



VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU  
VASA YRKESHÖGSKOLA  
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Lassi Johannes Nieminen

# BIOJÄTTEEN PIENKOMPOSTOINTI

Tekniikka ja liikenne  
2010

## **ALKUSANAT**

Tämä opinnäytetyö on tehty Vaasan ammattikorkeakoulussa ympäristöteknologian koulutusohjelmassa Geoanalyysi Oy:lle. Suoritin ensimmäisen kompostoimiskokeen tammi-huhtikuussa 2010 ja toisen kokeen, fermentoitumisprosessin, kesällä 2010. Opinnäytetyön ohjaavana opettajana on toiminut lehtori Pekka Stén ja ohjaajana Pertti Nieminen Geoanalyysi Oy:stä. Haluaisin esittää kiitokset molemmille avusta tämän opinnäytetyön tekemisessä. Kiitokset kuuluvat myös perheelleni, joka on ollut tukemassa minua koko tämän opinnäytetyöprojektin ajan.

Vaasassa 4.9.2010

Lassi Nieminen

# VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU

Ympäristötekniikan koulutusohjelma

## TIIVISTELMÄ

Tekijä	Lassi Nieminen
Opinnäytetyön nimi	Biojätteen pienkompostointi
Vuosi	2010
Kieli	suomi
Sivumäärä	41 + 2 liitettä
Ohjaaja	Pekka Stén

---

Euroopan komissio antoi vuonna 2008 ns. vihreän kirjan biojätehuollosta Euroopan unionin sisällä jonka tarkoituksena on avata keskustelua biojätehuollon sääntelyn tarpeesta ja käytäntöjen kehittamisestä. Aikaisemmin biojäte kierrätettiin sekajätteen mukana johon nyt kuitenkin uudistuneen biojätehuollon mukana tulee muutos. Tavoitteena on kehittää biojätteen kierrätystä ja käsittelyä.

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on luoda katsausta yleisesti kompostointiin ja eritoten keskittyä biojätteen kompostoitumiseen. Pyrkimyksenä on perehtyä biojätteen käsittelyn tehostamiseen ja tuoda esille vaihtoehtoisia ratkaisuja etenkin kaupalan tulevaan biojäteongelmaan.

Mikrobien ja bakteereiden käyttö kompostoitumisprosessin tehostamisessa on olennaista. Tässä työssä tarkastellaan etenkin EM-mikrobiseoksen (Effective Microorganisms) hyödyntämismahdollisuuksia biojätteen käsittelyssä. EM-mikrobien tehokkuutta verrattuna markkinoilla oleviin kompostikiihdyttimiin tutkitaan kompostointikokeen avulla. Lisäksi tutkimuksen kohteena on EM-mikrobeilla toteutettava fermentoitumiskoe, joka suoritetaan anaerobisissa olosuhteissa.

Saaduista koetuloksista voidaan päätellä EM-mikrobien hyvä soveltuminen anaerobisissa oloissa suoritettavaan fermentoitumiseen.

---

Asiasanat biojäte, kompostointi, mikrobit, fermentoituminen

## ABSTRACT

Author	Lassi Nieminen
Title	Composting of Organic waste
Year	2010
Language	Finnish
Pages	41 + 2 Appendices
Name of Supervisor	Pekka Stén

---

The European Commission released their Green Book on organic waste treatment in 2008 to open a discussion on regulatory requirements and practices for development. The organic waste was previously recycled among the mixed waste. This situation, however, will change due to the reformed organic waste maintenance. The goal will be to develop further the recycling and treatment of the organic waste.

In particular, the purpose of this thesis is to create an overview of composting in general, and especially to focus on the organic waste composting. The aim is to get familiarized with organic waste handling and bring an alternative solutions for the future treatment organic waste problem faced by the trade section.

The use of microbes and bacteria is essential for making the composting process effective. Especially utilization possibilities for EM-microbial mixture (Effective Micro-organisms) in handling of organic waste is studied in this work. The efficiency of EM-microbes compared to compost accelerators in the market currently is studied in a composting experiment. In addition, research is made based on the fermentation test outcome with EM-microbes in anaerobic circumstances.

Based on the test results, we can draw the conclusion that EM microbes suit well for fermentation process performed under anaerobic conditions.

---

Keywords organic waste, composting, microbes, fermentation

---

**SISÄLLYS**

ALKUSANAT .....	2
TIIVISTELMÄ .....	3
ABSTRACT .....	4
1 JOHDANTO .....	7
2 KAUPANALAN BIOJÄTEONGELMA .....	8
2.1 Jätelain uusi EU-direktiivi .....	8
2.2 Ratkaisuja ongelmaan .....	9
2.2.1 Pakkaukset .....	9
2.2.2 Biohajoavat kompostipussit .....	9
2.2.3 Biojäteastian kehittäminen .....	10
2.2.4 Kuljetuksen kehittäminen .....	10
2.2.5 Hajun vähentäminen .....	11
3 KOMPOSTOINTI .....	12
3.1 Kompostoinnin perusteet .....	12
3.2 Kompostoitumisen vaiheet .....	13
3.3 Kompostointiprosessiin vaikuttavia tekijöitä .....	15
3.3.1 Raaka-aineet .....	15
3.3.2 Lämpötila .....	16
3.3.3 Kosteus .....	16
3.3.4 Ilmastus .....	17
3.3.5 Happamuus .....	18
4 BIOJÄTTEEN KÄSITTELY ANAEROBISISSA OLOSUHTEISSA .....	19
4.1 Mädätys .....	19
4.2 Fermentoituminen .....	20
5 EM-MIKROBIEN HYÖDYNTÄMINEN KOMPOSTOINNISSA .....	21
5.1 Koostumus .....	21

5.2 EM-mikrobien toimintaperiaate .....	22
5.3 Epäonnistunut EM-komposti.....	23
6 KOMPOSTIA AKTIVOIVIEN AINEIDEN VERTAILUKOE.....	33
6.1 Kokeen tavoitteet.....	24
6.2 Koejärjestelyt ja toteutus .....	25
6.2.1 Kompostointiprosessi sisätiloissa .....	26
6.2.2 Kompostointiprosessi ulkona.....	28
6.3 Laboratoriotestit .....	29
6.4 Loppuarviointi ja johtopäätökset.....	32
7 ANAEROBINEN KOE .....	33
7.1 Kokeen tavoite.....	33
7.2 Koetulokset ja niiden analysointi .....	33
7.3 Loppuarviointi ja johtopäätökset.....	37
8 YHTEENVETO .....	38
LÄHDELUETTELO.....	39
LIITTEET .....	42

## 1 JOHDANTO

Kaupan elintarvikkeita päätyy runsaasti sekajätteiden joukkoon, sillä laki ei vielä velvoita lajittelemaan. Euroopan komissio antoi kuitenkin 8.12.2008 ns. vihreän kirjan biojätehuollosta Euroopan unionin sisällä. Vihreän kirjan tarkoituksena on avata keskustelua biojätehuollon sääntelyn tarpeesta ja käytäntöjen kehittamisestä, siinä tarpeen olevista ohjaustoimista, kansallisen tason toimien riittävydestä ja EU-tason toimien tarpeesta. /3/

Biojätteen käsittelyllä on suuri vaikutus ympäristöön, sillä biojäte muodostaa noin kolmasosan kaikesta yhdyskuntajätteestä. EU:n talouskasvu on entisestään lisännyt myös biojätteen määrää. Suurin osa EU:n biojätteestä päätyy edelleen kaatopaikoille, joilla se tuottaa voimakasta kasvihuonekaasua, metaania ja edistää ilmastomuutosta. Biojätteen käsittelyyn tarvitaan siten suuria parannuksia. /5/

Kompostoinnin tehostaminen paikan päällä on kustannustehokkaampaa ja näin ollen kannattavaa. Tässä työssä pyritään löytämään ratkaisuja kaupanalan biojäteongelmaan. Ensisijaisena tutkimuskohteena on kompostoinnin tehostaminen markkinoilla olevien kompostia aktivoivien aineiden avulla. Tarkempaa katsausta luodaan EM-mikrobien toimintaperiaatteeseen ja hyötyyn sekä aerobisessa että anaerobisessa kompostoinnissa.

## **2 KAUPANALAN BIOJÄTEONGELMA**

Kauppojen elintarvikkeita päätyy runsaasti sekajätteiden joukkoon, sillä laki ei velvoita lajittelemaan niitä. Ympäristöministeriössä valmistellaan kuitenkin jätelain uudistuksen ohella uutta jäteasetusta, johon lajitteluvelvoite aiotaan kirjata.

Kauppojen jätteiden lajittelu on toistaiseksi villiä vyöhykettä. Biojäte päätyy pääasiassa sekajätteen joukkoon ja sitä kautta kaatopaikoille tuottamaan metaania, joka on voimakas kasvihuonekaasu. Päivittäistavarakaupan teettämän selvityksen mukaan elintarvikkeiden poisheittöhävikki on arviolta 54 000 tonnia vuodessa. Jonkinlainen peruslajittelu kaupoissa toimii, mutta usein elintarvikkeet on pakattu tiiviisti eikä pakkausten sisältöä läheskään aina eritellä biojäteastiaan. /3/

EU:n ympäristödirektiivin mukaisesti ei biojätteiden kuljettaminen sekajätteen seassa kaatopaikalle ole enää sallittua vuoden 2005 jälkeen. Teknisinä vaihtoehtoina biojäte voidaan joko polttaa muun jätteen mukana (Ruotsin valitsema linja) tai se on käsiteltävä muulla tavalla eli lähinnä mädättämällä tai kompostoimalla. Tämä vaihtoehto edellyttää lajittelua ja erilliskeräilyä. /5/

Uusi biojätedirektiivi muodostuu etenkin logistiikkapuolella pääosin pienten kauppojen ongelmaksi. Biojätettä syntyy minimaalinen määrä verrattuna suurempiin kauppayksiköihin, jolloin lähes päivittäinen poiskuljettaminen tulee kalliiksi. Täten kompostointimethodien kehittäminen paikan päällä on järkevämpi ratkaisu.

### **2.1 Jätelain uusi EU-direktiivi**

EU-komissio antoi 8.12.2008 vihreän kirjan biojätehuollosta Euroopan unionissa. Vihreän kirjan tarkoituksena on avata keskustelua biojätehuollon sääntelyn tarpeesta ja käytäntöjen kehittämisestä, siinä tarpeen olevista ohjaustoimista, kansallisen tason toimien riittävydestä ja EU-tason toimien tarpeesta.



