, ettei siitä aiheudu hajua tai maaperän tai talousveden likaantumisen vuoksi terveyshaittaa. Eläinten pääsy kompostiin on estettävä.

4.3 Ympäristölupa

Kompostointitoiminta Metsäpirtin kompostointikentällä on ympäristöluvanvaraista toimintaa. Luvan vaatimista perustellaan muun muassa ympäristönsuojelulain (2000/86) mukaisella maaperän pilaamiskiellolla (7§), pohjaveden pilaamiskiellolla (8§), yleisellä luvanvaraisuudella (28§) sekä lain eräistä naapurisuhteista (4.2.2000/90) pykälän 17 mukaan, jossa kielletään aiheuttamasta kohtuutonta haittaa naapureille ja lähistöllä asuville muun muassa lian, pölyn, hajun ja melun vaikutuksilla.

Kentällä syntyy ajoittain lieviä hajuhaittoja. Hajuhaittoja syntyy lähinnä tuoreiden kompostiaumojen kääntöjen yhteydessä, eli noin kerran kuukaudessa kevästä syksyyn. Hajuhaittoja tutkitaan vuosittain järjestettävässä hajupaneelissa, jossa tutkitaan aiheutuneita hajuhaittoja kentän lähiympäristössä. Pölyä syntyy kuivalla kaudella, jota estetään kentän harjauksella ja pesulla. Pohjavesien tilaa seurataan säännöllisesti.

5 KOMPOSTOINTIKENTÄN KUVAUS

Metsäpirtin kompostointikenttä aloitti toimintansa vuonna 1994. Kenttä sijaitsee Sipoossa noin 30 kilometrin etäisyydellä Helsingistä. Metsäpirtin kompostointikentällä käsitellään nykyisin vuosittain noin 82 000 tonnia jätevesilietettä. Alunperin kentällä käsiteltiin Viikinmäen jätevedenpuhdistamon jätevesilietettä, mutta vuoden 2013 kesästä alkaen kentällä on käsitelty myös Espoon Suomenojan jätevedenpuhdistamolla syntyneet jätevesilietteet. (Metsäpirtin kompostointikentän omavalvontasuunnitelma, 2014.)

Pinta-alaltaan noin 18,5 hehtaarin kenttä on kauttaaltaan päällystetty vedenpitävällä kumibitumivaluasafaltilla. Ympäristöluvassa vaaditaan sade- ja prosessivesien talteenotto sekä käsittely. Kompostointikenttä on kallis-

tettu 1-2% ympäröiviä oja kohti, josta vedet kerätään kentän alaosaan olevaan tasausaltaaseen. Tasausaltaasta vedet pumpataan Viikinmäen jätevedenpuhdistamolle puhdistettavaksi. (Metsäpirtin kompostointikentän omavalvontasuunnitelma, 2014.) Kuvassa 4 on ilmakuva kentästä.



Kuva 4. Ilmakuva Metsäpirtin kompostointikentästä. Säännöllisesti otettuja ilmakuvia käytetään karttoina. Ne helpottavat töiden suunnittelua ja kompostiaumojen seuranta. (Kuva: Markku Korja)

5.1 Kentän toiminta

Metsäpirtin kompostointikentällä kompostoidaan pääkaupunkiseudulla syntyneet jätevesilietteet turpeen kanssa avoaumakompostoinnilla. Lietteet kuljetetaan Viikinmäen ja Suomenojan jätevedenpuhdistamoilta kuorma-autoilla kompostointikentälle. Kompostiseosta kompostoidaan mekaanisesti ilmastamalla niin kauan, että se voidaan todeta kypsäksi viranomaisten hyväksymällä testimenetelmällä. Kompostia voidaan käyttää maanparannusaineena viljelyskäytössä sellaisenaan, tai siitä voidaan jalostaa multaa seulomalla se ja lisäämällä siihen hiekkaa sekä biotiittiä.

Kompostointikentän käytännön työt on jaettu urakkakokonaisuuksina useammalle eri urakoitsijalle. Yksi urakoitsija hoitaa kompostin sekoittamisen sekä kentän kunnossapidolliset tehtävät. Toinen urakoitsija kääntää kompostiaumoja ja kolmas seuloo valmiit tuotteet mullaksi. Lisäksi materiaalien sekä valmiiden tuotteiden kuljetuksissa käytetään eri urakoitsijoita.

5.1.1 Sekoitus

Liete sekoitetaan tukiaineiden kanssa homogeeniseksi kompostiseokseksi vaakaruuvisekoitinvaunulla (kuva 5, s. 17). Vaunut saavat käyttövoimansa vetotraktoreista. Kentällä on käytössä kaksi sekoitinvaunua, jotka otettiin käyttöön vuonna 2013. Vaunujen etuna kiinteään sekoitusasemaan verrattaessa on niiden mobiliteetti. Sekoitettu kompostimassa voidaan purkaa

hinnakuljettimella suoraan aumaksi halutulle paikalle. Näin minimoidaan pyöräkuormaajilla tehtävä siirtelytyö.

Liete ja tukiaineet lastataan sekoitinvaunuun pyöräkuormaajalla. Vaunuihin lastataan vuorotellen lietettä ja tukiainetta, kumpaakin kaksi pyöräkuormaajan kauhallista. Vaunuilla pystytään seostamaan noin 25-30 m³ kompostia kerrallaan. Seosta sekoitetaan noin viisi minuuttia, ennenkuin se puretaan aumaksi. Sekoituksen voi aloittaa jo lastauksen aikana ja sitä voidaan tehdä myös traktorin ajaessa purkukohteeseen.



Kuva 5. SEKO-vaunu toiminnassa. Vaunussa on kaksi vaakaruuvia, jotka sekoittavat kompostimassaa. Vaunu puretaan suoraan kompostiaumaksi kuljettimen avulla. Vaunut saavat käyttövoimansa vetotraktoreista. (Kuva: Joonas Enqvist)

5.1.2 Aumojen ilmastaminen

Kompostiaumojen ilmastamisen hoitaa urakoitsija, jolla on aumojen ilmastamiseen suunniteltu kääntölaite (kuva 6, s. 18). Laitteessa on suuri kääntöruuvi, joka pyöriessään sekoittaa ja kuohkeuttaa kompostimassaa. Kääntölaite ajaa auman yli pituussuunnassa koko ajan sekoittaen.



Kuva 6. Aumankäntölaite toiminnassa. Teloilla kulkevassa aumankäntölaiteessa on keskellä suuri ruuvi, joka pyöriessään kääntää kompostimassaa. Kompostiauman käännön yhteydessä kompostista vapautuu runsaasti lämpöä. Kuvassa aumankäntölaitteen juuri kääntämää, höyryävää kompostia. (Kuva: Joonas Enqvist)

Kääntöjä tehdään noin viidestä seitsemään kertaa vuodessa pääasiallisesti kevästä syksyyn. Kääntötyötä ei voida tehdä talvisin jos kentällä on lunta ja aumat ovat jäässä.

Urakoitsija tulee kääntämään kompostiaumat HSY:n tilauksesta. Kääntölaite tuodaan paikalle lavetilla. Jotta kuljetuskustannukset jäisivät mahdollisimman pieniksi, hyödynnetään konetta mahdollisimman tehokkaasti kääntämällä kaikki kentän aumat kerralla. Kääntölaite kääntää kentän kaikki kompostiaumat eli noin 70 000 m³ kompostia muutamassa työpäivässä. Kompostien kääntöjärjestys suunnitellaan mahdollisuuksien mukaan siten, että kompostiaumat käännetään järjestelmällisesti kypsimmästä tuoreimpaan. Tällä toimenpiteellä minimoidaan kontaminaation riski.

5.1.3 Seulonta

Kompostista valmistetaan multaa sekoittamalla siihen seulonnan yhteydessä hiekkaa, turvetta sekä kaliumia sisältävää biotiittiä. Kypsä kompostimassa seulotaan urakoitsijan Backers-merkkisellä tähtiseulalla (kuva 7, s. 19). Tähtiseula koostuu tähtiseula-akseleista, jotka on varustettu kumisilla tähden muotoisilla osilla, jotka pyöriessään seulovat kompostia. Seulasta läpi tuleva multa on karkeusasteeltaan alle 20 millimetriä. Seulonnassa syntyy kahta eri seulaylitettä, raekooltaan yli 20 millimetriä sekä yli 50 millimetriä. Seulaylitteitä voidaan murskata ja seuloa ne uudelleen tai niitä voidaan hyödyntää sellaisenaan esimerkiksi teiden luiskien rakennustöissä. Karkeinta seulaylitettä, joka yleensä sisältää suurehkoja puunjuuria yms. turvekuormien mukana tulleita, hajoamattomia kappaleita voidaan käyttää uudelleen kompostin tukiaineena tai sitä voidaan hyödyntää esimerkiksi kaatopaikkojen täyttörakenteissa



Kuva 7. Seula-asema toiminnassa. Kuvassa näkyy tähtiseula-akseli, joka pyöriessään seuloa kompostia. Etualalla näkyy karkeinta seulaylitettä. Takana vasemmalla näkyy valmista kompostimultaa. (Kuva: Joonas Enqvist)

Valmiita multatuotteita varastoidaan ja myydään kentällä. Kompostia voidaan käyttää myös sellaisenaan ilman seulontaa ja hiekan lisäämistä maanparannuskompostina, jolloin sitä levitetään köyhtyneelle kasvualustalle tehostamaan kasvuvaikutusta.

6 KOMPOSTOINTIMATERIAALIT

Pääosin Metsäpirtin kompostintientällä käsitellään jätevesilietettä sekä turvetta. Seulonnan yhteydessä kompostiin lisätään hiekkaa sekä biotiittiä. Lisäksi kompostoinnin tukiaineena hyödynnetään jonkin verran hevostalleilla syntyvää hevoskuiviketta.

6.1 Jätevesiliete

Metsäpirtin kompostointikentällä kompostoidaan pääkaupunkiseudulla syntyneitä jätevesilietettä. Lietteet ovat peräisin kahdelta eri jätevedenpuhdistamolalta: Viikinmäen ja Suomenojan jätevedenpuhdistamoilta. Jätevedenpuhdistamoiden puhdistusmenetelmät ja – prosessit ovat pitkälti samankaltaisia, joten myöskään niissä syntyneet lietteet eivät juuri eroa toisistaan laadullisesti. Lietteiden ominaisuuksia on esitelty taulukossa 3 (s. 20). Viikinmäen jätevedenpuhdistamolalta peräisin olevaa mädätettyä jätevesilietettä käsitellään vuosittain noin 60 000 tonnia ja vastaavasti Espoon Suomenojalta peräisin olevaa lietettä noin 22 000 tonnia. Kentällä lietteitä voidaan käsitellä sekaisin niiden vastaavien ominaisuuksien takia.

Jäteveden puhdistusprosessista erotettu liete mädätetään. Mädätyksessä syntynyt biokaasu hyödynnetään laitoksen lämmön- ja sähköntuotannossa. Mädätetty liete dekantoidaan ja kuivataan mekaanisesti lingoilla. (Sundell 2008.). Sen jälkeen liete kuljetetaan rekka-autoilla Metsäpirtin kompostointikentälle kompostoitavaksi.

Taulukko 3. Viikinmäen mädätetyn ja kooneellisesti kuivatun jätevesilietteen ominaisuuksia. Pitoisuudet on keskiarvoja vuosilta 2009-2012. Yksikkösarakkeessa esiintyvä lyhenne TS tulee sanoista ”total solids” (kiintoainepitoisuus).

| Lietteen ominaisuus | Pitoisuus | Yksikkö |
|---------------------|-----------|----------|
| pH | 8,0 | |
| Kuiva-aine | 29 | % |
| Hehkutusjäännös | 47 | % TS |
| Kokonaistyyppi | 32 | g/kg/TS |
| Kokonaisfosfori | 33 | g/kg/TS |
| Kalium | 1,7 | g/kg/TS |
| Kalsium | 32 | g/kg/TS |
| Alumiini | 7 | g/kg/TS |
| Magnesium | 3,2 | g/kg/TS |
| Rauta | 109 | g/kg/TS |
| Elohopea | 0,6 | mg/kg/TS |
| Kadmium | 0,7 | mg/kg/TS |
| Koboltti | 7 | mg/kg/TS |
| Kromi | 36 | mg/kg/TS |
| Kupari | 284 | mg/kg/TS |
| Lyijy | 21 | mg/kg/TS |
| Mangaani | 230 | mg/kg/TS |
| Nikkeli | 17 | mg/kg/TS |
| Sinkki | 512 | mg/kg/TS |
| Arseeni | 4,3 | mg/kg/TS |

6.2 Turve

Metsäpirtin kompostointikentällä kompostin tukiaineena käytettävä turve on imeytysturvetta, joka on peräisin eri turvesoilta Etelä-Suomen alueelta. Imeytysturve muodostuu sara- ja rahkaturpeesta, joka on maatumatonta tai keskimaatunutta. Turve sisältää luontaisesti puuainesta. Turpeen tilavuuspaino vaihtelee välillä 150-350 kg/m³ riippuen maatumisasteesta ja kosteudesta. Turpeen kosteus vaihtelee välillä 40-55% ja sen pH on noin 4,3. (Imeytysturpeen tuoteseloste, 2011.) Turpeen toimittaa Vapo Oy. Turvetta käytetään kentällä vuosittain yli 80 000 m³. Lisätietoja tietoja turpeesta on nähtävissä liitteessä 3.

6.3 Humuskuitu

Humuskuitu on Metsä Fibren Joutsenon sellutehtaalla syntyvää sivutuotetta (kuva 8, s.21). Se on niin sanottua oksanerotusrejktiä eli hienonnettua runkokuun oksamateriaalia. Se sisältää erittäin hitaasti hajoavaa puun oksamassaa. Humuskuitua syntyy sellun valmistuksessa, kun hakettua puuta keitetään lipeässä kuitujen irrottamiseksi. Oksakuitu ei kelpaa sellun valmistukseen, minkä takia se erotetaan keiton jälkeen muusta sellukuidusta. Tämän jälkeen oksanerotusrejkti pestään vedellä lipeän talteen ottamiseksi, minkä jälkeen se kuivataan suotonauha- tai ruuvipuristimella. (Joonas, sähköpostiviesti 17.4.2014.)



Kuva 8. Humuskuitua. (Kuva: Joonas Enqvist)

Oksanerotusrejektia syntyy Suomessa noin 10 000 tonnia kuiva-aineena vuodessa ja pääosin sitä hävitetään polttamalla. Sitä käytetään myös joko sellaisenaan tai yhdessä orgaanisen lannoitteen kanssa viherlannoitenuurmelle levitettynä. Maatalouskäytössä humuskuidun tarkoituksena on lisätä maan eloperäisen aineksen määrää ja siten lisätä pieneliötoimintaa ja parantaa veden- ja ravinteiden pidätyskykyä sekä maan rakennetta. Lannoitevalmistelain mukaiselta tyyppivalmistenimeltään se on kuitulietettä. (Joonas, sähköpostiviesti 17.4.2014.) Tuotteen toimittaa Tyynelän Maanparannus Oy. Taulukossa 4 on lueteltuna humuskuidun ominaisuuksia. Siinä on paljon orgaanista ainesta, mutta sen kuiva-aineen osuus on pienehkö. Humuskuidun pH on lipeän takia korkeahko. Analyysien ja tuoteselosteen (liite 4.) mukaan sen pH vaihtelee välillä 9,2-9,5.

Taulukko 4. Humuskuidun tuoteselosteen mukaisia ominaisuuksia. Tarkemmat tiedot liitteessä 4.

| Humuskuidun ominaisuus | Pitoisuus | Yksikkö |
|------------------------|-----------|-------------------|
| Tilavuuspaino | 440 | kg/m ³ |
| Johtokyky | 38,5 | mS/m |
| pH | 9,5 | |
| Kuiva-ainepitoisuus | 30,3 | % |
| Orgaaninen aines | 88,8 | % kuiva-aineesta |
| Kokonaistyyppi | 0,61 | g/kg ka |
| Liukoinen typpi | <0,033 | g/kg ka |
| Kokonaisfosfori | <1,0 | g/kg ka |
| Liukoinen fosfori | 0,015 | g/kg ka |
| Kalium | <1,0 | g/kg ka |

7 KOMPOSTOINTIKOE

Humuskuidun soveltuvuutta kompostoinnin tukiaineeksi tutkittiin käytännönläheisesti kompostointikokeella. Kokeen ensisijaisena tarkoituksena oli tutkia humuskuidun soveltuvuutta tukiaineeksi. Kokeessa seurataan kompostointiprosessin etenemistä, sen nopeutta ja lopputuloksen laatua. Kokeella on tarkoituksena myös tutkia tukiaineiden osuuden merkitystä lopputulokseen.

Varsinaiseen kokeeseen kuului kolme aumaa, joihin olo kuhunkin sekoitettu humuskuitua, turvetta sekä lietettä erilaisissa suhteissa. Lisäksi koeaumojen läheisyyteen oli vertailua varten sekoitettu kompostiauma, missä oli turvetta ja lietettä tavanomaisessa suhteessa. Vertailuauma kuului kentän normaaliin tuotantoon, mutta sen lämpötilan kehitystä seurattiin tavanomaista tarkemmin ja siitä otetaan myös näytteitä tavallista useammin.

Jotta kompostointikokeesta saadut tulokset olisivat mahdollisimman hyvin hyödynnettävissä ja rinnastettavissa kentän normaaliin toimintaan, tehtiin koekomposteille täysin samat toimenpiteet, kuin kentän normaaliin tuotantoon kuuluville aumoille. Koekompostit valmistettiin samalla tavalla ja yhtä kauan sekoittaen, kuin kentän kaikki muutkin kompostiaumat. Koeaumoja myös käännettiin samoina ajankohtina, kuin kentän muitakin aumoja.

7.1 Kokeen suunnittelu

Aumoille annettiin tunnuksot, jotta niiden seuraaminen ja tilastoiminen olisi helpompaa. Humuskuitua sisältävien aumojen tunnuksot olivat JH1, JH2 ja JH3 (kuva 9, s. 24). Pelkkää turvetta sisältävän vertailuauman tunnus oli A605. Vertailuauma kuului kentän normaaliin tuotantoon ja sen tunnuskin oli peräisin käytössä olevasta juoksevasta numeroinnista.

Koe suunniteltiin siten, että koeaumoihin sekoitettaisiin kompostointimateriaaleja eri suhteissa. Kompostien kokonaistilavuuksilla ei ollut varsinaista merkitystä, kunhan niiden seosaineiden määrät olivat mahdollisimman lähellä suunniteltuja suhteita. Tyypillisesti Metsäpirtin kompostointikentällä lietteen ja tukiaineen seossuhteena on käytetty 1:1 eli yksi kuutiometri turvetta yhtä kuutiometriä jätevesilietettä kohden. Tämä valittiin lähtökohdaksi ensimmäiselle koeaumalle JH1:lle. Siinä tukiaineiden määrän suhde lietteen määrään oli 1:1. Kokeen yhtenä tarkoituksena oli tutkia sitä, että saavutettaisiinko tukiaineen suuremmalla osuudella hyötyjä kompostointiprosessissa. Siksi kahdessa muussa aumassa tukiaineiden osuus oli suurempi. JH2:ssa suhdeluku oli 1:1,5 ja JH3:ssa tukiaineiden osuus oli 1:2. Humuskuitu oli kokeen pääroolissa, minkä takia sen osuus tukiaineista oli vähintään puolet kaikissa koeaumoissa. Taulukossa 5 (s. 23) on esitetty koeaumojen suunnitellut seossuhteet.

Taulukko 5. Koeumojen tavoitteelliset suhdeluvut.

| Tavoitteelliset suhdeluvut, m ³ | | | |
|--|-------|-------|-------|
| | Liete | Turve | Humus |
| JH1 | 1 | 0,5 | 0,5 |
| JH2 | 1 | 0,5 | 1 |
| JH3 | 1 | 1 | 1 |

7.1.1 Aumojen sekoittaminen

Kompostikokeet aloitettiin 30.7.2013. Kaikki koeaumat sekoitettiin saman vuorokauden aikana. Koeaumojen sekoittamiseen käytettiin samaa pyöräkuormaajaa ja samoja sekoitinvaunuja, kuin kentän muidenkin aumojen tekoon. Pyöräkuormaajissa on vaaka materiaalien punnitsemiseksi. Taulukossa 6 on esitetty pyöräkuormaajan vaa'asta tulostetun vaakalapun sisältämät punnitustiedot.

Taulukko 6. Koeaumojen sisältämien materiaalien massat tonneissa. Massat ovat peräisin pyöräkuormaajan vaakalapuista.

| Massat, tonnia | | | |
|----------------|-------|-------|-------|
| | Liete | Turve | Humus |
| JH1 | 125,4 | 18,6 | 47,9 |
| JH2 | 92,4 | 18,5 | 61,8 |
| JH3 | 85,3 | 23,2 | 67,7 |

Punnitustuloksia ei voitu suoraan muuntaa kuutiometreiksi tuoteselosteiden mukaisilla tilavuuspainoilla, sillä turpeen ja humuskuidun painot vaihtelevat paljon niiden kosteuksien ja maatumisasteiden mukaan. Molempia varastoitiin kentällä ulkona, jolloin ne altistuvat sään vaihteluille. Tilavuuksien arvioimiseen täytyi käyttää soveltavia menetelmiä.