## 2.2 Ratkaisuja ongelmaan

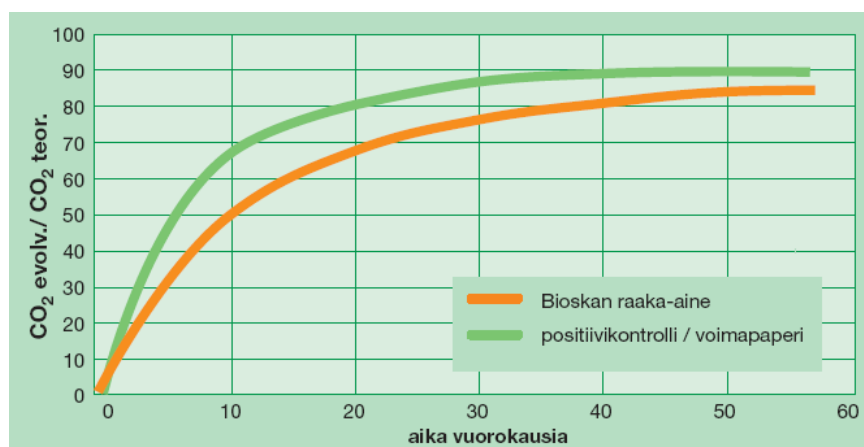
### 2.2.1 Pakkaukset

Kauppojen siirtyminen jätteen lajittelun piiriin saattaisi parhaimmillaan kehittää myös pakkauksien soveltumista kierrätykseen. Tällä hetkellä biotuotteiden pakkauksien laatu ei vaikuta merkittävästi kauppojen toimintaan, mutta lajittelun tullessa pakolliseksi suurissa logistiikkaketjuissa täytyisi huomioida jätteen käsittelyyn kuluva aika lisäkustannuksena, joka ohjaisi helpommin kierrätettäviin pakkauksiin ja biohajoaviin muoveihin, kuten kotimaiseen Bioskaan.

### 2.2.2 Biohajoavat kompostipussit

Bioska valmistetaan biohajoavasta kalvosta, jonka fysikaaliset ominaisuudet vastaavat perinteisen muovin ominaisuuksia. Kompostoituva Bioska-jätepussi tarjoaa monia etuja pitäen mm. kosteuden ja hajut sisällään. Käytön jälkeen pussin voi sisältöineen heittää biojäteastiaan tai kompostiin, jossa se muuttuu muhevaksi mullaksi. /15/

Bioskan kumulatiivinen biohajoaminen kontrolloidussa kompostitestissä on testattu ja todettu hyväksi. Testitulokset näkyvät kuvassa 1 ajan funktiona. /15/



**Kuva 1.** Näytteiden biohajoaminen. /15/

### 2.2.3 Biojäteastian kehittäminen

Biojäte on jätteenä hankala, sillä se vaatii astian. Käytännöllisen biojäteastian tulee olla helposti käsiteltävä, tyhjennettävä ja puhdistettava. Kotitalouksille ei juuri ole tarjolla sopivan pieniä biojäteastioita. Tässä työssä myöhemmin käsiteltävän EM-mikrobeja valmistavan yrityksen tuoteperheeseen kuuluu kuvassa 2 näkyvä biojäteastia, joka on yleisessä käytössä Keski-Euroopassa. Kyseisessä astiassa EMA-liuoksella käsitellyssä biojätteessä tapahtuu ns. fermentoitumisprosessi, jossa bakteerit uuttavat biojätteiden kudosnesteet, jolloin jäte ”kuivuu”. Uuttunut neste poistetaan astian alaosan säiliöstä.



**Kuva 2.** EM biojäteastia.

Biojätteen lajittelu yleistyy, joten markkinoilta tulisi löytyä erilaisiin tarpeisiin soveltuvia astioita. Biohajoavan sisäpussin ja astian tulee yhdessä toimia kokonaisuutena tarkoituksenmukaisesti.

### 2.2.4 Kuljetuksen kehittäminen

Tähän asti biojätteiden keräys on hoidettu tavanomaisilla jäteautoilla. Tehokas ja tiukkenevat määräykset täyttävä keräystoiminta edellyttää kuitenkin uutta ajattelu-

tapaa ja sen pohjalta toteutettua erikoiskalustoa. Helsingin ammattikorkeakoulun autolaboratoriossa kehitetty ”Bioneuvo” on toimiva ratkaisu vaativan erilliskeräilytarpeisiin. /16/

Keskusta-alueilla operoivat nykYTEKNIIKAN autot ovat usein tarpeettoman suurikokoisia aiheuttaen helposti katuliikenteen totaalisen tukkeutumisen. Takakuormaaja ei ole paras mahdollinen lastaustapa, koska se koetaan epähygieeniseksi eloperäisten jätteiden käsittelyssä. Myös noin kolmen kuukauden välein tapahtuviin astioiden pesuun liittyvät puutteet aiheuttavat hajuhaittoja ja hygieniaongelmia sekä kiinteistöjen asukkaille että jäteauton kuljettajille. /16/

### **2.2.5 Hajun vähentäminen**

Kompostista ympäristöön leviävää hajua voidaan vähentää parantamalla kompostointitekniikkaa. Hajupäästöt ovat suurimmillaan kompostoinnin ensimmäisinä päivinä ja pienenevät sitten noin kymmenesosaan alkupäivien hajupäästöistä. Kääntämällä ja sekoittamalla kompostia sen kuiva-ainepitoisuus ja tiheuserot taasaantuvat ja ilman jakaantuminen massassa tasaantuu. Hajupäästöt lisääntyvät heti kompostin käynnön jälkeen, mutta vähenevät pian takaisin alkuperäiselle tasolle. Huolehtimalla kompostin tehokkaasta ilmastuksesta voidaan ehkäistä anaerobisten olosuhteiden syntyä, joka aiheuttaa mätänemistä ja sitä kautta hajujen muodostumista. /17/

Anaerobiset olosuhteet eivät kuitenkaan aina ole syynä hajun muodostumiseen. Päinvastoin, hajujen muodostumista voidaan estää eräällä anaerobiseen tekniikkaan perustuvalla kompostointimenetelmällä. Tässä opinnäytetyössä esitellään myöhemmin EM-mikrobien avulla toteutettavan anaerobisen fermentoitumisprosessi, joka voisi olla ratkaisu pienten kauppojen ongelmaan mm. vähentäen hajuongelmia tehokkaasti.

## 3 KOMPOSTOINTI

### 3.1 Kompostoinnin perusteet

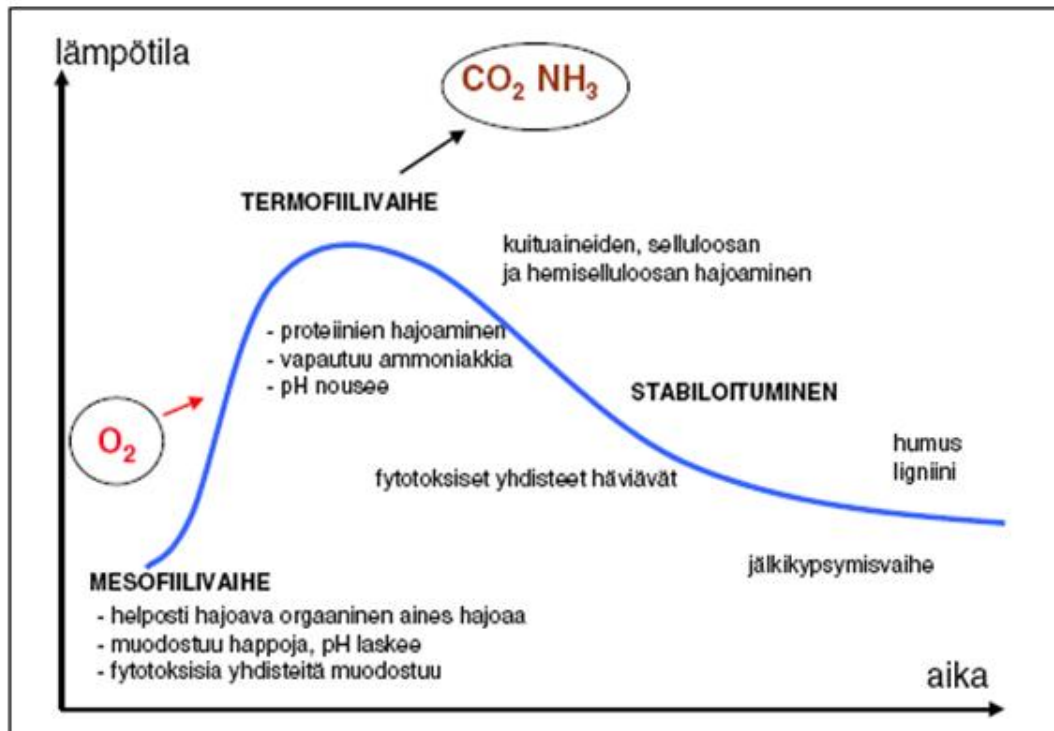
Kompostoinnissa mikrobit hajottavat materiaalia kosteissa, aerobisissa sekä riittävän lämpöeristetyissä olosuhteissa. Tuotteena kompostoinnissa muodostuu hiilidioksidia, vettä sekä lämpöä. Kompostoitavan massan määrä pienenee noin kolmanneksella kiinteässä kompostoinnissa. Massa muuttuu myös stabiilimmaksi sekä hajuttomaksi ja hygienia paranee. Kompostoitaviksi materiaaliksi soveltuvat kiinteät orgaaniset aineet sekä lietteet. Kompostiin voidaan lisäksi lisätä tukiaineita, jotka parantavat materiaalien kompostoitumista säätämällä vesi- ja ravinnepitoisuutta. Soveltuvia tukiaineita ovat esimerkiksi hake, kuori, sahanpuru tai turve. /9/

Kompostoinnin tavoitteena on muuttaa biohajoava orgaaninen materiaali tasaisempaan muotoon, vähentää alkuperäisen massan tilavuutta, tuhota patogeeneja ja hyönteisten munat sekä muut epätoivotut organismit ja rikkaruohojen siemenet. Lisäksi kompostoinnissa pyritään säilyttämään käytetyn materiaalin sisältämät ravinteet (typpi, fosfori ja kalium) ja tuottamaan tuote, jota voidaan käyttää kasvien kasvun tukena ja maanparannusaineena.

Yleisesti ottaen kompostin kemialliset ja fysikaaliset ominaisuudet vaihtelevat lähtömateriaalin, kompostointiolosuhteiden ja kompostoitumisasteen mukaan. Muista orgaanisista aineksestä kompostin erottaa muun muassa ruskeasta hyvin tummaan vaihteleva väri, jatkuvasti muuttuva olemus mikro-organismien toiminnan seurauksena ja korkea kationinvaihtokapasiteetti sekä veden absorptio. Maahan lisättäessä komposti keventää raskaita maa-aineksia, parantaa kevyiden hiekaisten materiaalien koostumusta ja lisää useimpien maa-ainesten vedenpidätyskykyä. /17/

### 3.2 Kompostoitumisen vaiheet

Kompostoituminen on prosessi, jossa toiminnassa olevien mikrobiryhmien koostumus vaihtelee voimakkaasti kompostoitumisen vaiheesta toiseen. /7/



**Kuva 3.** Kompostointiprosessin eri vaiheet. /7/

Kompostoituminen voidaan jakaa lämpötilamuutosten perusteella neljään vaiheeseen:

- mesofiilinen vaihe (lämpenemisvaihe)
- termofiilinen vaihe (lämpövaihe)
- jäähtymisvaihe
- kypsymisvaihe