Kun tiedettiin, että lietteen tilavuuspaino on noin 1 tn/m³, niin pyöräkuormaajaa ja sen vaakaa käyttäen humuskuidun keskimääräiseksi tilavuuspainoksi saatiin 0,65 tn/m³ ja turpeen tilavuuspainoksi 0,3 tn/m³. Tämä laskettiin ottamalla pyöräkuormaajalla vuorotellen täysi kauhallinen kutakin kompostointimateriaalia ja punnitsemalla ne. Punnitustulos jaettiin liete-kauhan painolla. Tämä toistettiin kaksi kertaa ja tulokseksi otettiin punnitusten keskiarvo. Nämä tilavuuspainot pätevät vain tähän kokeeseen, sillä tulokseen vaikutti sekä materiaalien kosteuspitoisuudet, kuin myös pyöräkuormaajan vaa'an kalibrointi. Vaa'an kalibroinnista johtuva mahdollinen virhe oli periaatteessa merkityksetön, sillä virhe oli sama muissakin punnituksissa. Vaikka massamäärät olisivatkin suuntaan tai toiseen virheellisiä, niin kompostointimateriaaleja oli suhteessa saman verran. Tätä koetta varten tulokset olivat riittävän tarkkoja. Taulukossa 7 (s. 24) on esitetty kunkin koeauman seosmateriaalien määrät tilavuuksina ja toteutuneet seos-suhteet.

Taulukko 7. Kunkin kompostointimateriaalin määrät kuutiometreissä. Toteutuneet seossuhteet suluissa.

| Tilavuudet ja toteutuneet suhdeluvut suluissa, m³ | | | |
|---|--------------|--------------|--------------|
| | Liete | Turve | Humus |
| JH1 | 125,4 (1) | 62,1 (0,5) | 73,6 (0,6) |
| JH2 | 92,4 (1) | 61,5 (0,7) | 95,1 (1) |
| JH3 | 85,3 (1) | 77,3 (0,9) | 104,2 (1,2) |

Sekoitetun auman tilavuus ei todellisuudessa ole lietteen, turpeen ja humuskuidun tilavuuksien summa, sillä aumassa tapahtuu etenkin tukiainneiden osalta huomattavaa painumista. Kunkin auman tilavuus oli noin 200 m³ luokkaa. JH3 aumasta tuli muita kompostiaumoja hieman leveämpi ja korkeampi. Siinä oli siis parempi lämmöneristys, mutta toisaalta myös hapen kulku auman keskustaan hidastui. JH1 ja JH2 aumat olivat noin 5,5 metriä leveitä ja JH3 auma oli noin 6 metriä leveä.



Kuva 9. Kuvassa näkyy JH3 koekompostiauma. Auman vasemmalla puolella näkyy osittain JH2 auma. (Kuva: Joonas Enqvist)

7.2 Käännöt ja muut toimenpiteet

Aumoja ilmastettiin kentän muiden aumojen kääntöjen yhteydessä. Kääntöjä tehtiin vuoden 2013 puolella elokuussa, syyskuussa, lokakuussa, marraskuussa sekä tammikuussa 2014. Normaalisti kääntöjä ei tehdä talvisikaan, mutta lauhan ja lyhyen talven vuoksi auman kääntöjä pystyttiin tekemään marraskuun lopulla ja tammikuussakin. Lisäksi aumat käännettiin heti niiden sekoittamisen jälkeen. Tuolloin käännöllä ei ollut juurikaan merkitystä ilmastamisen kannalta, vaan sillä oli lähinnä esisekoitusta tehostava vaikutus.

Koekompostiaumoista otettiin näytteitä noin joka toinen kuukausi. Niiden lämpötiloja seurattiin automaattisella lämpötilanseurantajärjestelmällä. Kompostoitumisen edistymistä seuraattiin myös aistinvaraisesti.

Alunperin oli tarkoituksena, että koekompostit seulottaisiin ja niistä valmistettaisiin multaa. Odotettua hitaamman kompostoitumisen vuoksi aumoja ei voitu vielä huhtikuussa seuloa multatuotteeksi. Tästä syystä koeaumoja arvioitiin sellaisenaan maanparannuskomposteina. Vertailuauma A605 myytiin maanparannuskompostina tammikuussa 2014 kentän tilahtauden vuoksi. Humuskompostiaumat myydään todennäköisesti maanparannuskompostina maatalouteen kesällä.

8 KOMPOSTIEN KYPSYYDEN SEURANTA JA TULOKSET

Kompostointikokeet aloitettiin heinäkuun lopulla 2013. Maaliskuun 2014 loppuun mennessä kokeilla saatiin tarpeeksi näyttöjä sen onnistumisesta. Tällöin kompostoitumisaika on ollut 8 täyttä kuukautta. Kokemuksen perusteella Metsäpirtin kompostikentällä kompostoitumisaika on yleensä 6-9 kuukautta.

Kompostien kypsymisen seurantaan on olemassa monia eri tapoja. Yksittäiset näyteanalyysit eivät riitä kompostin kypsyyn todentamiseksi. Eri menetelmien ja testien tuloksia tulee tarkastella kokonaisuutena. (Itävaara yms. 2006, 3.) Tässä kokeessa tärkeimpinä kypsyyn arvioimismenetelminä käytettiin lämpötilaseuranta sekä näyteanalyysijä. Mikäli kompostista otettujen näytteiden tulokset tukevat lämpötilakäyrien osoittamaa kehitystä, voidaan kypsyyn arviointia pitää luotettavana.

Lämpötilaseurannan ja näytteenoton lisäksi koekomposteja seurataan aistinvaraisesti. Pitkään kompostoinnin parissa työskennelleille kompostin haju, väri ja koostumus kertoo jo paljon kompostoitumisen edistymisestä. Jos kompostiaumaan tekee loven kauhakuormaajalla ja auma hohkaa lämpöä, voidaan olettaa ettei se ole vielä täysin kypsää. Samoin huomataan jos komposti on sisältä liian tiivistä ja kosteaa. Kypsä komposti on kuohkeaa, eikä haise epämiellyttävälle.

Seuraavaksi kuvataan, miten eri menetelmät kuvaavat kompostin kypsymistä ja siinä tapahtunutta kompostoitumista ja sen jälkeen tehdään tulkintoja koekompostien kypseydestä mainituilla mittareilla. Kaikki näytteistä analysoitavat pitoisuudet eivät varsinaisesti kerro kompostin kypsymistä, vaan niitä tutkimalla ja vertailemalla voidaan tarkastella miten prosessi on edennyt. Lisäksi arvioidaan kyseisten kypsyyn arviointimenetelmien luotettavuutta ja onnistuneisuutta tässä kokeessa. Tässä vaiheessa kypsymistä arvioidaan vain kyseisen mittarin osoittamalla tuloksella. Kompostien kypsymistä arvioidaan kokonaisuutena monien eri menetelmien avulla luvussa 8.4 (s.34).

8.1 Lämpötilaseuranta

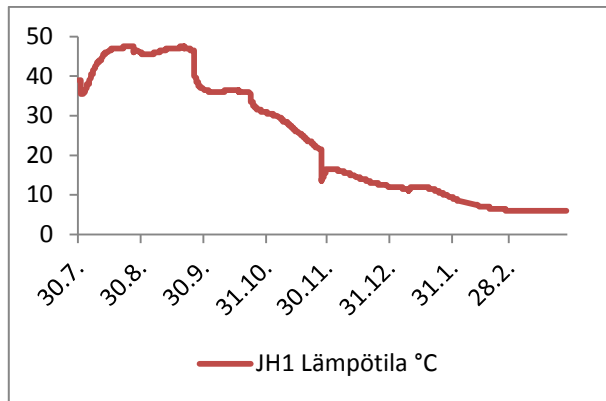
Luvussa 2.2.2 (s.5) käsiteltiin kompostin lämpötilan merkitystä kompostointiprosessiin. Tässä kokeessa jokaisen kompostiauman lämpötilaa seurattiin automaattisella lämpötilanseurantajärjestelmällä. Lämpötiloja mitattiin Elcoplastin Kompostikeppi lämpötila-antureilla (kuva 10). Kompostikepit asetetaan kompostiaumaan siten, että niiden kärjessä olevat lämpötila-anturit mittaavat lämpötilan auman keskuksesta noin metrin syvyydestä. Lämpötila-anturit lähettävät säännöllisin väliajoin lämpötilatiedon langattomasti vastaanottimeen, josta tiedot puretaan tietokoneelle. Näistä tiedoista voidaan muodostaa kuvaaja. Kuvaajia tutkimalla ja vertailemalla niitä näytetuloksiin voidaan päätellä sängen tarkasti, miten kompostoituminen on edennyt.



Kuva 10. Kompostikeppi kompostiaumassa. (Kuva: Joonas Enqvist).

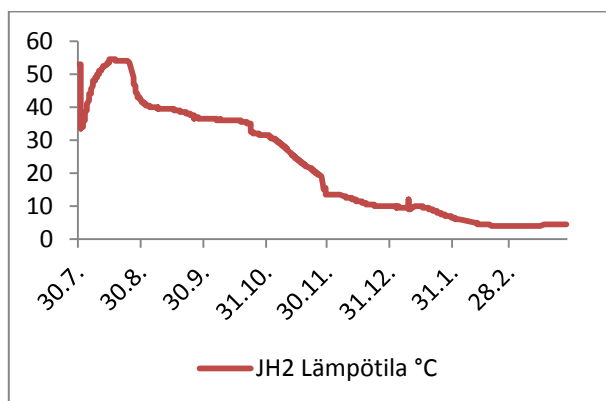
Aumojen käännöt näkyvät lämpötilakäyrissä lämpötilan äkillisenä laskuna. Lämpötila-anturit joudutaan poistamaan aumoista käanttöjen ajaksi, minkä takia mittari näyttää hetkellisesti vääriä tietoja. Myös kompostin lämpötila putoaa, sillä käännön aikana siitä vapautuu runsaasti lämpöä. Käännön jälkeen lisääntyneen mikrobiologisen toiminnan johdosta kompostin lämpötilan pitäisikin lähteä hetkellisesti nousuun etenkin ensimmäistä käanttökertojen jälkeen. Kompostin lämpötila ei välttämättä ole sama kompostin jokaisessa kohdassa, minkä takia mittarin sijainnin muuttaminen saattaa muuntaa tulosta muutamia asteita.

8.1.1 Humuskompostien lämpötilakuvaajat



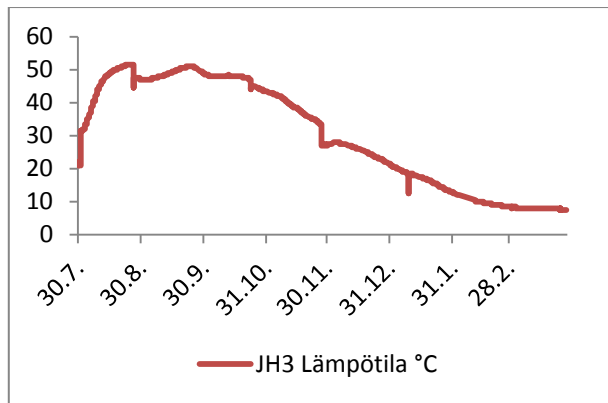
Kuvio 1. JH1 auman lämpötiläkäyrä. Mittausväli 31.7.2013-23.3.2014.

JH1 auman lämpötiläkäyrä (kuvio 1) muistuttaa hyvin pitkälti vertailuauman lämpötiläkäyrää vertailuauman ensimmäistä kuukautta lukuunottamatta (kuvio 4. s28.). Osuutta on varmasti sillä, että näissä aumoissa tukiaineiden osuus oli yhtä suuri. Lämpötila nousi nopeasti yli 45 °C ja pysyteli niissä lämpötiloissa syyskuun lopulla olevaan käännekertaan asti. Lämpötiläkäyrän perusteella kompostin voisi tulkita kypsäksi.



Kuvio 2. JH2 auman lämpötiläkäyrä. Mittausväli 31.7.2013-23.3.2014.

JH2 auman lämpötilahuippu kävi muita aumoja korkeammalla, mutta lämpötila myös laski nopeimmin (kuvio 2). Lämpötiläkäyrässä ei ole havaittavissa juuri ollenkaan nousuja auman käänköjen jälkeisinä päivinä, vaan se laski tasaisesti koko kompostoitumisen ajan. Vähän yli kuukauden ikäisenä sen lämpötila oli laskenut jo alle 40 °C. Marraskuun käänkökerran jälkeen lämpötila oli vain 13,5 °C. Kuvaaja näyttää kuitenkin sangen normaalilta ja sen perusteella auman voisi tulkita kypsäksi.

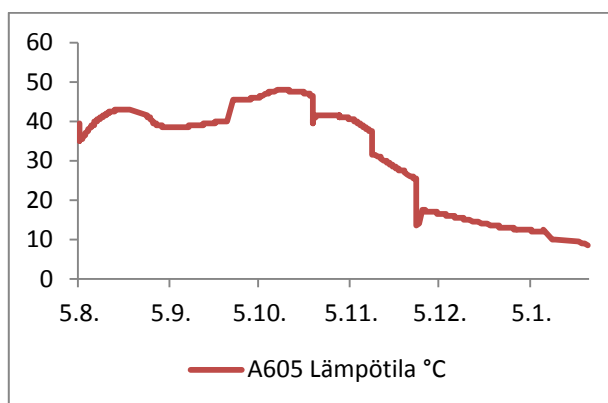


Kuvio 3. JH3 auman lämpötiläkäyrä. Mittausväli 31.7.2013-23.3.2014.

JH3 auman lämpötila pysyi muiden aumojen lämpötiloja pidempään korkeana (kuvio 3). Sen lämpötilat olivat vielä kolmen kuukauden kompostoitumisen jälkeenkin noin 40 °C. Tämä johtui todennäköisesti hieman leveämmästä kompostiaumasta eli paksummasta eristerroksesta ja tukiaineiden suuremmasta osuudesta. Tukiaineiden suuremmalla osuudella voitaisiin olla positiivinen vaikutus ainakin talvikaudella kompostoidessa. Lämpötilakehityksen perusteella JH3 auma vaikutti koekomposteista luopaavimmalta.

Kaikkien humuskuitua sisältävien koeaumojen lämpötiläkäyrät olivat loppujen lopuksi hyvin samankaltaisia. Lämpötilat kohosivat jo ensimmäisinä päivinä 45-55 °C. Kaikissa kompostiaumoissa lämpötila putosi melko reippaasti marraskuussa tehdyn käynnön yhteydessä. Tuolloin ulkolämpötila oli lähellä nollaa. Hajotettavaa ainesta ei ollut enää yllinkyllin, jolloin mikrobiologinen toiminta ei enää kyennyt nostamaan lämpötilaa kylliksi. Talvikuukausia varten JH1 ja JH2 aumat olivat hieman liian kapeita, jolloin lämmöneristystä ei ehkä ollut riittävästi. Viimeisinä kuukausina koeaumojen lämpötilat pysyttelivät alle 10 asteessa. Lämpötiläkäyrien perusteella kaikki kompostit ovat käyneet läpi normaalit lämpötilakehityksen vaiheet kompostointiprosessissa. Lämpötiläkäyrien perusteella kompostoitumisprosessi näyttää menneen hyvin.

8.1.2 Vertailuauman lämpötiläkäyrä



Kuvio 4. Vertailuauman lämpötiläkäyrä. Mittausväli 31.7.2013-23.1.2014.

Vertailuauman lämpötila nousi ripeästi yli 40 °C ja lähti sen jälkeen hiljalleen laskemaan (kuvio 4, s. 28). Lämpötilakäyrä tekee sangen tyypillistä vuoristoratamaista liikettä. Auman kääntöjen yhteydessä kompostista vapautuu lämpöä, mutta kun mikrobit saavat happea käyttöönsä, lähtee lämpötila hetkellisesti nousuun. Kompostin lämpötilat pysyivät pitkään korkeana, mikä onkin hygienisoinnin kannalta toivottavaa. Lämpötilahuippu saavutettiin vasta kahden ja puolen kuukauden kompostoitumisen jälkeen. Lämpötilahuipun jälkeen lämpötila lähti laskuun ja marraskuussa tehdyn käännön yhteydessä lämpötila putosi nopeasti noin 20 °C ja siitä hiljalleen alkoi jäähtymään kohti ulkoilman lämpötilaa.

8.2 Näytteenotto

Näytteet analysoitiin Metropolilabin laboratoriossa. Otetuista näytteistä analysoitiin aina ammonium ja – nitraattityppi (SFS-EN 13652), sähkönjohtavuus (SFS-EN 13038), hiilidioksidintuotto (VTT tiedoteessa 2351 esitetty menetelmä), kosteus (SFS-EN 13040), orgaanisen aineksen osuus (SFS-EN 13039), pH (SFS-EN 13037), tilavuuspaino (SFS-EN 13040), kokonaistyyppi (Kjeldahl), vesiliukoinen fosfori ja typpi (SFS-EN 13652), sekä fosfori ja kalium (ISO 17294-2). Tärkeimpiä analyysyjä ovat hiilidioksidin tuotto sekä nitraatti/ammoniumtyypen suhde, jotka suoraan kuvaavat kompostin kypsyyttä. Lisäksi kompostin kypsyessä analysoitiin myös *Escheria-coli* bakteerien (Coliert Quanti Tray) sekä salmonellan (NMKL 71:1999, muunneltu) määrä. Kypsyyttä osoittavien analyysien lisäksi koe-komposteista määritettiin haitalliset metallit (ISO 17294-2), jotta nähdään alittaako niiden pitoisuudet määräysten asettamat rajat. Kompostointi ei vaikuta metallien määrään, minkä takia niitä tutkittiin vasta huhtikuussa.

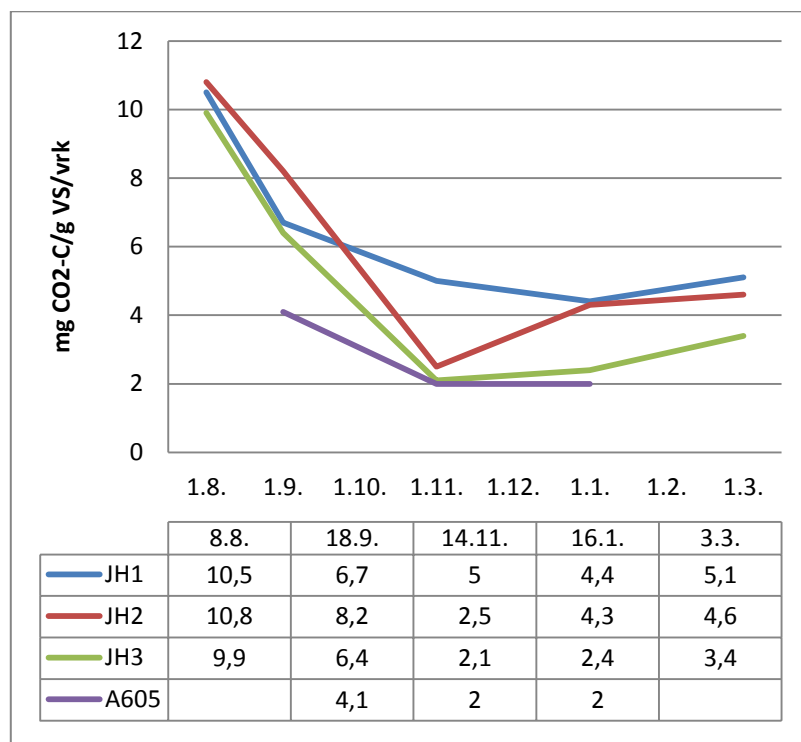
Näytteenotot suoritettiin siten, että jokaiseen koeaumaan kaivettiin lapiolla satunnaisiin kohtiin viidestä kuuteen kuoppaa, joista jokaisesta otettiin muovisella näytteenottokauhalla noin 3 litraa kompostia isoon näytteenottoämpäriin. Näytettä otettiin mahdollisimman syvältä aumasta, jotta tulos olisi mahdollisimman edustava. Auman pinnasta otetussa näytteessä esimerkiksi tyypen pitoisuudet voivat olla pienempiä johtuen tyypen haihtumisesta.

Ämpäriä kompostimassa sekoitettiin huolellisesti, jotta näyte edustaisi mahdollisimman hyvin koko kompostiaumaa. Lopullinen näyte otettiin ämpäristä pienellä, muovisella näytteenottolapiolla. Varsinaisen näyttestian suuruus on 5 litraa. Sekä näytteenottovälineet että näyteastiat pestiin ja desinfioitiin huolella ennen näytteenottoa virhetulosten minimoimiseksi. Näyteastiat suljettiin ilmatiiviisti ja niitä säilytettiin viileässä ja ne toimitettiin laboratorioon saman päivänä kun näytteenotto suoritettiin.

8.2.1 Hiilidioksidin tuotto

Kompostissa muodostuu hiilidioksidia siinä toimivien mikrobin ruumiin-toimintojen takia. Kun mikrobiologinen toiminta vähenee, laskee myös kompostin hiilidioksidin tuoton arvo. Kompostin kypsyessä sen hiilidioksidintuotto vähenee hiljalleen ja lopulta hiilidioksidin tuotto vakiintuu ta-

solle, jossa ei tapahdu enää suuria muutoksia. Komposti voidaan todeta kypsäksi, kun hiilidioksidin tuotto laskee alle 2 mg CO₂-C/g VS/vrk. (Itävaara ym. 2006, 25.)



Kuvio 5. Hiilidioksidin tuoton muutokset koeaumoissa. Kuvaajan alla olevasta taulukosta näkee jokaisen näytteenottokerran analyysin tarkat arvot.

Kaikissa koeaumoissa hiilidioksidin tuotto (mg CO₂-C VS/vrk) oli kompostointiprosessin alussa noin 10 (kuvio 5). Tuolloin mikrobiologinen toiminta oli huipussaan, sillä hajottajilla oli runsaasti helposti hajovia yhdisteitä hyödynnettävissä. Marraskuun alkupuolella otetuissa näytteissä hiilidioksidin tuoton arvot olivat matalimmallaan JH3 ja JH2 aumoissa. Todennäköisesti kyseisissä aumoissa oli tuolloin puutetta hapesta, sillä arvot lähtivät uudelleen nousuun marraskuun lopulla suoritetun käynnön jälkeen. Maaliskuussa otetuista näytteistä ilmenee, että hiilidioksidin tuoton arvot koeaumoissa vaihtelee välillä 3-5. Tämä viittaa siihen, että kaikki kompostit on vielä kypsyysvaiheessa.