Mesofiilisessä vaiheessa orgaanisen aineksen varsinainen hajoaminen alkaa. (Kuva 3) Bakteritoiminnan seurauksena, lämpötila nousee nopeasti noin 40 asteeseen. Mesofiilisessä eli lämpenemisvaiheessa bakteerit, sädesienet ja sienet ha-

jottavat liukoiset ja muuten helposti käytettävissä olevat hiilipitoiset aineet, kuten sokerit, tärkkelyksen ja rasvat sekä yksinkertaiset typpiyhdisteet. Kun bakteerit ja sädesienet erittämillään entsyymeillä hajottavat ja hyödyntävät typpipitoista orgaanista ainetta vapautuu energiaa (komposti lämpenee), hiilidioksidia ja vettä sekä muodostuu humusainetta. Lisäksi voi syntyä mm. haihtuvia ja haisevia yhdisteitä, kuten ammoniakkaa ja haihtuvia karboksyylihappoja. Jos komposti ei saa riittävästi happea, hajuhaitat voivat olla huomattavan suuria. Mesofiilinen vaihe tapahtuu yleensä ensimmäisten 24–48 tunnin aikana ja pH on noin 5. /6/

Termofiilisessä vaiheessa (40–60 °C) bakteerit, sienet ja sädesienet hajottavat nopeasti orgaanista ainesta. Sen aikana kasvipatogeenit ja siemenet tuhoutuvat. Termofiilisen eli lämpövaiheen kesto on riippuvainen kompostoitavan massan määrästä. Termofiilisessä vaiheessa lämpötila voi olla jopa lähellä 70 astetta ja pH nousee jyrkästi noin kahdeksaan. /6/

Jäähtymisvaiheessa lämpötila laskee ympäristön lämpötilaan ja termofiiliset mikro-organismit korvautuvat mesofiilillä. Hyvin toimivassa kompostissa lämpötilan lasku on jäähtymisvaiheessa loivaa. Sen aikana hajoamisnopeus hidastuu. Kompostin pH tasaantuu välille 7–8. Jäähtymisvaiheen alkaessa kompostissa ovat enää jäljellä vaikeasti hajoavaa hiilipitoista kuituainetta, selluloosaa, hemiselluloosaa ja ligniiniä. Näiden aineiden lopullinen hajottaminen kestää suhteellisen kauan ja siinä ovat mukana myös sienet, alkueläimet ja hyönteiset, kuten madot, kovakuoriaiset ja niiden toukat. Jäähtymisvaiheen päättyessä aines on hajonnut suhteellisen pitkälle. /6/

Viimeisessä eli kypsymisvaiheessa syntyy merkittävässä määrin humusta, kompostimullan arvokkainta osaa. Kypsymisvaiheessa lämpötila tasaantuu ja on yleensä ympäristönsä lämpötilassa. Kompostin pH on noin 7–8. Kypsymisvaihe kestää useita kuukausia. Sen jälkeen komposti on valmista ja sitä voidaan käyttää ominaisuuksista riippuen esimerkiksi viljelytarkoituksiin. Maassa humuksen muodostuminen ja hajoaminen jatkuu vielä vuosia. /1/, /6/

### 3.3 Kompostointiprosessiin vaikuttavia tekijöitä

Kompostoitumisprosessiin vaikuttaa monia tekijöitä, jotka ovat keskenään vuorovaikutuksessa. Tärkeimmät tekijät ovat raaka-aineet, lämpötila, kosteus, ilmastus, happamuus ja mikrobitoiminta.

#### 3.3.1 Raaka-aineet

Kompostin pieneliöt käyttävät eloperäisten jätteiden energiaa omien elintoimintojensa ylläpitämiseen. Ne käyttävät myös hiilyhdisteitä energiansa tuottamiseen ja typpeä solujensa rakennusaineena. Jos typpeä ei ole riittävästi, pieneliöiden lisääntyminen hidastuu. Tällöin komposti ei lämpene ja jätteen lahoaminen hidastuu. Lopputulos on silloin vähän ravinteita sisältävä komposti.

Liikaa typpeä sisältävä komposti haisee ammoniakilta. Talousjätekomposteissa on usein liikaa typpeä, jolloin hiilipitoisen aineen määrää tulee lisätä. Parhaan kompostin saa aikaiseksi sekoittamalla puutarhajätettä ja talousjätettä, sillä puutarhajätteessä on harvoin puutetta hiilestä. Kompostille sopivan hiili-typisuusuhteen saa aikaiseksi vain kokeilemalla. /4/, /19/

C:N-suhdelukuja:

- kanankakkarakkeiden C:N-suhdeluku on 6
- kasvipitoisen talousjätteen C:N-suhdeluku on 5
- nurmikon leikkuujätteen C:N-suhdeluku on noin 20
- puunlehtien C:N-suhdeluku on noin 50
- oljen C:N-suhdeluku on noin 80
- puun ja paperin C:N-suhdeluku on 100–500. /18/

### 3.3.2 Lämpötila

Lämpötila on tärkeä kompostoitumisen mittari. Se on osoitus vilkkaasta mikrobi- en aineenvaihdunnasta ja kuvaa osaltaan kompostoitumisen tehokkuutta. Se ei kuitenkaan aina ole hyvän kompostoitumisen edellytys. Lämpötilan kehitys riip- puu lähes täysin kompostin kosteus- ja tiiviysasteesta sekä aineksen C:N- suhteesta. Kompostin lämpöenergiasta suurin osa kuluu jätteen kosteuden ja kom- postoinnissa syntyvän veden haihduttamiseen. Jos kosteus on optimikosteutta (45–55 %) suurempi lämpötila jää alhaisemmaksi, vaikka happea olisi riittävästi saatavilla.

Ensimmäisen viikon aikana lämpötila voi kohota 55–60 asteeseen, jonka jälkeen se alkaa laskea. Mikäli lämpötila kuitenkin kohoaa 60–70 asteeseen, ammoniakkia haihtuu kompostista moninkertaisesti aiheuttaen hajun muodostumista. Kompos- toinnissa esiintyy usein kaksi lämpötilahuippua ensimmäisen kahden viikon aika- na, mikä johtuu mikrobien kuolemista tuottamaansa kuumuuteen. Tilanne kui- tenkin korjautuu muutamassa päivässä. Kuukauden jälkeen lämpötila laskee noin 35 asteeseen, mikä on optimilämpötila nitrifikaatiolle eli ammoniakkin muuntumi- selle kasvien käyttämäksi nitraatiksi. Noin kahden kuukauden ikäinen komposti on kypsymisvaiheessa ja sen lämpötila laskee lähelle ilman lämpötilaa. /10/, /12/, /18/

### 3.3.3 Kosteus

Mikrobit toimivat kompostissa vesifaasissa, joten ideaalinen kosteuspitoisuus olisi 100 %. Kosteus helpottaa mikrobien liikkuvuutta massassa sekä jätteiden ha- joamistuotteiden tasaista leviämisistä eli diffuusiota. Todellisuudessa kosteuspi- toisuuden täytyy kuitenkin olla selvästi alhaisempi, sillä mikrobien hapensaanti on turvattava. Liika vesi tukkii huokokset ja estää kaasujen vaihtoa. Kosteuden nous- tessa yli 80 %:n alkaa massa mädäntyä hapen puutteen takia. Liiallinen kuivuus puolestaan johtaa mikrobitoiminnan hidastumiseen. Kosteuden ollessa alle 40 %:n pysähtyy pieneliötoiminta lähes täysin. Hajoamisen ollessa nopeaa tulisi kosteu-



den olla 45–55 % ja aivan loppuvaiheessa noin 35 %:a. Hajoamisen on todettu tehostuvan, jos materiaalissa vaihtelevat kosteat ja kuivat jaksot. /10/, /12/

Tuoreen biojäteseoksen kosteus on tyypillisesti noin 65–70 %, mistä se kompostoitumisen edetessä laskee. Hyvät tukiaineet auttavat kompostimassaa pysymään sopivan kosteana. Kuivat sääolosuhteet kuitenkin voivat vaikuttaa niin paljon, että kosteus laskee alle 40 %:n, jolloin kompostia olisi hyvä kastella kääntöjen yhteydessä. Tällöin massa imee kaikkein tehokkaimmin vettä ja kosteus jakaantuu tasaisesti. /10/, /12/

### **3.3.4 Ilmastus**

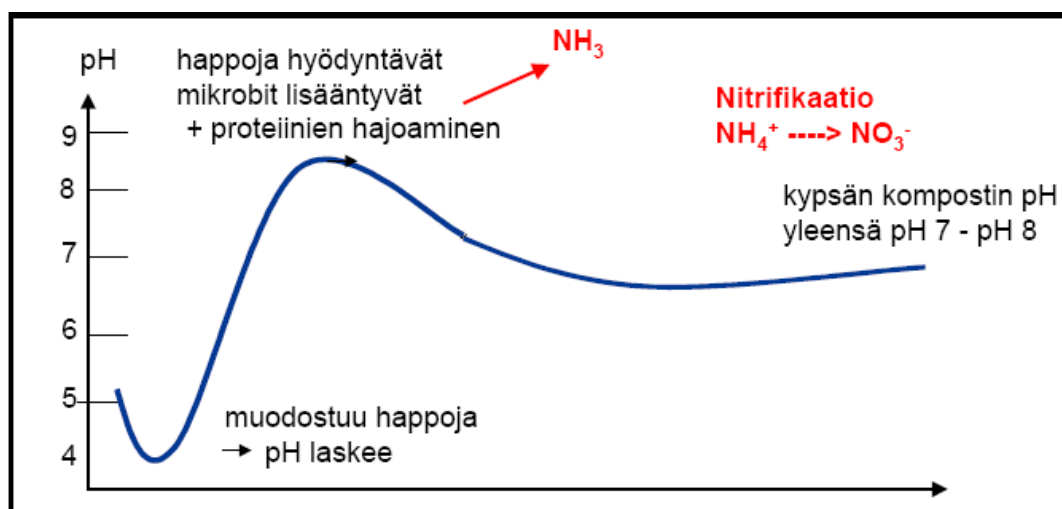
Aerobisessa kompostissa elävät mikrobit ja eliöt tarvitsevat elääkseen happea. Niiden aiheuttaman hajotustoiminnan seurauksena syntyy lämpöä ja hiilidioksidiä, jota haihtuu kompostista ilmaan. Ilmastuksen edellytyksenä on kompostin huokoinen rakenne, koska happi ja hiilidioksidi liikkuvat materiaalissa diffuusion avulla eli molekyylit pyrkivät tasoittamaan mahdollisesti esiintyviä pitoisuuksia. Diffuusiolle on eduksi pieni partikkelikoko ja näin ollen suuri pinta-ala. Toisaalta pieni partikkelikoko lisää kompostin kokoonpainumista estäen ilman liikkumisen partikkeleiden välissä. Sopiva partikkelien raekoko on n. 15–20 mm, maksimissaan 50 mm. Partikkelien kokoonpainumista voi estää huolehtimalla kompostin säännöllisestä kääntämisestä, jolloin tiivistynyttä biomassaa saadaan kuohkeutettua ja ilmanvaihtoa parannettua. Yhtenä ratkaisuna ilmastuksen tehostamiseen on mato- eli vermikomposti. Madot helpottavat kompostin hoitamista huolehtien tehokkaasti kompostin sekoittamisesta. Vermikompostointi poikkeaa kuitenkin normaalista kompostointiprosessista ja tässä työssä ei siihen enempää puututa. /10/, /18/

Kompostoreihin on kehitetty aktiivihiilisuodattimia, jotka edistävät kompostoitavan materiaalin ilmastusta ja vähentävät kompostista ulos pääsevien hajujen muodostumista. Tämän opinnäytetyön kokeellisessa osassa tutkitaan aktiivihiilisuodattimien vaikutusta kompostoitumisprosessiin.