8.2.2 NO₃-N/NH₄-N suhde

Itävaaran ym. (2006) mukaan kompostin kypsyys arvioiminen nitraatti/ammoniumtyypen suhteen perusteella perustuu siihen, että kompostin kypsyessä ammoniumtyppi hapettuu nitrifikaatiobakteerien toiminnan johdosta nitraateiksi. Komposti voidaan luokitella kypsäksi, jos nitraatti/ammoniumtyppi suhteen arvo on yli 1. Mikäli suhde on alle 1, komposti on vielä kypsyysvaiheessa. (Itävaara ym. 2006, 11.) Typpianalyysien tulokset on lueteltuna taulukossa 8 (s. 31).

Taulukko 8. Koeaumojen sekä vertailuauman typpianalyysien tulokset.

| JH1 | 18.9. | 14.11. | 16.1. | 3.3. |
|--|--------------|---------------|--------------|-------------|
| Ammoniumtyppi mg/l | 589 | 142 | 503,2 | 381 |
| Nitraattityppi mg/l | 2 | 56,4 | 11,8 | 67 |
| NO₃-N/NH₄-N suhde | 0,003 | 0,397 | 0,023 | 0,176 |

| JH2 | 18.9. | 14.11. | 16.1. | 3.3. |
|--|--------------|---------------|--------------|-------------|
| Ammoniumtyppi mg/l | 247 | 18,8 | 272 | 81,1 |
| Nitraattityppi mg/l | 0,5 | 138 | 6,8 | 113,6 |
| NO₃-N/NH₄-N suhde | 0,002 | 7,340 | 0,025 | 1,401 |

| JH3 | 18.9. | 14.11. | 16.1. | 3.3. |
|--|--------------|---------------|--------------|-------------|
| Ammoniumtyppi mg/l | 347 | 77,6 | 116,6 | 212 |
| Nitraattityppi mg/l | 1 | 229 | 147,1 | 29 |
| NO₃-N/NH₄-N suhde | 0,003 | 2,951 | 1,262 | 0,137 |

| A605 | 18.9. | 14.11. | 16.1. |
|--|--------------|---------------|--------------|
| Ammoniumtyppi mg/l | 549 | 281,1 | 159,1 |
| Nitraattityppi mg/l | 22 | 286 | 144,8 |
| NO₃-N/NH₄-N suhde | 0,040 | 1,017 | 0,910 |

JH1 aumassa nitraattityppeä oli jokaisen analyysin perusteella hyvin vähän. Nitraatti/ammoniumtyypin suhteet vaihtelivat paljon näytteenottokerrasta toiseen. Parhaimmillaan suhde oli marraskuussa otetussa näytteessä, jolloin se oli 0,4. Viimeisessä näytteessä suhde oli noin 0,2. Muissa näytteissä suhde oli käytännössä nolla. JH1 aumaan komposti ei ole kypsää näiden tulosten perusteella.

JH2 aumassa nitraattia oli ammoniumtyppeä runsaasti enemmän marraskuussa otetussa näytteessä. Tuolloin niiden suhde oli yli 7, eli sen perusteella kompostin olisi voinut tulkita kypsäksi. Seuraavassa näytteessä nitraattityppeä ei ollut juuri ollenkaan, mutta viimeisessä nitraattityppeä oli jälleen niin paljon, että nitraatti/ammoniumtyypin suhteen mukaan komposti voitaisiin luokitella kypsäksi. Tulosten ailahteluiden vuoksi kompostia ei voida kuitenkaan varmasti todeta kypsäksi.

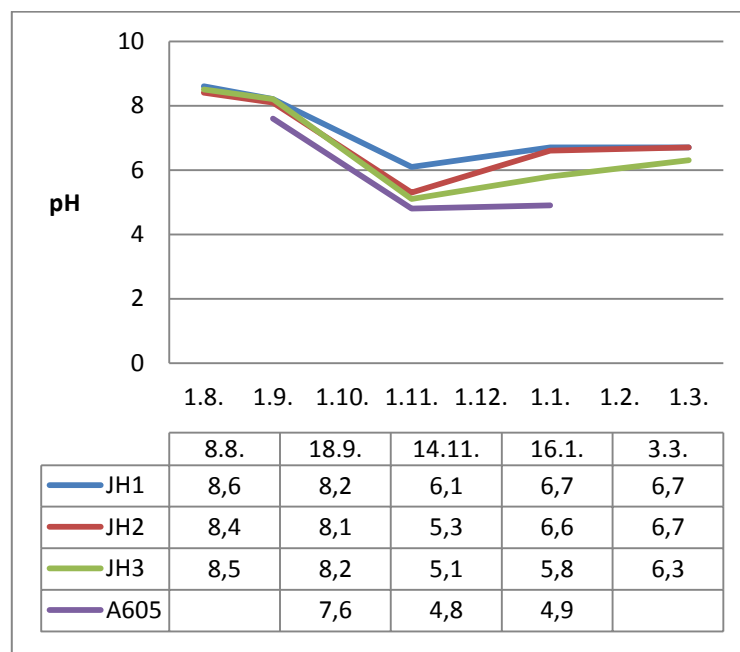
JH3 auman nitraattipitoisuudet vaikuttivat hyviltä marraskuun ja tammikuun näyteanalyysissä, jolloin NO₃-N/NH₄-N suhteet olivat 3 ja 1,3. Viimeisessä analyysissä nitraattityppeä oli vain murto-osan aikasemmista määristä. Viimeisimmän tuloksen mukaan kompostia ei voida luokitella kypsäksi.

Vertailuauman tulokset puolestaan näyttävät siltä, että komposti voitaisiin luokitella lähes kypsäksi. Marraskuun näytteenottokerralla suhde oli 1, tammikuussa vastaava luku oli 0,9, eli aavistuksen kypsyysajan alapuolella. Toisaalta näytteenottokertoja on vain kolme, jolloin todennäköisyydet JH aumojen kaltaisille tulosten vaihteluille oli pienempiä. Joka tapauksessa näiden tulosten perusteella A605 vaikuttaa lähes kypsältä kompostilta.

Nitraattitypen ja ammoniumtypen suhde on todetusti hyvä mittari kompostin kypsytyden arvioimiseen, mutta tässä kokeessa ristiriitaiset tulokset aiheuttava sen, ettei humuskompostien kypsytyttä voida luotettavasti arvioida tällä työkalulla. JH2 ja JH3 aumoissa oli molemmissa muutamia hyvin lupaaviakin nitraatti- ja ammoniumtypen suhteita, mutta suuren vaihtelun vuoksi tulokset eivät ole luotettavia. JH1 auma oli ainoa, joka ei antanut yhtään tulosta, mikä viittaisi sen olevan kypsää.

8.2.3 pH

pH:n arvon muutoksista kompostoinnin edetessä käsitellään luvussa 2.2.4 (s.6). Kompostin ollessa kypsää, pH tasaantuu välille 7-8. Metsäpirtin Humuskompostin tuoteselosteessa (liite 1) pH:n tavoite-arvoksi asetetaan 6,5. Koeaumojen pH:n muutokset on nähtävissä kuviossa 6.



Kuvio 6. Koeaumojen pH:n muutokset. Kuvaajan alla olevasta taulukosta näkee jokaisen näytteenottokerran analyysin tarkat arvot.

Koeaumojen pH arvojen muodostamat kuvaajat muistuttavat hyvin paljon kuvassa 2. (s.6) esiintyvän pH käyrän vaihetta, jossa pH on korkeimmillaan, johtuen orgaanisten happojen hajoamisesta ja ammoniakkin muodostumisesta. Ensimmäisillä näytteenottokerroilla pH oli kaikissa humuskompostiaumoissa noin 8,5, minkä jälkeen se laski noin kolmen kuukauden aikana pH:n arvoihin 5,1-6,1. Tämän jälkeen pH nousi aavistuksen verran ja vakiintui viimeisissä näytteenotoissa hieman alle seitsemään. Humuskuidun pH sellaisenaan on noin 9,5, mikä selittää humuskompostien ja vertailuauman pH:n arvojen erot. Turpeen pH on noin neljä.

Kompostin pH arvot eivät suoranaisesti kerro sen kypsytydestä. Koeaumojen pH:n kehitykset vaikuttavat kuitenkin normaaleilta, mikä on merkki siitä, että kompostointi on tapahtunut oikeaoppisesti.

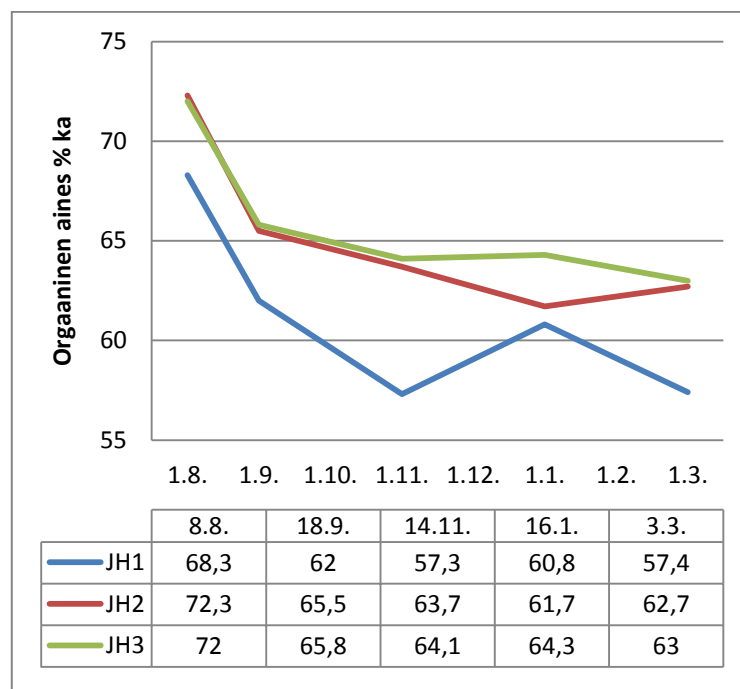
8.2.4 E-coli ja salmonella

Luvussa 3.1.2 (s.11) käsitellään lämmön nousun hygienisoivaa vaikutusta kompostiin. Mikäli termofiilivaiheessa kompostin lämpötila ei nouse tarpeeksi korkealle ja riittävän pitkäksi aikaa, näkyy se *Escherichia coli*-bakteerien suurena määränä. Kompostissa voi esiintyä myös salmonellaa. Se, ettei kompostissa esiinny E-coli bakteereita tai salmonellaa, ei välttämättä kuitenkaan tarkoita sitä, että komposti olisi kypsää. Maa- ja metsätalousministeriön lannoitevalmisteasetuksen mukaan *Escherichia coli* bakteeria saa esiintyä lannoitevalmisteissa korkeintaan 1000 pesäkettä muodostavaa yksikköä per gramma lannoitevalmistetta. Salmonellaa lannoitevalmisteissa ei saa esiintyä ollenkaan.