### 3.3.5 Happamuus

Kompostin happamuus eli pH vaikuttaa osaltaan mikrobien toimintaan. pH kuvaa vapaiden vetyionien määrää kompostissa. Monille bakteeriryhmille optimaalinen pH-alue on 6,0–7,5 ja sienille 5,5–8,0. Joillakin happoa tuottavilla bakteeriryhmillä pH:n optimiarvo on huomattavasti alhaisempi. pH:n laskiessa alle viiden, eivät bakteerit enää pysty toimimaan. Tällöin hajotustoimintaan pystyy pääasiassa vain homeet. /12/

Hyvin toimivan kompostoinnin ensimmäisen viikon aikana happojen vapautuminen laskee pH:n arvoon 4–5 (Kuva 4). Seuraavan parin viikon aikana pH nousee nopeasti jopa arvoon 8–9. Tämän aiheuttaa valkuaisyhdisteiden voimistunut hajoaminen aminohapoiksi ja osittain vapaaksi ammoniakiksi, joka on vahvasti emäksinen aine. Lopulta pH laskee tasaisesti arvoon 7–7,5. /8/



**Kuva 4.** pH:n tyypilliset muutokset kompostoinnin aikana. /12/

## 4 BIOJÄTTEEN KÄSITTELY ANAEROBISISSA OLOSUhteissa

Anaerobisissa oloissa mikro-organismeja on yleensä kolmea eri lajia:

- hajottavat/rappeuttavat mikro-organismit
- opportunistiset/neutraalit mikro-organismit
- rakentavat/uusiutuvat mikro-organismit.

Mätänemistä ja fermentoitumista aiheuttavista mikro-organismeista koostuvat kaksi pienintä ryhmää määrittävät miljöön eli toisin sanoen ne sanelevat mätäneekö vai hajoaako kuollut materiaali. /2/

### 4.1 Mädätys

Biojätteiden mädätys on hyötykäyttömenetelmä, jossa jätettä hajotettaessa muodostuu energiatuotantoon käyttökelpoista metaanikaasua ja viherrakentamis- tai maatalouskäyttöön soveltuvaa mädätettyä jäännöstä. /12/

Mädätystekniikka on ollut yleisesti käytössä biojätteiden (maatalouden lannat ja jätteet, erilliskerätty yhdyskuntabiojäte, orgaaninen teollisuusjäte, puutarhajäte) käsittelyssä sekä erillis- että yhteiskäsittelylaitoksissa monessa Euroopan maassa jo 1980-luvulta lähtien. Se on osoittautunut toimivaksi ja sekä ympäristö- että energiataloudellisista eduista johtuen kannattavaksi käsittelymenetelmäksi. /12/

Suomessa mädätyksen hyödyntäminen muiden biojätteiden kuin yhdyskuntajätevesilietteen käsittelyssä on ollut vähäistä: yksi yhdyskuntabiojätteen käsittelylaitos Vaasassa (Stormossen Oy) ja muutamia karjanlantaa käyttäviä laitoksia maati- lojen yhteydessä. Kiinnostus on kuitenkin merkittävästi lisääntymässä. /12/

## 4.2 Fermentoituminen

Bioteknologia määrittää fermentoitumisen olevan eloperäisen materiaalin muuttamista bakteerien, sienten, soluviljelmien tai lisättyjen entsyymien avulla. Mikroorganismit kykenevät muodostamaan aineita, joita on erittäin vaikeaa tai mahdotonta valmistaa puhtaasti kemiallisin menetelmin. /2/

Toisin kuin mätänemisen aikana, fermentoitumisessa muodostuu vahvoja antioksidanteja ja ympäristöystävällisiä aineita, joita ovat mm. entsyymit, vitamiinit, aminohapot ja bioaktiivinen aine. Haitallisia aineenvaihdunnan tuotteita, kuten ammoniakkia ja metaania ei synny. Paras esimerkki fermentoitumisesta tulee hapankaalista. Tämän prosessin aikana alun perin vähän C-vitamiinia sisältävä valkokaali muuttuu rikkaaksi C-vitamiinin lähteeksi. Tämä saadaan aikaan aktiivisilla fermentaatiobakteereilla, jotka tässä tapauksessa muodostuvat pääasiassa maitohappoviljelmistä. /2/

## 5 EM-MIKROBIEN HYÖDYNTÄMINEN KOMPOSTOINNISSA

Japanilainen professori Teuro Higa Ryukyun yliopiston maatalouden tiedekunnasta kehitti 20 vuoden tutkimustyön aikana mikrobiseoksen, joka tuli markkinoille 1983. Mikrobiseos on osoittautunut erittäin hyödylliseksi jokapäiväisessä elämässä. Tämä tehokas mikro-organismiseos nimettiin EM-mikrobeiksi, joka on lyhenne sanoista Effective Micro-organisms. Se on sekoitus manipuloiduttomista vapaasti luonnossa esiintyvistä bakteereista. EM parantaa maaperän laatua ja hedelmällisyyttä lisäten maaperän luonnollista vastustuskykyä. Seuraavassa esitellään lyhyesti EM-mikrobien ominaisuuksia perustuen tuotteen valmistajan (Multikraft Produktions- und Handels GmbH) esitteessä ja verkkosivuilla antamiin tietoihin.

/2/, /13/

### 5.1 Koostumus

EM sisältää monenlaisia, tehokkaita mikro-organismeja, joista jokaisella on erityinen tehtävä. Lisäksi jokainen mikro-organismi tehostaa toisten toimintaa luoden niiden välille synergian.

EM koostuu seuraavista viidestä mikro-organismiperheestä:

- 1. Maitohappobakteerit** ovat ominaisuuksiltaan puhdistavia. Ne poistavat haitallisia mikro-organismeja ja edesauttavat nopeaa orgaanisten aineiden hajoamista. Lisäksi ne voivat estää haitallisen sienien, Fusariumin, kasvamista.
- 2. Hiiva** edesauttaa kasvien kasvua. Niiden aineenvaihdunta on ravintoa muille bakteereille kuten esimerkiksi maitohappo- ja aktinobakteereille.
- 3. Aktinobakteerit** tukahduttavat haitallisia sieniä ja bakteereita ja voivat elää yhdessä fotosynteesibakteerien kanssa.

**4. Fotosynteesibakteerit** ovat avainasemassa EM-mikrobien toimivuudessa. Ne kokoavat hyödyllisiä aineita juurien eritteistä, orgaanisesta aineksesta ja/tai haitallisista kaasuista (esim. rikkivety) käyttämällä auringonvaloa ja maan lämpöä energialähteinä. Ne edistävät auringonvalon tehokkaampaa hyödyntämistä eli toisin sanoen parempaa fotosynteesiä. Näiden mikro-organismien tuottama aineenvaihdunta imeytyy suoraan kasveihin. Lisäksi nämä bakteerit sitovat typpeä ja lisäävät muiden bakteerien määrää. Myös aerobisilla azotobakteereilla on tärkeä rooli typpiyhdisteiden hajottamisessa.

**5. Sienet** hajottavat orgaanisen materiaalin nopeasti aiheuttamalla fermentoitumisen. Ne estävät hajujen syntymistä ja ehkäisevät haitallisten hyönteisten mahdollisesti aiheuttamia tuhoja.

EM-mikrobeja voidaan käyttää perinteellisessä sekajätekompostissa, jossa kuitenkin tulee olla riittävästi bakteereille käyttökelpoista orgaanista materiaalia. EM-mikrobeilla käsitellyssä kompostissa hajoaminen tapahtuu sekä aerobisesti että anaerobisesti, joten kompostin ilmastuksella ei ole niin suurta merkitystä, kun käytettäessä muita kompostiaktivaattoreita.

## **5.2 EM-mikrobien toimintaperiaate**

Typen käyttäytyminen on esimerkki bakteerien yhteistyöstä. Typeä sitovat aerobiset azotobakteerit elävät orgaanisessa materiaalissa ja käyttävät muutostyössä happea, jolloin syntyy hapenpuute. Silloin vuoroon tulee anaerobiset fotosynteesibakteerit ja muuttavat orgaanisen aineen kasveille käyttökelpoiseen muotoon. Samalla ne käyttävät omaan energian tarpeeseensa aikaisempien azotobakteerien eritteet ja jäänteet. Kierros alkaa uudelleen. Fotosynteesibakteerien erite ja loppuunsa palvelleet osat ovat puolestaan ravintoa ja uutta elämän perustaa azotobakteereille. Tällä tavalla mikrobien yhteistoiminta mahdollistaa typen aerobisen ja anaerobisen muodostumisen. Edellä oleva on osa Teuro Higan kehittämän bakteeriseoksen toiminnasta. Tässä työssä keskityttiin EM-mikrobien toiseen sovellutusalueeseen, jossa biojäte fermentoidaan EM-liuoksen avulla. Prosessissa baktee-

rit tavallaan ”uuttavat” anaerobisissa olosuhteissa orgaanisesta materiaalista kudosnesteet pois, jolloin materiaali ikään kuin kuivuu. Prosessin ollessa valmis lopputuotteen haju on verrattavissa suolakurkkuun ja siiderietikkaan. Toisinaan pinnalla saattaa, pitkien fermentoitumisaikojen jälkeen, esiintyä sienirihmastoja. Se osoittaa fermentoitumisprosessin onnistuneen. /11/

### **5.3 Epäonnistunut EM-komposti**

Vahva eltaantunut tai mätä haju viittaa fermentoitumisen epäonnistumiseen. Musta tai sinisen vihreä sieni osoittaa, että saastuminen on tapahtunut ja roskat ovat lahonneet käymisen sijaan.

Epäonnistumisperusteita ovat seuraavat:

- EM-mikrobeja ei ole lisätty tarpeeksi
- säiliötä ei ole suljettu ilmatiiviiksi jokaisen biojätelisäyksen jälkeen
- fermentoitumisen seurauksena syntyviä nesteitä ei ole poistettu säiliöstä ja jäte on jäänyt liian kosteaksi
- komposti on altistunut liialliselle kuumuudelle.

## **6 KOMPOSTIA AKTIVOIVIEN AINEIDEN VER- TAILUKOE**

### **6.1 Kokeen tavoitteet**

EM-mikrobien toimivuutta kompostointiin on tutkittu paljon ulkomailla, mutta sen hyödyntämismahdollisuuksia kompostointiin on tutkittu suhteellisen vähän. Kokeen tavoitteena oli vertailla EM-mikrobien toimintaa pienkompostoinnissa markkinoilla oleviin kompostoinnin kiihdytinaineisiin. Verrokkikomposteihin käytettiin BioDegin ja Biolanin markkinoille tuomia kompostikiihdyttimiä. Nämä molemmat tuotteet toimivat perinteisissä aerobisissa komposteissa. Kompostoitumisprosessia tutkittiin kompostoreiden ollessa samanlaisissa olosuhteissa ja niiden sisältämä biojättemäärä oli yhtäläinen, mikä on kuvattu tarkemmin liitteessä 1. Kuivikeaineena kompostoreissa käytettiin turvetta lukuun ottamatta toista EM-mikrobeilla käsiteltyä kompostoria, johon lisättiin EM-mikrobeilla käsiteltyä kuivikeainetta eli Bokashia. Biojätteet ja niiden määrät on esitetty liitteessä 1.