Näytetuloksista selviää, että kaikki kompostit ovat hygienisoituneet kohtalaisesti. Maaliskuun näytteessä JH1 aumassa oli 41, JH2 aumassa 30 ja JH3 aumassa 210 pesäkettä muodostavaa yksikköä *Escherichia coli* bakteeria. Vastaavasti vertailuauman viimeisessä näytteenotossa tammikuussa E-coli bakteeria esiintyi 2 pesäkettä muodostavaa yksikköä. Salmonellaa ei esiintynyt missään aumassa viimeisillä näytteenottokerroilla. JH3 aumassa salmonellaa todettiin tammikuun näytteessä, mutta seuraavalla näytteenottokerralla sitä ei enää löytynyt.

8.2.5 Orgaanisen aineksen määrä

Orgaanisen aineksen hajoaminen kompostissa johtaa siihen, että orgaanisen aineksen osuus sekä kompostin kokonaistilavuus pienenee kompostoitumisen edetessä. Orgaanisen aineksen osuuden väheneminen ei kerro suoraan kompostin kypsyydestä mitään. Orgaanisen aineksen osuuden vähenemistä voidaan kuitenkin jossakin määrin pitää onnistuneen kompostoitumisen mittarina.



Kuvio 7. Orgaanisen aineksen määrä humuskomposteissa.

Orgaanisen aineksen osuus koekomposteissa oletettavasti laskee kompostoitumisen edetessä (kuvio 7, s. 33). Kaikissa komposteissa orgaanisen aineksen osuus väheni noin 10% lähtötilanteesta. On mielenkiintoista huomata, että JH2 ja JH3 aumoissa orgaanisen aineksen lähtö- ja lopputilanteet ovat käytännössä samat, vaikka JH3 aumassa orgaanista ainesta pitäisi olla enemmän suuremman tukiaineen osuuden takia.

8.3 Aistinvaraiset havainnot ja muut kokemukset humuskomposteista

Humuskomposteista kirjattiin havaintoja kompostointikokeen ajan. Ne vaikuttivat kokeen loppuvaiheilla epätavallisen kosteilta, tiiviiltä ja kittimäisiltä. Huhtikuussa kompostiaumojen kylkiin tehtiin pyöräkuormaajalla lovi, jolloin nähtiin sen sisällä olevaa kompostimassaa. JH3 auma näytti silmämääräisesti onnistuneimmalta, mutta siinäkin oli selvästi nähtävissä liiallista kosteutta ja tiiviyyttä. JH1 ja JH2 aumat olivat sisältä vielä selvästi raakoja silmämääräisesti arvioituna. Kompostien haju oli huomattavissa, mutta se ei kuitenkaan ollut häiritsevää. Vertailuaumalla oli puolestaan jo tammikuussa selvästi kypsän kompostin ominaisuuksia. Se oli rakenteeltaan kuohkeaa. Sen haju oli mieto.

Humuskuitua on käytetty kentällä kokeiden ulkopuolella muissakin komposteissa, joissa muutamissa havaittiin aumojen ”läsähtämistä”. Aumojen sivut eivät pysyneet kovin jyrkissä kulmissa, jolloin auman korkeus jää kovin matalaksi. Tämä on huono asia kentän tilankäytön kannalta. Matalat aumat vievät suhteessa enemmän tilaa, kuin korkeat aumat. Kentällä ei ole tilaa hukattavana, sillä käsiteltävän lietteen määrä on kasvanut alkuperäisistä määristä. Koekomposteissa ei kuitenkaan vastaavaa läsähtämistä ole huomattu. Läsähtämisen syynä muissa aumoissa saattaisi olla tukiaineen liian vähäinen määrä, humuskuidun paino kosteana tai kompostin liian lyhyt sekoitusaika. Liette itsessään ilman tukiaineita ei pysy kasassa kompostin tavoin.

Seulontaurakoitsijan mukaan aiemmat kokemukset ovat osoittaneet, että humuskuitua sisältävä komposti saattaa aiheuttaa ongelmia seulonnassa. Ongelmat johtunevat humuskuitukompostin kittimäisyydestä ja kosteudesta. Tässä kokeessa asiaa ei kuitenkaan pystytty todentamaan.

8.4 Kompostien kypsyys

Edellä läpikäytyjen analyysien ja mittareiden perusteella mitään humuskuitua sisältävää koekompostia ei voida luokitella kypsäksi. Tärkeimmät kypsyyttä osoittavat mittarit eli nitraatti/ammoniumtyypen suhde sekä hiilidioksidin tuoton arvot osoittavat humuskuitua sisältävien kompostien olevan kypsymisvaiheessa. Koekomposteista saatiin välillä lupaaviakin analyysejä, mutta suurten vaihteluiden vuoksi niitä ei voida pitää luotettavina. Näitä tuloksia tukee aistinvaraiset havainnot, joita tehtiin kompostointikokeen aikana. Lämpötilat kohosivat riittävän korkealle ja kompostit olivat kuitenkin hygienisoituneet riittävästi. Koekomposteista JH3 auma vaikutti lupaavimmalta. Sen hiilidioksidintuoton arvo oli matalin ja siitä saatiin muutamia lupaavia nitraatti/ammoniumtyypen suhteita.

Vertailuauumasta saatiin näytteenotoilla tuloksia, jotka osoittavat kompostin olevan lähes kypsää. $\text{NO}_3\text{-N}/\text{NH}_4\text{-N}$ suhde oli viimeisissä näytteenotoissa kypsyysrajoilla. Hilidioksidin tuoton arvot antavat saman kuvan kompostin kypsyudesta. Lämpötila kohosi riittävän korkeaksi ja myös pysyi riittävän korkeana kompostimassan hygienisoitumisen kannalta. Silmämääräisesti arvioituna komposti vaikutti jo tammikuussa kuohkealta ja näytti kompostoituneelta.

8.4.1 Soveltuvuus maanparannuskompostiksi

Humuskomposteista oli alunperin tarkoituksena valmistaa kompostimulattaa, mutta niiden kypsyysasteesta johtuen seulomista ei pystytty tekemään tutkimuksen aikataulun puitteissa. Siksi humuskomposteja on järkevintä arvioida maanparannuskomposteina. Maanparannuskomposti on yksi päätuotteista, joita kentällä valmistetaan. Maanparannusaineille on kysyntää ja myös niiden valmistuskustannukset jäävät pienemmiksi, sillä niitä ei seulota.

Lannoitevalmisteasetuksessa maanparannuskomposti luetaan orgaanisiin maanparannusaineisiin (Puhdistamolietteen käyttö maataloudessa, 2013, 5). Lannoitevalmisteasetuksessa orgaanisille maanparannusaineille asetetaan rajoja ja vaatimuksia seuraavanlaisesti:

- riittävä hajoamisaste
- hygieenisuus
- orgaanisen aineen määrä vähintään 20 %
- haitallisten metallien enimmäismäärä.

Maanparannuskompostien hajoavusasteen ei tarvitse olla täydellinen. Maanparannuskompostin hajoavusasteen tulee olla hiilidioksidin tuoton testillä määritettynä alle 3 mg $\text{CO}_2\text{-C/g VS/vrk}$. Nitraatti/ammonium tyyppien suhteen täytyy kuitenkin olla yli 1. Maanparannusaineiden käytöstä ei myöskään saa aiheutua toimintaympäristö huomioon ottaen häiritsevää hajuhaittaa. Orgaanisen aineen osuuden tulee olla vähintään 20 % hehkusuhäviönä. Asetuksessa asetetaan lisäksi rajoitukset haitallisille metalleille. Haitallisia metalleja ja niiden enimmäismääriä käsiteltiin luvussa 3.1.1 sivulla 11. Maanparannuskompostin täytyy alittaa myös taudinaiheuttajien eli *Escherichia coli* ja salmonellan enimmäismäärät. (MMM asetus lannoitevalmisteista 24/11).

Salmonellaa ei ollut missään kompostissa. *Escherichia coli* bakteeria oli kaikissa aumoissa reilusti alle 1000 pesäkettä muodostavaa yksikköä eli kaikissa humuskomposteissa saavutettiin riittävä hygieenisuystaso. Humuskomposteissa on runsaasti orgaanista ainesta. Raskasmetallien määrät alittavat selvästi sekä lannoiteasetuksessa asetetut rajat, että Metsäpirtin humuskompostin tuoteselosteessa ilmoitetut enimmäispitoisuudet. Humuskompostit eivät aiheuttane muita komposteja enempää hajuhaittaa, kunhan niiden hajoamisaste on riittävä.

Kaikki kokeeseen kuuluvat humuskompostit soveltuvat näiltä osin maanparannusaineiksi, kunhan niiden hajoamisaste on riittävä. Todennäköisesti

kompostit ovat riittävän kypsiä maanparannuskompostiksi yhden tai kahden kuukauden lisäkompostoitumisen jälkeen.

Humuskuitua on päätetty käyttää jatkossakin kompostoinnin tukiaineena. Sitä varten humuskuitua sisältävälle kompostille on laadittu tulevaa käyttöä varten tuoteseloste (liite 1). Tuotetta markkinoidaan Metsäpirtin Humuskompostina. Tyyppinimeltään se on maanparannuskompostia. Liitteessä 2 on nähtävissä maanparannusaineiden tuoteselosteissa ilmoitettavien ominaisuuksien sallittuja poikkeamia.

9 YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Humuskuidun soveltuvuutta kompostoinnin tukiaineeksi Metsäpirtin kompostointikentällä tutkittiin käytännönläheisesti kompostointikokeilla. Varsinaiseen kokeeseen kuului kolme humuskompostiaumaa. Humuskomposteihin sekoitettiin lietettä, humuskuitua sekä turvetta erilaisissa suhteissa. Lisäksi koekompostien läheisyyteen sekoitettiin normaaliin tuotantoon kuuluva komposti, jossa tukiaineena käytettiin turvetta normaalissa suhteessa. Kompostointikokeet aloitettiin heinäkuun lopulla 2013.

Kokeessa seurattiin kompostointiprosessin etenemistä, sen nopeutta ja lopputuloksen laatua. Lisäksi kokeella tutkittiin sitä, että saavutettaisiinko tukiaineiden suuremmalla osuudella käytännön hyötyjä kompostoinnissa. Humuskuidun kokeilun taustalla on tavoite tukiainekustannusten vähentämisestä. Kentällä käytetään vuosittain yli 80 000 m³ turvetta. Mikäli osa kentällä käytettävästä turpeesta voitaisiin korvata turvetta edullisemmalla humuskuidulla, tehtäisiin vuosittain huomattavia taloudellisia säästöjä. Lisäksi humuskuitu on jollakin tavalla hävitettävä joka tapauksessa, jolloin sen hyödyntäminen kompostoinnissa on ekologisesti luonteva ja vastuuntuntoinen ratkaisu.

Kompostien kypsyttä tutkittiin lämpötilamittausten ja näytteenottoanalyysien avulla. Viimeisimmät näytteet otettiin, kun kompostit olivat noin 31 viikon eli reilun 7 kuukauden ikäisiä. Lämpötilatietoja kerättiin 8 kuukauden ajalta. Näyteanalyyseistä tärkeimpinä pidettiin hiilidioksidin tuottoa ja nitraatti/ammomniumtyypen suhdetta, jotka kuvaavat suoraan kompostin kypsyttä. Lisäksi komposteja seurattiin aistinvaraisesti.

Humuskomposteista saatiin muutamia lupaaviakin tuloksia, mutta niissä esiintyi suurta vaihtelua. Lämpötilakäyrät näyttivät lupaavilta. Kokonaisuutta tarkastellessa voitiin todeta, ettei mikään humuskomposti ollut kypsää. Todennäköisesti niiden kompostoituminen jatkuu vielä muutamia kuukausia. Vertailuauama oli jo lähes kypsyden rajoilla tammikuussa, jolloin se toimitettiin maatalouteen tilanahtauden ja kysynnän vuoksi. Aistinvaraiset arvioinnit tukivat analyysien osoittamia tietoja. Humuskuitua sisältävät kompostit olivat selvästi vertailuauamaa jäljessä kompostoitumisprosessissa tammikuussa. Huhtikuussa 8 kuukauden kompostoitumisen jälkeen kompostit näyttivät jo paremmilta, mutta niissä oli huomattavissa liiallista tiiviyyttä ja kosteutta. Vertailuauama oli tammikuussa kypsänoloista ja kuohkeaa.

Humuskuitukomposteja oli tarkoitus jatkojalostaa mullaksi seulomalla ne ja lisäämällä niihin turvetta, hiekkaa sekä biotiittiä. Opinnäytetyön aikataulujen ja odotettua hitaamman kompostoitumisen takia seulontaa ei keuhetty tekemään. Vähäiset aiemmat kokemukset humuskompostin seulomisesta ovat osoittaneet, että se saattaa aiheuttaa ongelmia seulonnassa, varsinkin mikäli hajoamisaste ei ole täydellinen. Ongelmat johtunevat humuskuitukompostin kittimäisyydestä ja kosteudesta. Humuskuitua sisältävä komposti voisikin soveltua paremmin pelloille levitettäväksi maanparannuskompostina. Maanparannuskompostin vaatimuksetkin hajoamisasteen suhteen ovat matalempia. Maanparannuskomposti on multatuotteiden ohella toinen päätuote, jota kentällä jätevesilietteistä valmistetaan. Lisäksi maanparannuskompostin etuna on se, ettei siinä aiheudu lisäkuluja seulonnasta.

Näiden tulosten valossa humuskuitu soveltuu kompostoitavaksi, mutta sen kompostoitumisaika turpeeseen verrattuna on pidempi. Mikäli humuskompostien kompostoituminen jatkuu hyvin ja muutamassa kuukaudessa niiden hajoamisaste olisi lannoitevalmisteasetuksessa asetettujen rajojen mukaan riittävä, niin kompostointiaika voisi pysyä 9-10 kuukaudessa. Normaalisti kentällä kompostoitumisaika on 6-9 kuukautta. Kymmenen kuukautta on melko pitkä aika, sillä käsiteltävää lietettä on paljon ja tilaa kentällä vähän. Humuskuidun matalemmän hinnan takia sitä kuitenkin kannattaa käyttää tukiaineena, vaikkakin se tapahtuisi jossakin määrin kompostoitumisen nopeuden kustannuksella.

Humuskuidun hitaampi kompostoituminen turpeeseen nähden johtunee sen liian vähäisestä kuiva-aineen osuudesta. Lisäksi orgaanisen aineksen hajotessa muodostuu vettä. Humuskuitukomposteissa muodostunut vesi ei pääse tehokkaasti suotautumaan tai haihtumaan pois kompostista. Kompostin korkea kosteuspiitoisuus aiheuttaa sen, että niistä tulee liian tiiviitä. Liiallisesti tiiviyydestä seuraa hapenkulun väheneminen tai kokonaan sen estyminen, mikä vääjäämättä hidastaa kompostoitumisprosessia. Lisäksi humuskuitu sisältää hitaasti hajoavaa oksamassaa, mikä hidastaa kompostoitumista.

Humuskuidun negatiivisia vaikutuksia kompostointiprosessiin voitaisiin minimoida vähentämällä sen osuutta turpeeseen verrattuna. Jälkikäteen ajateltuna kokeeseen olisi kannattanut sekoittaa neljäs humuskompostiauma, johon humuskuitua olisi sekoitettu esimerkiksi neljäsosa tukiaineiden kokonaistilavuudesta. Humuskuidun pienemmän osuuden käyttö tosin vaikeuttaisi sekoitinvaunujen lastausta käytännön tasolla. Tukiaineita pyritään aina lastaamaan kaksi täyttä pyöräkuormaajan kauhallista, jolloin puolikkaitten kauhallisten lastaaminen olisi tehotonta. Humuskuidun vähäisemmän osuuden käyttämistä kannattaa tutkia jatkokokeilla.

Tukiaineen suuremmalla osuudella ei tämän kokeen perusteella ole suuria kompostointiprosessia nopeuttavia vaikutuksia. Talvikaudella kompostoitessa tukiaineiden suuremmalla osuudella saattaa olla vähäisiä hyötyjä pidempään korkealla pysyttelevien lämpötilojen takia. Vähäisten hyötyjen lisäksi tukiaineiden osuuden kasvattaminen pahentaa kentän tilan puutetta, sillä kompostien tilavuus kasvaa ja tukiaineita on myös varastoitava ken-

tällä. Tukiaineet myös lisäävät aina kompostoinnin kokonaiskustannuksia, joten niiden määrä pitäisi minimoida.

Kokeen järjestelyissä heräsi ajatuksia ja parannusehdotuksia tulevia kokeita ja komposteja silmälläpitäen. Kompostiaumojen kääntöjä ei tämän kokeen perusteella kannata tehdä talvisaikaan, mikäli kompostoitumisessa on meneillään jäähtymisvaihe. Talvella jäähtymässä olevalle kompostille tehty kääntö aiheuttaa sen, että sen lämpötila tippuu ”keinotekoisesti” liian nopeasti. Jäähtymisvaiheessa olevassa kompostissa on vielä hajotettavaa ainesta jäljellä, mutta sen hajottamiseen kuluu aikaa. Talvisaikaa kompostin lämpötila putoaa käynnön yhteydessä reippaasti, jonka takia prosessi voi hidastua entisestään tai jopa pysähtyä. Muuten auman kääntöjä voidaan kyllä tehdä kompostiaumoille, missä hajotettavaa ainesta ja siten mikrobiologista toimintaa on runsaasti. Lisäksi aumojen leveyteen tulee kiinnittää huomiota, jotta niiden eristyskerros on tarpeeksi paksu talvikausia varten. Liiallisuusiin auman leveyksien kanssa ei voi mennä, sillä silloin hapenkulku saattaa hidastua. Aumankääntökoneella suurin mahdollinen aumakoko, jota se voi työstää on leveydeltään noin 6-6,5 metriä.

Kompostointikokeiden ajoittaminen kesäkaudelle olisi varmasti antanut parempia tuloksia, mutta koska kompostointia suoritetaan Metsäpirtin kompostointikentällä ympärivuotisesti, täytyy kompostoitumisen onnistua myös talvisin. Mahdollisuuksien mukaan humuskuitukomposteja tulisi sekoittaa mahdollisimman paljon keväällä, jolloin pystyttäisiin hyödyntämään lämmin kesäkausi, joka omalla tavallaan edistää kompostoitumista.

LÄHTEET

- Hänninen, K., Huotari, H. & Malinen, H. 1992. Kompostoinnin biotekniikka ja laitteet. Espoo: VTT OFFSETPAINO
- Itävaara, M., Vikman, M., Kapanen, A., Venelampi, O. & Vuorinen, A. 2006. Kompostin kypsyystestit. Helsinki: Edita Prima Oy
- Juuso Joonas. Agronomi. Tyynelän maanparannus Oy. 17.4.2014. VL:Humuskuitu. Vastaanottaja Joonas Enqvist. [Sähköpostiviesti]. Viitattu 17.4.2014.
- Kiely, G. 1997. Environmental engineering. McGraw-Hill Publishing Company.
- Lannoitevalmistelaki nro 539/2006. 29.6.2006.
- Lietteenkäsittelyn nykytila Suomessa ja käsittelymenetelmien kilpailukyky –selvitys. 2007. Pöyry Environment Oy. Viitattu 11.11.2013. <http://www.sitra.fi/NR/rdonlyres/BFCEC181-4AD7-4B1A-B7B6-27045F8280FC/0/Lietteenk%C3%A4sittely.pdf>
- Lilja R. 1994. Hyvän kompostointikäytännön opas. Helsinki: Painatuskeskus Oy.
- Maanparannuskompostin tuoteselosteen laatimisohje. Evira. Viitattu 18.11.2013. http://www.evira.fi/files/attachments/fi/kasvit/lannoitevalmisteet/ohjeet/12507-01_maanparannuskompostit.pdf
- Metsäpirtin kompostointikentän omavalvontasuunnitelma. 2014.
- MMM lannoitevalmisteista, Maa- ja metsätalousministeriön asetus lannoitevalmisteista 24/11. 13.9.2011.
- Paatero, J., Lehtokari, M. & Kemppainen, E. 1984. Kompostointi. Juva: WSOY
- Puhdistamoliete. Vesilaitosyhdistys. Viitattu 29.11.2013. http://www.vvy.fi/vesihuolto_linkit_lainsaadanto/liete
- Puhtaasti parempaa arkea. Tietoa HSY:stä. Viitattu 29.4.2014. <http://www.hsy.fi/tietoahsy/Sivut/default.aspx>
- Sundell L. 2008. Jätevedenpuhdistamon kemikaaliannostelun kehittäminen. Teknillinen korkeakoulu. Kemian ja materiaalitieteiden tiedekunta. Kemian tekniikan tutkinto-ohjelma. Diplomityö.
- TSA, Terveysturvallisuusasetus nro 1280/1994. 1.3.2006.