Tutkittavana tekijänä oli myös ilmastuksen vaikutus kompostoitumisprosessiin. Biolania ja BioDegiä sisältävistä kompostoreista oli vertailupohjana samanlaiset kompostorit, joista oli poistettu neljä kannessa olevaa aktiivihiilisuodatinta. Näin ollen kompostorit olivat enemmän tekemisissä ulkoilman kanssa. EM-mikrobeja puolestaan tutkittiin myös anaerobisissa olosuhteissa biojätteen hajotessa fermentoitumalla. Verrokkinäytteitä ei tutkittu anaerobisissa olosuhteissa, koska ne eivät sisältäneet niihin soveltuvia bakteereita.

Hajuhaittojen tutkiminen oli myös yksi kokeen tavoitteista. Ensisijaisia tutkimuksen kohteita olivat aktiivihiilisuodattimien sekä EM-fermentoitumisprosessin vaikutus hajun muodostumiseen ja estoon. Näiden molempien osalta syntyvien hajujen suodattumista verrattiin kompostoreihin, joissa aktiivihiilisuodatusta ei ollut.



Kokeen loppuvaiheessa kompostorit vietiin ulos kompostien ollessa kypsymisvaiheessa. Tämän testin tarkoituksena oli tutkia kompostien mikrobien toiminnan aktiivisuutta pakkasolosuhteissa.

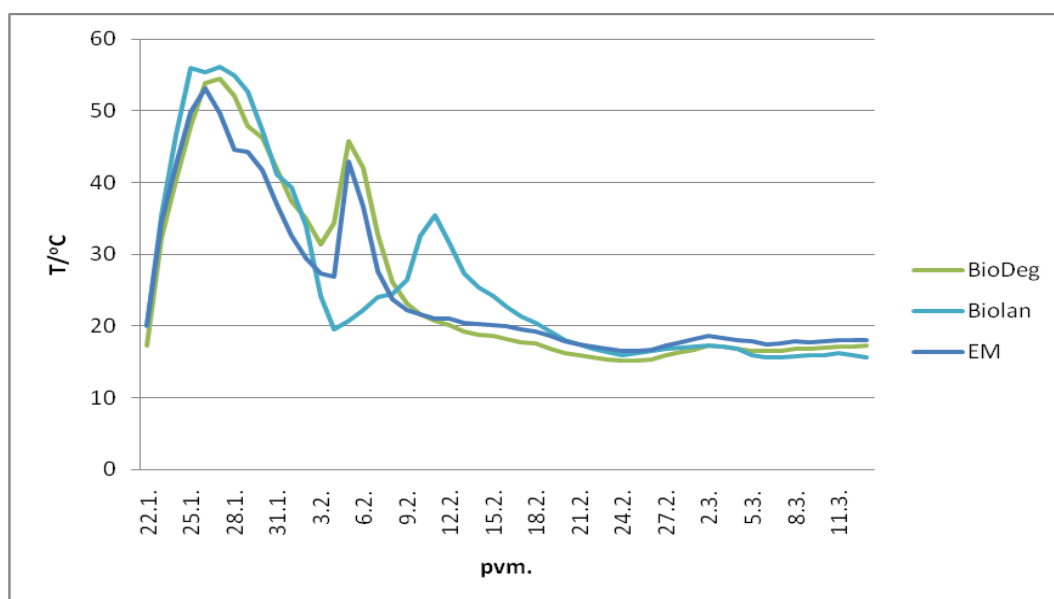
## **6.2 Koejärjestelyt ja toteutus**

Koe aloitettiin 22.1.2010 ja tarkoituksena oli jatkaa sitä niin kauan kuin kompostoreissa oletettiin tapahtuvan kokeen tulosten kannalta merkittävää mikrobitoimintaa. Kokeessa käytettiin viittä kuvassa 5 näkyvää BioDegin kompostoria /14/. Kompostointipaikaksi valittiin maakellari, jossa lämpötilan vaihteluväli oli n. 14–16 °C. Lämpötilan seuranta varten kompostoreihin oli asennettu lämpötilanturit. Lämpötilat mitattiin, muutamaa poikkeusta lukuun ottamatta, aamuin ja illoin.

### 6.2.1 Kompostointiprosessi sisätiloissa

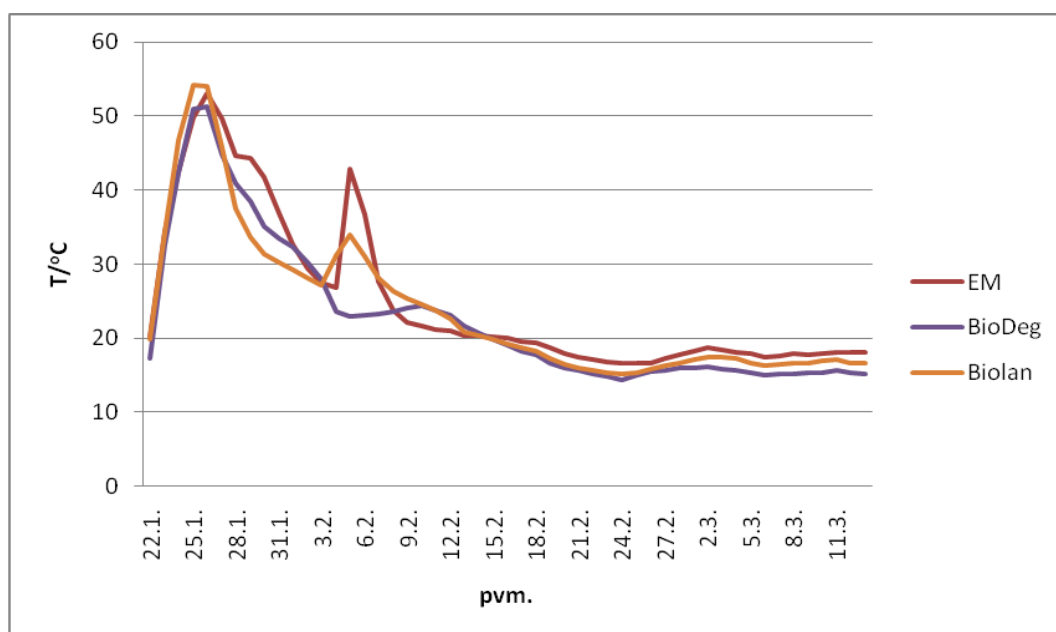


**Kuva 5.** Kompostorit maakellarissa.



**Kuva 6.** Lämpötilan kehitys kompostoreissa, joissa oli aktiivihiilisuodatus.

Alunperin vain BioDegin ja Biolanin kompostoreissa oli aktiivihiilisuodatus. Biolanin ja EM-kompostorin, joissa aktiivihiilisuodatinta ei ollut, kannet vaihdettiin 2.2.2010. Tämän seurauksena EM-mikrobeja sisältävän kompostorin lämpötila nousi (Kuva 6) huomattavasti eli aktiivihiilisuodattimien vaikutus näkyi. Tämä johtui mikrobien lisääntyneestä toiminnasta kompostissa.



**Kuva 7.** Lämpötilan kehitys kompostoreissa, jotka olivat ilman aktiivihiilisuodattimia.

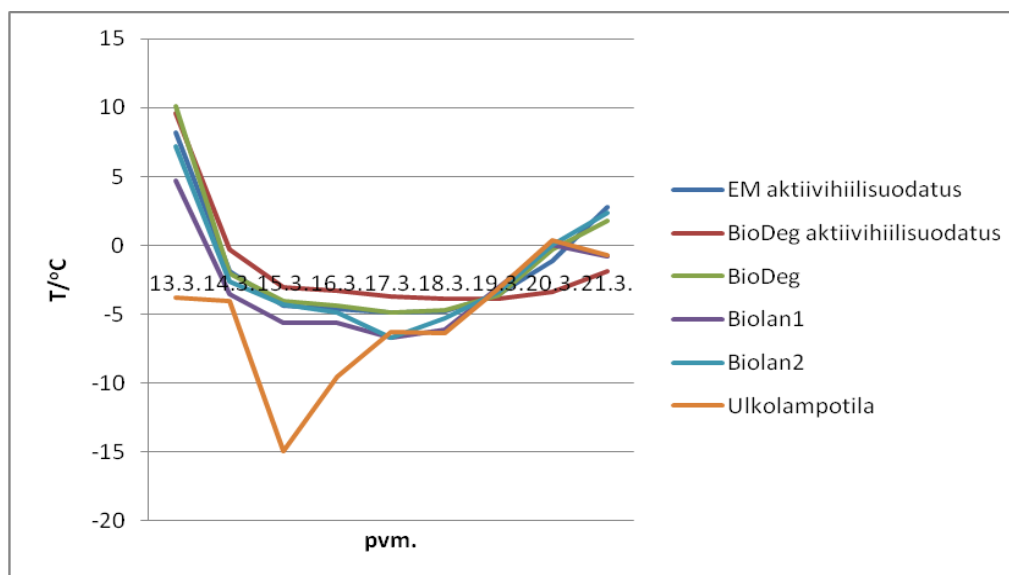
Lämpötila kompostoreissa nousi yllättävän nopeasti huippuunsa, jonka jälkeen se alkoi tasaisesti laskea. Kompostoreissa, joista aktiivihiilisuodattimet puuttuivat (Kuva 7), lämpötila ei oletetusti pysynyt samalla tasolla; kompostorit olivat liian paljon ulkoilman kanssa tekemisissä. Huomattavaa oli myös hajun muodostuminen.

## 6.2.2 Kompostointiprosessi ulkona

Lämpötilojen tasaannuttua kompostorit vietiin ulos 13.3.2010. (Kuva 8) Tarkoituksena oli tutkia niiden pakkasensietokykyä. Ennen kompostoreiden ulosviemistä lämpötiloista voitiin päätellä biojätteen jo pääosin hajonneen.

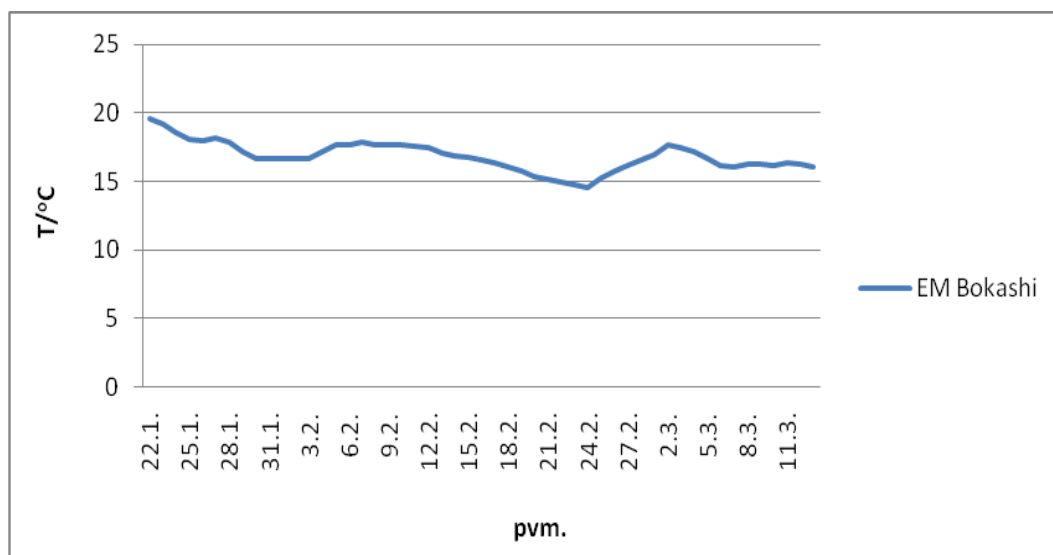


**Kuva 8.** Kompostorit ulkona.



**Kuva 9.** Kompostien lämpötilojen kehitys ulkona.

Kompostien lämpötilat mitattiin kaksi kertaa päivässä (Kuva 9). Koe sujui ennako-odotusten mukaisesti eli kompostit jäätyivät, koska mikrobikanta ei ollut tarpeeksi vahva pitämään niitä sulana.



**Kuva 10.** EM Bokashilla käsitellyn kompostorin lämpötilan muutos.

EM Bokashi oli fermentoitumisprosessissa oleva komposti, jonka lämpötilan kehitys oli tasainen (Kuva 10). Siinä ei tapahtunut muihin verrattavaa lämpötilan kehitystä. Tämä oli odotettavaakin, koska fermentoitumisprosessi eroaa normaalista kompostoitumisprosessista.

### 6.3 Laboratoriotestit

Laboratoriotestit suoritettiin Vaasan ammattikorkeakoulun TechnoBothnian laboratoriotiloissa 3.2.2010 kompostoitumisen seurauksena syntyvistä nesteistä. Tutkittavina parametreinä oli pH, ominaisjohtokyky sekä ammoniumin määrä komposteissa (Taulukko 1).

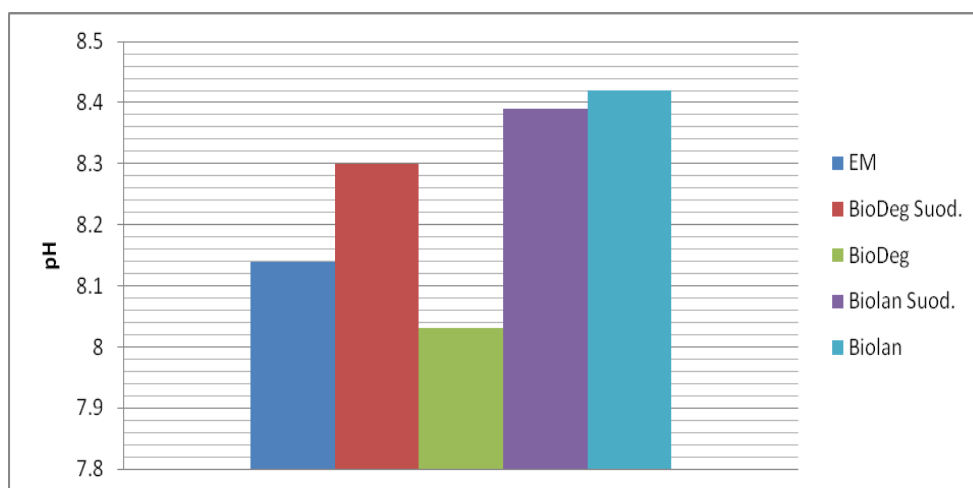
Kompostoitumisen seurauksena syntyvien nesteiden muodostuminen kompostien välillä oli mielenkiintoinen tekijä. Nestettä valui aktiivihiilisuodattimen sisältäviä komposteista jopa 10-kertaisesti enemmän kuin verrokkikomposteista, joissa

aktiivihiihliisuodatinta ei ollut. Tämän seurauksena komposteista ei saatu nesteitä toisia suunniteltuja laboratorionkokeita varten.

**Taulukko 1.** Laboratorionkokeet TechnoBotniassa 3–4.3.2010.

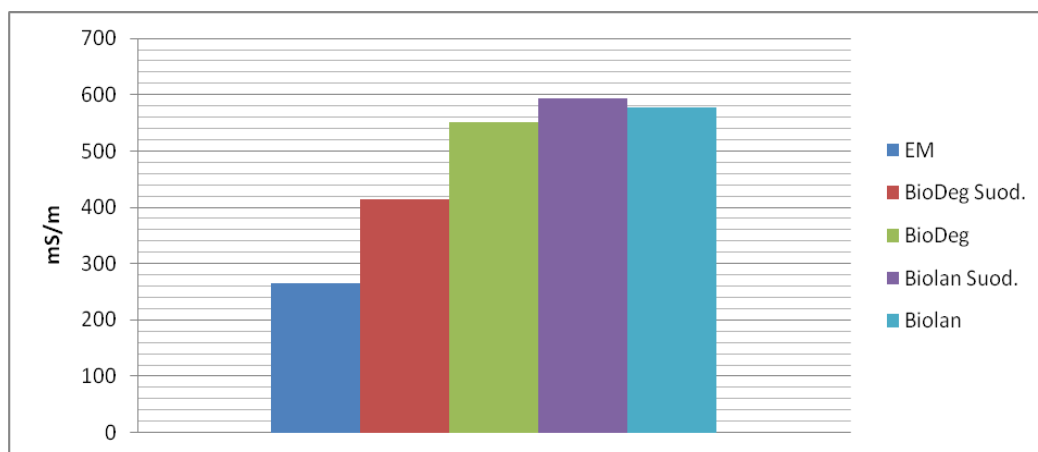
	<b>EM</b>	<b>BioDeg Suod.</b>	<b>BioDeg</b>	<b>Biolan Suod.</b>	<b>Biolan</b>
<b>pH</b>	8,14	8,3	8,03	8,39	8,42
<b>Ominaisjohtokyky [mS/m]</b>	2,66	4,14	5,51	5,94	5,77
<b>Ammonium [mAU]</b>	2,20	6,40	2,63	4,49	1,68

Kompostin pH-arvot eivät yleensä nouse yli kahdeksaan, joten siinä mielessä tulokset olivat mielenkiintoisia (Kuva 11). Vertailtavien näytteiden välille saatiin kuitenkin vain marginaalisia eroja, joten tuloksista ei voida tehdä merkittäviä johtopäätöksiä.



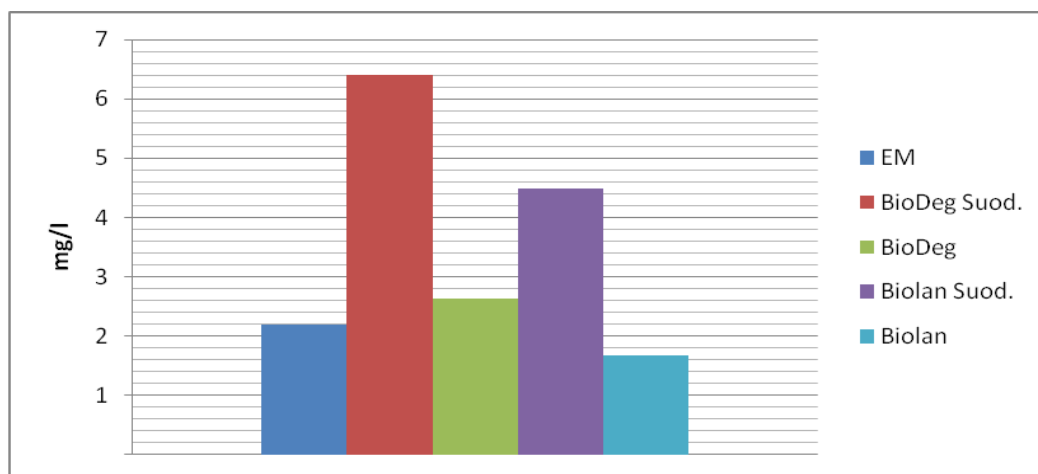
**Kuva 11.** Kompostointikokeen pH-arvot.

Ominaisjohtokyky kuvaa vesiliukoisten ravinteiden ja suolojen yhteismäärää (Kuva 12). Tuloksista voidaan päätellä EM-bakteerien positiivinen vaikutus kompostin ravinteiden määrään.



**Kuva 12.** Kompostointikokeen ominaisjohtokyky arvot

Aktiivihiihliuodattimen vaikutus näkyi selvästi tutkittaessa ammoniumin muodostumista (Kuva 13). Tästä voidaan päätellä kyseisten kompostien nopeampi stabiiloituminen verrattuna komposteihin, joissa aktiivihiihliuodatusta ei ollut. Hyvä ja kypsä komposti sisältää lähinnä nitraattityyppiä ja vain vähäisissä määrin ammoniumia. /7/



**Kuva 13.** Kompostointikokeen ammonium arvot.

#### 6.4 Loppuarviointi ja johtopäätökset

Saaduista koetuloksista ei voida tehdä merkittäviä johtopäätöksiä vertailtaessa EM-mikrobien vaikutusta BioDegin ja Biolanin kompostikiihdyttimiin nähden. Aktiivihiilisuodattimien läsnäolo aiheutti lieviä muutoksia kompostoitumisprosessiin pitämällä lämpötilan komposteissa korkeampana. Mikrobitoiminnan muutokset kompostissa näkyivät kahtena erillisenä lämpötilan huippuarvona. Tämä selittyy mikrobikannan muutoksilla kompostoitumisprosessin aikana. Osa mikrobikannasta kuolee ensimmäisen lämpötilahuipun saavutettua kompostin. Uusi sukupolvi mikrobeja syntyy mm. kompostin sekoittamisen eli siitä seuranneen ilmastuksen myötä.

Toisena tutkittavana tekijänä ollut aktiivihiilisuodattimien vaikutus hajujen muodostumiseen oli havaittavissa. Tämä oli odotettavissa, koska aktiivihiili estää kompostissa hajua aiheuttavan ammoniakkin pääsyä ilmaan. Huomattavaa oli myös erillisenä fermentoitumisprosessissa olleen EM-Bokashilla käsitellyn biojäteastian aiheuttama haju, vaikka ennen koetta sen oletettiin muodostavan vähiten hajuja. Hajujen muodostuminen aiheutui anaerobisten olosuhteiden puutteesta. Tämä johtui lämpötila-anturin huolimattomasta asentamisesta biojäteastiaan, jonka seurauksena astia ei ollut tarpeeksi tiivis. Jatkotutkimuksia fermentoitumisprosessista päätettiin jatkaa toisella koejärjestelyllä, jossa kiinnitettiin erityisesti huomiota anaerobisten olosuhteiden luomiseen.



## 7 ANAEROBINEN KOE

### 7.1 Kokeen tavoite

Toisen koejärjestelyn tavoitteena oli tutkia EM-mikrobien toimivuutta fermentoitumisprosessissa anaerobisissa olosuhteissa. Koetta varten otettiin kaksi samanlaista EM-tuoteperheeseen kuuluvaa biojäteastiaa, joista kumpaankin laitettiin 3500 g samanlaisen koostumuksen omaava biojäte-erä. Toista niistä käsiteltiin EMa-liuoksella. Biojäteastian sisältö on kuvattu tarkemmin liitessä 2. Verrokinäytteeseen, jota tämän kokeen yhteydessä kutsutaan normaaliksi, lisättiin EMa-liuoksen määrää vastaava määrä puhdasta vettä, jotta testimateriaalien kosteuspitoisuudet olisivat olleet samanlaiset. Tärkeimpiä tutkittavia tekijöitä olivat hajujen muodostuminen ja fermentoidun biojätteen sekä verrokkijätteen ravinnepitoisuuksien vertailu. Molempia jätteistöitä säilytettiin normaalissa huoneenlämpötilassa.