Turve edistää kompostointia n.d. Turveinfo. Viitattu 11.11.2013.
<http://www.turveinfo.fi/kayttotavat/turpeen-muu-kaytto/kompostointi>

TUOTESELOSTE

1(2)

| | |
|--------------------------|---|
| Tyyppinimi | Maanparannuskomposti |
| Kauppanimi | Metsäpirtin Humuskomposti |
| Raaka-aineet | Puhdistamoliete, kuituliete ja turve |
| Valmistusprosessi | Puhdistamoliete, kompostoinnin tukiaineena käytettävät kuituliete (kauppanimeltään Pulpin humuskuitu) ja turve sekoitetaan keskenään suhteessa 1 tonni puhdistamolietettä, 0,25 tonnia kuitulietettä ja noin 0,15 tonnia turvetta, aumakompostoidaan ja mekaanisesti ilmastetaan niin kauan, että komposti voidaan todeta kypsäksi viranomaisten hyväksymällä testimenetelmällä. Tuotetta ei seulota. |
| Käyttötarkoitus | Tuote soveltuu maatalouskäyttöön maanparannusaineeksi ja osittain korvaamaan keinolannoitteita. Tuote soveltuu myös maisemointiin, eroosion estoon sekä viheralueiden hoitoon ja rakentamiseen. Tuote ei sovellu sellaisenaan kasvualustaksi. |
| Käyttöohjeet | Mikäli perusmaan pH on alle 5,5, tulee perusmaa kalkita kulloinkin viljeltävänä olevalle kasville annettujen suositusten mukaisesti ja muokata maa yhdessä Metsäpirtin Humuskompostin kanssa noin 20 cm syvyydeltä. Tuote sisältää useimmissa tapauksissa riittävästi sivu- ja hivenravinteita, joten lisälannoitusta ei tarvita. Kun maanparannuskompostia käytetään maataloudessa viljelykäytössä, on hehtaarikohtaisesti pidettävä kirjaa kadmiumin kertymisestä (max. 7,5 mg/ha viiden vuoden tasausjakson aikana) sekä milloin komposti on alueelle levitetty ja milloin eläimet on päästetty alueelle ja/tai milloin alueelle on kylvetty rehuksvit. Analysoidun liukoisen fosforin määrä saa olla enintään 400 kg hehtaarille maataloudessa sekä 600 kg hehtaarille puutarhataloudessa joka viides vuosi. Lisäksi on huomioitava nitraattidirektiivin ja maatalouden ympäristötukien rajoitukset. |

| | analyysimenetelmä | tavoitearvo | 2(2) |
|--------------------------------|---|----------------------------------|---------------------|
| pH | SFS-EN 13037 | 6,5 | |
| Johtokyky | SFS-EN 13038 | 120 | mS/m |
| Kokonaistyyppi (N) | SFS-EN 13654-2 | 3,9 22000 | kg/m3 mg/kg ka |
| Vesi- liukoinen typpi (N) | SFS-EN 13652 | 0,50 3000 | kg/m3 mg/kg ka |
| Kokonaisfosfori | SFS-EN 13650 | 3,3 20000 | kg/m3 mg/kg ka |
| Vesi- liukoinen fosfori (P) | SFS-EN 13652 | 0,030 180 | kg/m3 mg /kg ka |
| Kokonaiskalium (K) | SFS-EN 13650 | 0,230 1400 | kg/m3 mg/kg ka |
| Kosteus | SFS-EN 13040 | 70 | % |
| Tilavuuspaino | SFS-EN 13040 | 550 | kg/m3 |
| Orgaaninen aines | SFS-EN 13039 | 60 % | kuiva-aineesta (ka) |
| Karkeusaste | Tuotetta ei ole seulottu | | |
| Rikkakasvinsiemenet | Tuote sisältää tuulilevitteisiä rikkakasvinsiemeniä | | |
| Haitalliset metallit | enimmäispitoisuudet | yksikkö mg/kg kuiva-ainetta (ka) | |
| arseeni | SFS-EN 13650 | 5 | |
| elohopea | SFS-EN 13650 | 0,5 | |
| kadmium | SFS-EN 13650 | 0,7 | |
| kromi | SFS-EN 13650 | 50 | |
| kupari | SFS-EN 13650 | 350 | |
| lyijy | SFS-EN 13650 | 30 | |
| nikkeli | SFS-EN 13650 | 30 | |
| sinkki | SFS-EN 13650 | 600 | |
| Alkuperä- ja valmistusmaa | Suomi | | |
| Valmistaja ja myyjä | Helsingin seudun ympäristöpalvelut -kuntayhtymä PL 100, 00066 HSY, Opastinsilta 6 A, 00520 Helsinki puh. 09 – 15611 (vaihde) tai mullan myynti suoraan 050 3365703 ja 050 3379442 www.metsapirtinmulta.fi Laitoksen hyväksyntänumero: FIC029-03632/2008NA | | |

Taulukko 7. Orgaanisten kivennäislannoitteiden ja kalkitsevien orgaanisten kivennäislannoitteiden tuoteselosteissa ilmoitettavien ominaisuuksien sallitut poikkeamat.

| Ominaisuus | Sallittu poikkeama |
|-----------------------------|--|
| Typpi (N) | ±25 % suhteellinen poikkeama, kuitenkin enintään -1,1/+2,2 prosenttiyksikköä |
| Fosfori (P) | ±25 % suhteellinen poikkeama, kuitenkin enintään -0,5/+1,0 prosenttiyksikköä |
| Kalium (K) | -25 % suhteellinen poikkeama, kuitenkin enintään -0,9 prosenttiyksikköä |
| Kosteus/kuiva-ainepitoisuus | ±25 % suhteellinen poikkeama |
| Orgaanisen hiilen (C) määrä | ±25 % suhteellinen poikkeama |
| Neutraloiva kyky (Ca) | -2,0 prosenttiyksikköä |

C. KALKITUSAINIET

Taulukko 8. Kalkitusaineiden tuoteselosteissa ilmoitettavien ominaisuuksien sallitut poikkeamat.

| Ominaisuus | Sallittu poikkeama |
|---|------------------------------|
| Neutraloiva kyky (Ca) | -2,0 prosenttiyksikköä |
| Nopeavaikutteinen neutraloiva kyky (Ca) | ±5 prosenttiyksikköä |
| Kalsium (Ca) ja Magnesium (Mg) | -2,0 prosenttiyksikköä |
| Muut ravinteet | ±20 % suhteellinen poikkeama |
| Hienousaste (hiukkaskoko) | -10 % suhteellinen poikkeama |

D. MAANPARANNUSAINIET

Taulukko 9. Maanparannusaineiden tuoteselosteissa ilmoitettavien ominaisuuksien sallitut poikkeamat.

| Ominaisuus | Sallittu poikkeama |
|--|-------------------------------|
| Tilavuuspaino | ±25 % suhteellinen poikkeama |
| Johtokyky | ±50 % suhteellinen poikkeama |
| pH | -0,5/+1 yksikköä |
| Orgaanisen aineksen määrä (heh- kutushäviö) | ±25 % suhteellinen poikkeama |
| Orgaanisen hiilen (C) määrä | ±25 % suhteellinen poikkeama |
| Pääravinteet | ±50 % suhteellinen poikkeama |
| Liukoiset ravinteet | ±50 % suhteellinen poikkeama |
| Sivu- ja hivenravinteet | ±100 % suhteellinen poikkeama |
| Kosteus | ±25 % suhteellinen poikkeama |
| Karkeusaste | ±25 % suhteellinen poikkeama |
| Ilmoitetun palakoon ylittyminen | ± 20 % yli ilmoitetun rajan |
| Kationinvaihtokapasiteetti (ECEC) | ±50 % suhteellinen poikkeama |

Maanparannusaineisiin lisättyjen mikrobivalmisteiden ilmoitettavien määrien sallitut poikkeamat ovat taulukossa 10.

LIITE 3

(Liite 4)

TUOTESELOSTE

VAPON IMEYTYSTURVE

VAPON IMEYTYSTURVE on maatumatonta tai keskimaatunutta sara- ja/tai rahkaturvetta, (maatumisaste H2 – H6). Se soveltuu sellaisenaan kompostien tukiaineeksi ja lietteiden imeytykseen.

Turpeen omaispaino toimituskosteudessa on $250 \text{ kg/m}^3 \pm 100 \text{ kg/m}^3$ (maatumisaste ja kosteus vaikuttavat).

Imeytysturpeen kosteus 40 – 55 %. Yksittäisen kuorman kosteus voi olla 60 %.

Turpeen pH on 4,3, sallittu poikkeama -0,5/+1,0 yksikköä.

Turve sisältää luontaisesti puuainesta. Puuaineksen kokoa ja määrää voidaan rajoittaa seulonnalla.

Tuote toimitetaan irtotavarana seulomattomana tai seulottuna, jolloin max raekoko on 50 mm.

Valmistaja: VAPO OY
PL 22
40101 JYVÄSKYLÄ
014 – 623 623

Alkuperämaa: Suomi

X

PULPIN HUMUSKUITU TUOTESELOSTE 1.6.2012

| | |
|----------------------------|--|
| Kauppanimi | Pulpin humuskuitu |
| Tyyppinimi | Kuituliete (ID5-4) |
| Raaka-aine | Paperiteollisuuden nollakuitu, alkuperämaa Suomi |
| Tilavuuspaino | 440 kg/m ³ |
| Johtokyky | 38,5 mS/m |
| pH | 9,5 |
| Kuiva-ainepitoisuus | 30,3 % |
| Orgaaninen aines | 88,8 % kuiva-aineesta(ka) |

| Pääravinteet | g/kg ka | kg/t tuorepainossa |
|-----------------------|----------------|---------------------------|
| Liukoinen typpi (N) | <0,033 | <0,001 |
| Kokonaistyyppi (N) | 0,61 | 0,18 |
| Liukoinen fosfori (P) | 0,015 | 0,005 |
| Kokonaisfosfori (P) | <1,0 | <0,3 |
| Kalium (K) | <1,0 | <0,3 |

| Haitalliset metallit | mg/kg ka |
|-----------------------------|-----------------|
| Arseeni (As) | <5,0 (25) |
| Elohopea (Hg) | <0,07 (1,0) |
| Kadmium (Cd) | 0,11 (1,5) |
| Kromi (Cr) | <3,0 (300) |
| Kupari (Cu) | <1,5 (600) |
| Lyijy (Pb) | <2,0 (100) |
| Nikkeli (Ni) | <3,0 (100) |
| Sinkki (Zn) | 8,8 (1500) |

Haitallisten metallien pitoisuudet alittavat maa- ja metsätalousministeriön asettamat enimmäisrajat, jotka mainittu suluisissa.

Käyttötarkoitus Viljelymaan eloperäisen aineksen lisäämiseen tavanomaisessa sekä luonnonmukaisessa maa- ja puutarhataloudessa

Käyttöohje Käyttömäärä mitoitetaan maan eloperäisen aineksen tarpeen mukaan. Tuotteen sisältämän eloperäisen aineksen hajoaminen sitoo typpeä, joten tuotteen käytön yhteydessä suositellaan käyttämään eloperäisiä lannoitteita tai viherlannoitusta. Kadmiumin kertymisestä on pidettävä kirjaa(maks. 6 g Cd/ha/4 vuotta).

Tuottaja Metsä-Botnia Oy:n Joutsenon tehdas
54120 PULP

Markkinoija Tyynelän maanparannus Oy, Joutseno
info@tyynelanmaanparannus.fi
P. 050 360 96 32