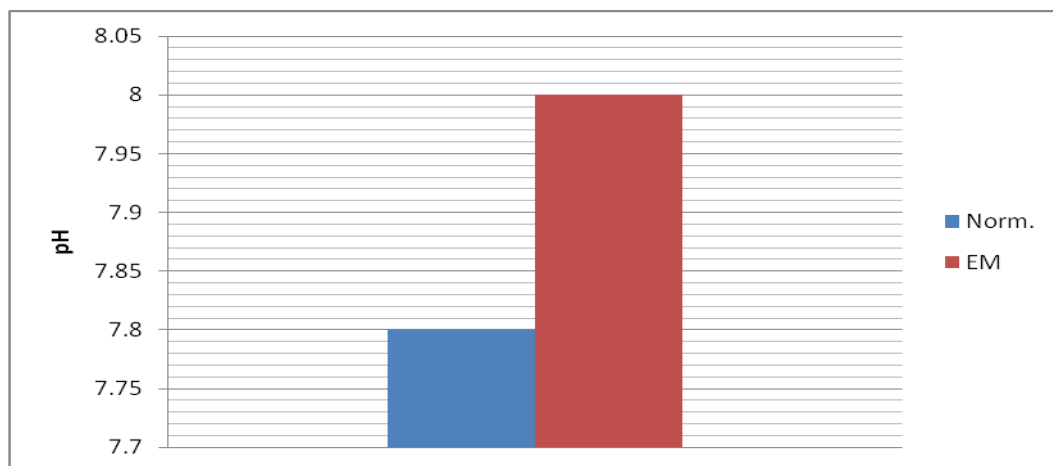
### 7.2 Koetulokset ja niiden analysointi

Kompostista muodostuvat nesteet analysoitiin Kokemäen vesiensuojeluyhdistyksen laboratoriossa. Analyysissä saatiin seuraavia tuloksia:

**Taulukko 2.** Anaerobisen kokeen laboratoriotulokset.

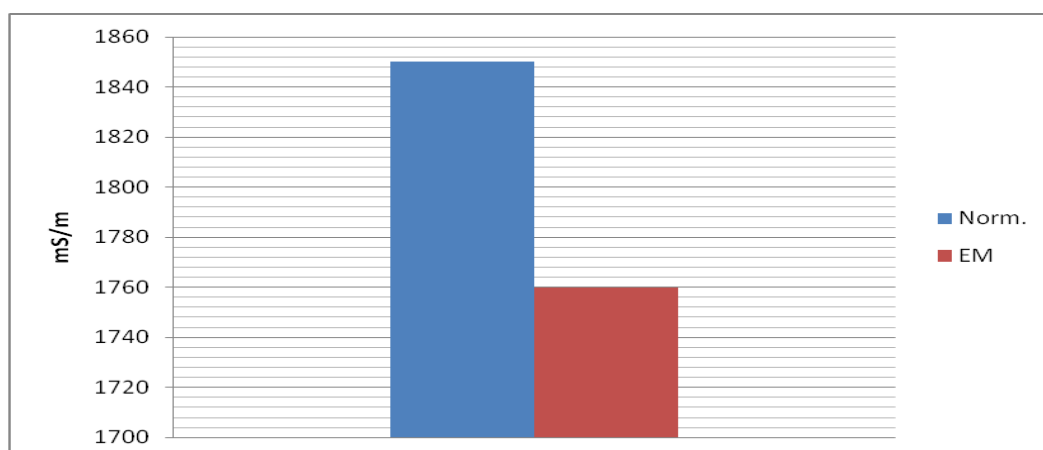
	<b>Normaali biojäte:</b>	<b>EM:llä fermentoitu biojäte:</b>
<b>pH</b>	7,8	8,0
<b>Ominaisjohtokyky, mS/m</b>	1850	1760
<b>Kokonaisfosfori, mg/l</b>	88	39
<b>Kokonaistyppe, mg/l</b>	2400	1200
<b>BOD 7 (ATU), mg/l</b>	2100	840
<b>Ammoniumtyppe, mg/l</b>	2300	850

Anaerobisen kokeen pH-arvoissa ei ollut merkittävää eroa. EMa-liuoksella käsitellyssä biojätteessä oli hieman korkeampi arvo (Kuva 14), mutta tästä ei voida tehdä merkittäviä johtopäätöksiä anaerobisen toiminnan suhteen. Kompostoitumisen edetessä pH asettuu normaalisti välille 7–8.



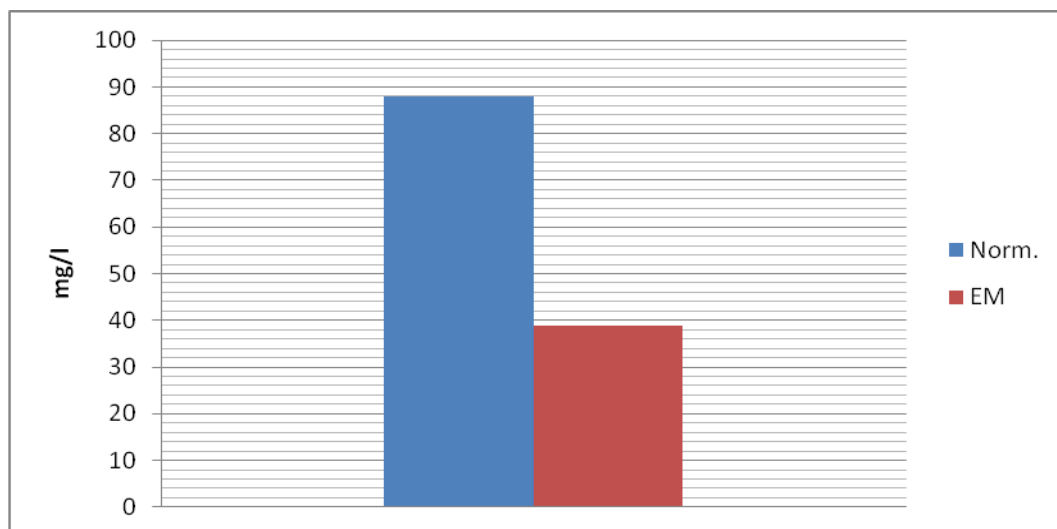
**Kuva 14.** Normaalin ja EM-mikrobien pH-arvot.

Ominaisjohtokyky kuvaa vesiliukoisten ravinteiden ja suolojen yhteismäärää. Saaduista tuloksista (Kuva 15) voidaan päätellä EM-liuoksella käsitellyn kompostin sisältävän enemmän ravinteita ja suoloja. Ero ei kuitenkaan ole merkittävä.



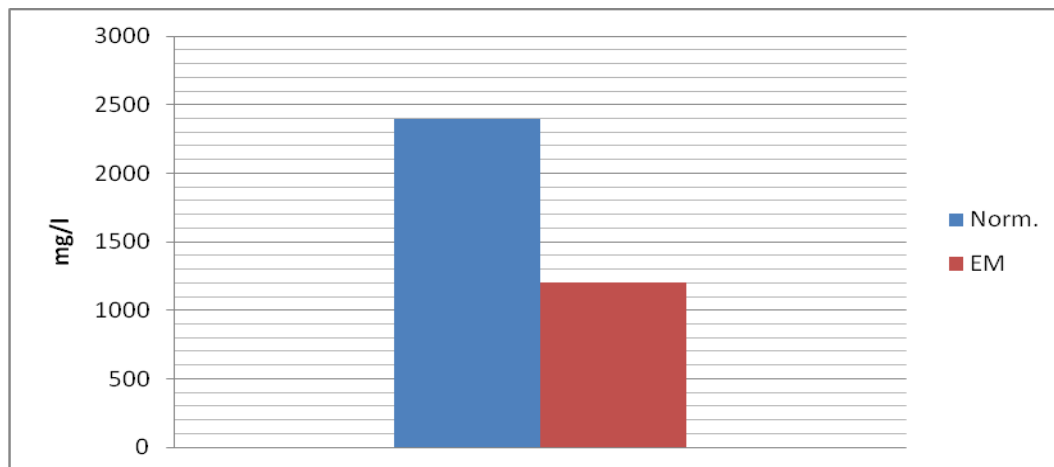
**Kuva 15.** Normaalin ja EM-mikrobien ominaisjohtokyky.

Fosforin määrä kompostissa kuvaa kompostoidun materiaalin ravinnepitoisuutta. Normaleissa oloissa kompostoidun biojätteen liennut fosforipitoisuus oli yli kaksi kertaa suurempi (Kuva 16), jonka seurauksena itse komposti ei ole yhtä ravinnekas fosforin osalta kuin EMa-liuoksella käsitelty biojäte.



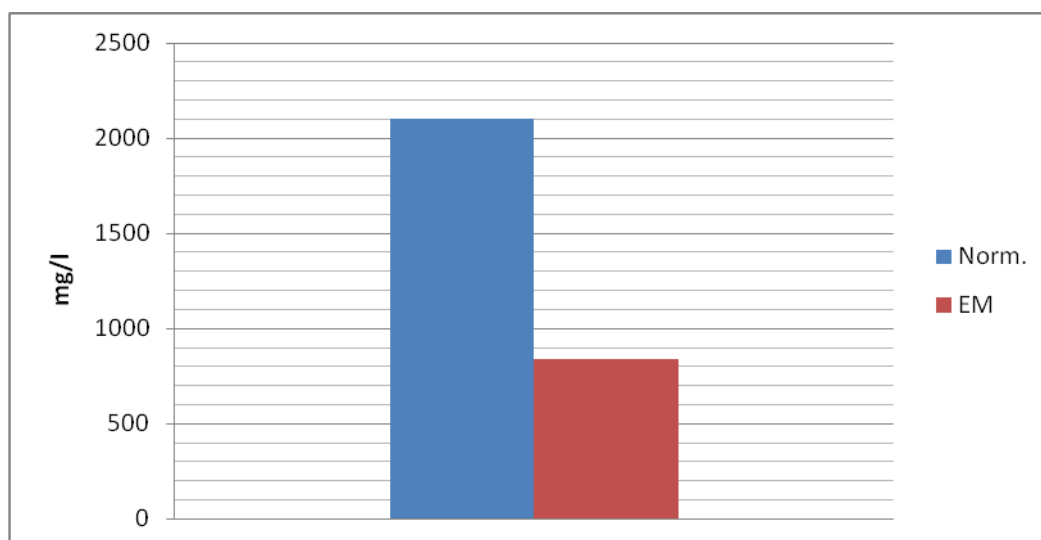
**Kuva 16.** Normaalin ja EM-mikrobien kokonaisfosforiarvot.

Typpi on fosforin lisäksi luonnossa esiintyvä tärkeä ravinne. EMa-liuottimella käsitelty komposti sitoi typen kaksi kertaa tehokkaammin kuin normaali komposti (Kuva 17), josta voidaan päätellä sen olevan ravinneikkaampaa myös typen osalta.



**Kuva 17.** Normaalin ja EM-mikrobien kokonaistyppiarvot.

BOD tarkoittaa pieneliöiden orgaanisen aineen hajottamiseen tarvitsemaa happimäärää. BOD<sub>7</sub>-arvolla (Kuva 18) tarkoitetaan sitä määrää liuennutta happea, joka kuluu orgaanisten yhdisteiden biokemialliseen hapettumiseen seitsemässä päivässä. /7/ Lyhenne ATU puolestaan viittaa allyylitioureaan, jonka lisäyksellä estetään ammoniumin hapettuminen.

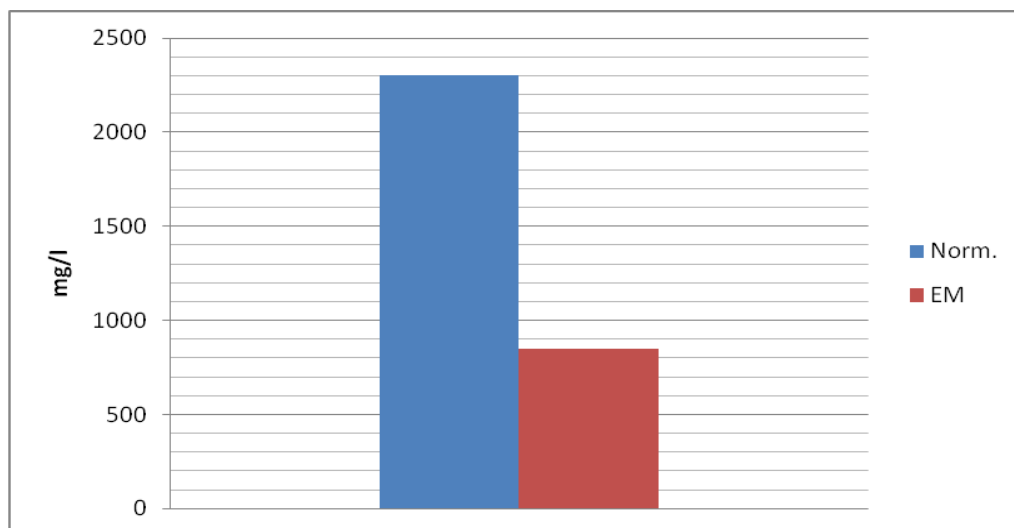


**Kuva 18.** Normaalin ja EM-mikrobien BOD<sub>7</sub> (ATU) arvot.

Proteiinien rakenneyksiköiden tullessa käytetyksi hiililähteinä vapautuu kompostiin ammoniumtyyppiä, joka aiheuttaa kompostissa pH:n nousun. /7/

Ammoniumtyyppien pieni määrä kompostissa saattaa osaltaan selittää EM-liuoksella käsitellyn kompostin hieman korkeamman pH-arvon. (Kuva 19)

Verrokkibiojätteen korkea ammoniumtyyppipitoisuus muodosti ammoniakkin ja sitä kautta hajun muodostumisen, joka oli selvästi haistettavissa.



**Kuva 19.** Normaalin ja EM-mikrobien ammoniumtyyppiä.

### 7.3 Loppuarviointi ja johtopäätökset

Fermentoitumiskokeesta saadut tulokset osoittivat EM-mikrobien tehokkuuden anaerobisissa olosuhteissa. Niiden vaikutus hajujen vähentämiseen oli erittäin selvä. Niitä sisältävän biojäteastian haju oli hieman imelä, mutta selkeästi huomattomampi kuin voimakkaasti haisevan verrokkinäytteen. Voidaankin todeta EM-liuoksen vähentävän hajujen muodostumista merkittävästi. Myös fermentoituneen biojätteen ravinnepitoisuus eli fosforin ja typen määrä oli EM-liuoksella käsitellyssä biojäteastiassa merkittävästi suurempi.

## 8 YHTEENVETO

Kompostoinnin tutkiminen oli mielenkiintoista ja osaltaan myös haastavaa. Kompostoitumiseen vaikuttavien tekijöiden välisten suhteiden ymmärtäminen oli aluksi hankalaa. Kirjallisuutta ja tutkimustietoa löytyi kuitenkin runsaasti. Sisäistetyäni ne koko prosessi hahmottui paremmin. Pidän käyttämiäni lähteitä luotettavina, eivätkä ne ole olleet ristiriidassa toistensa kanssa.

Painopisteenä tässä työssä oli mikrobien vaikutuksen tutkiminen kompostoitumisprosessiin, jota tutkittiin kahdella erillisellä koejärjestelyllä. Aikaisemman kokemuksen puutteesta johtuen kompostointikokeiden toteuttaminen optimaalisesti oli haastavaa. Aktiivihiihluodattimen vaikutuksesta kompostoitumisprosessiin ei löytynyt kirjallisuudesta tietoa, joten sen analysoiminen oli mielenkiintoista. Kompostointi ja laboratoriokokeet sujuivat kuitenkin hyvin, joten saatuja tuloksia voidaan pitää luotettavina.

Kompostoinnin lisäksi tutkittiin EM-mikrobien aikaansaamaa fermentoitumisprosessia, joka tapahtuu anaerobisissa olosuhteissa. Saaduista tuloksista voidaan päätellä EM-mikrobien olevan hyödyksi biojätteen käsittelyssä. Niiden positiivinen vaikutus fermentoidun biojätteen ravinteikkuuteen oli selvä ja lisäksi hajuhaitat vähenivät merkittävästi.

Kokonaisuutena voidaan sanoa, että kompostin hoitaminen vaatii aikaa, kärsivällisyyttä ja tarkkuutta. Kompostoitumisprosessi näyttää perin yksinkertaiselta, mutta on itse asiassa jatkuvassa muutostilassa oleva fysikaalis-kemiallis-biologinen prosessi, johon kompostin ylläpitäjä voi vaikuttaa omilla toimillaan. Kompostoitumisen tapahtumissa keskeinen rooli on mikrobeilla, joiden elinolosuhteiden luominen optimaaliseksi on tärkeää. Kompostoinnin suurin virhe onkin, että kompostoi- ja unohtaa olevansa tekemisissä elävän ja monimuotoisen, herkästi reagoivan ekosysteemin kanssa.

## LÄHDELUETTELO

- /1/ Alm Gustaf, Eriksson Göran, Ljunggren Hans, Oalmstierna Ingerm & Ti-  
berg Nils 1993, Kompostointikirja, Hanko, Hanprint Oy
- /2/ EM applications: In House, Garden and agriculture. EM-tuotteita valmis-  
tavan Multikraft Produktions- und Handels GmbH:n esite
- /3/ Heinola Maria 2010. Kaupoille tulossa velvoite jätteidenlajitteluun. Yle  
uutiset. [viitattu heinäkuu 2010]. Saatavilla www-muodossa:  
<URL:[http://yle.fi/uutiset/kotimaa/2010/05/kaupoille\\_tulossa\\_velvoite\\_jat-  
teidenlajitteluun\\_1628318.html](http://yle.fi/uutiset/kotimaa/2010/05/kaupoille_tulossa_velvoite_jat-<br/>teidenlajitteluun_1628318.html)>
- /4/ Huotari Hanna, Hänninen Kari ja Malinen Heikki. 1992. Kompostoinnin  
biotekniikka ja laitteet. Espoo: Valtion teknillinen tutkimuslaitos. VTT  
tiedotteita 1371
- /5/ Häkkinen Hannele 2008. Brysselin toimiston tiedote. Kuntaliitto. [viitattu  
heinäkuu 2010]. Saatavilla www-muodossa:  
<URL:[http://www.kunnat.net/attachment.asp?path=1;29;346;31405;47265  
;145283](http://www.kunnat.net/attachment.asp?path=1;29;346;31405;47265<br/>;145283)>
- /6/ Hänninen K. , Rintala J. & Veijanen A. 2005. YMP 110 – Ympäristötek-  
nologian perusteet - Luentomoniste 2005. Ympäristötieteet - Bio- ja ympä-  
ristötieteiden laitos - Jyväskylän yliopisto
- /7/ Itävaara Merja, Kapanen Anu, Venelampi Olli, Vikman Minna & Vuori-  
nen Arja 2006, Kompostin kypsyystestit, Menetelmäohjeet. VTT tiedot-  
teita 2351
- /8/ Järvinen Kari ja Suokas Päivi 1999. Eläköön komposti Lannoittamisen  
olemuksesta. Helsinki, Hakapaino Oy

- /9/ Kapuinen Petri, Survo Kyösti ja Taavitsainen Toni. 2002. MaLLa-hankeen loppuraportti: Maatalouden lietteiden ja lantojen keskitetyn käsittelyn mallinnus. [viitattu heinäkuu 2010]. Saatavilla www-muodossa: <URL:<http://kokoeko.savonia-amk.fi/MaLLa%20hankkeen%20loppuraportti.pdf>>
- /10/ Koski Eija 1995, Matokomposti. Jyväskylä, Gummerus Kirjapaino Oy
- /11/ Lorch Anne 2006, EM Eine chance fur unsere erde. Effektive Mikroorganismen Wirkungsweise und Praxis. OLV Orgsnischer Landbau Verlag. Printed in Switzerland
- /12/ Martin Albers, Hannu Helle & Timo Varpula. Kompostointiprosessin monitorointi ja ohjaus, Kirjallisuusselvitys. VTT Tietotekniikka
- /13/ Multikraft Produktions- und Handels GmbH:n kotisivu. [viitattu 14.8.2010]. Saatavilla www-muodossa: <URL: <http://www.multikraft.com>>
- /14/ Pat. 20011082. Composter for treating organic waste. BioDeg Finland Oy. (Pohjola.P.) Appl. EP20020771663 20020523, 2004-04-07. Publ. EP1404630 (A1)
- /15/ Plastiroll Oy:n kotisivu. [viitattu 2.8.2010]. Saatavilla www-muodossa: <URL: <http://www.plastiroll.fi/index.php?main=121>>
- /16/ Tekes 2005. Streams – Yhdyskuntien jätevirroista liiketoimintaa 2001-2004. Libris Oy



- /17/ Tchobanoglous George, Theisen H. & Vigil S. A. 1993. Integrated Solid Waste Management. Engineering Principles and Management Issues. McGraw-Hill International Editions
- /18/ Thompson Ken 2008, Komposti, Gummerus Kirjapaino Oy
- /19/ University of Illinois extensionin kotisivu. Materials for composting. Saatavilla [www-muodossa:](http://web.extension.illinois.edu/homecompost/materials.html)  
<URL:<http://web.extension.illinois.edu/homecompost/materials.html>

# **LIITTEET**

LIITE 1. Biojätteen määrä kompostia aktivoivien aineiden vertailukokeessa

LIITE 2. Biojätteen määrä anaerobisessa kokeessa

LIITE 1. Biojätteen määrä kompostia aktivoivien aineiden vertailussa

<b>Eines</b>	<b>massa/g</b>
Peruna	500
Omena	350
Punajuuri	300
Tomaatti	500
Porkkana	80
Banaani	600
Maksamakkara	300
Pulla	90
Vaalea leipä	250
Karjalanpiirakka	200
Tumma leipä	200
Jauheliha	850
Lihapiirakka	100
Perunasalaatti	150
Vesimeloni	150
Salaatti	100
Uunijuurekset	300
Kaurahiutaleet	300
<b>YHT.</b>	<b>5320</b>

## LIITE 2. Biojätteen määrä anaerobisessa kokeessa

<b>Eines</b>	<b>massa/g</b>
maksamakkara	100
kananmuna	50
lihapulla	500
kaurahiutaleet	1000
perunasalaatti	200
pitsa	360
tomaatti	100
uunijuurekset	500
kahvisuodattimen jäte	300
appelsiinin kuori	100
kala	250
kaali	90
<b>YHT.</b>	<b>3550</b>