



# **KOMPOSTIN SEOS- JA KIIHDY- TINAINEN TESTAUS**

Virva Mattila

Opinnäytetyö  
Helmikuu 2014  
Degree Programme in  
Environmental Engineering

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU  
Tampere University of Applied Sciences

## TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Degree programme in Environmental Engineering

MATTILA, VIRVA:  
Kompostin seos- ja kiihdytinaineiden testaus

Opinnäytetyö 68 sivua, joista liitteitä 7 sivua  
Helmikuu 2014

---

Tämän opinnäytetyön toimeksiantaja oli Berner Osakeyhtiö. Opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia ja vertailla kompostin seos- ja kiihdytinaineita. Tutkimuksessa kompostoitui viittä eri seosainetta biojätekompostissa, neljää eri kompostikiihdytintä kuivakäymäläkompostissa ja viittä eri kiihdytinainetta biojätekompostissa. Tavoitteena oli verrata eri seos- ja kiihdytinainekomposteja ja löytää aineet, jotka edesauttavat kompostoitumista. Kompostointikokeet toteutettiin kahtena rinnakkaisena käsittelynä laboratoriomittakaavan panoskokeina, jossa testiaika oli 40 vuorokautta.

Kompostointikokeen tuloksia arvioitiin pH:n, lämpötilan, C/N-suhteen, hajun ja ulkonäön perusteella. Komposteja arvioitaessa ja vertaillessa otettiin huomioon kompostit ja kompostointiprosessi kokonaisuutena, jolloin etenkin aistinvaraisesti tutkitut ominaisuudet korostuivat lopputuloksissa. Tulosten perusteella voidaan sanoa, että jätteen sekaan täytyy sekoittaa seosainetta, jotta jäte lahoaa. Kompostin kiihdytinainetestien tulosten perusteella toiset kiihdytinaineet olivat parempia kuin toiset, mutta ne jotka toimivat hyvin nopeuttivat kompostoinnin alkamista.

Jokaisesta seos- ja kiihdytinainekompostista toteutettiin vain yhdet kokeet, mikä voi vaikuttaa tulosten sattumanvaraisuuksiin. Sattumanvaraisten tulosten aiheuttamien vääristymien välttämiseksi komposteja arvioitiin kokonaisuuksina, joissa otettiin huomioon kaikki arviointikriteerit.

Opinnäytetyö sisältää salassapitosopimuksen alaisia tietoja. Eri seos- ja kiihdytinaineiden nimet on salattu numeroimalla aineet yhdestä neljääntoista, aineiden ominaisuuksia sekä niiden käytettyjä määriä kuvaavat kohdat on jätetty pois julkaistavasta opinnäytetyöstä.

## **ABSTRACT**

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Tampere University of Applied Sciences  
Degree programme in Environmental Engineering

MATTILA, VIRVA:  
Compost bulking material and booster testing

Bachelor's thesis 68 pages, appendices 7 pages  
February 2014

---

This Bachelor's thesis was done for Berner Ltd. in Tampere University of Applied Sciences Laboratories. The objective of this work was to compare different compost bulking materials and booster additives. The experiments were done with five different bulking materials for biowaste, four different booster additives for dry toilet waste and five different boosters for biowaste. The aim was to compare the different bulking materials and boosters, and to find the best working substances for composting. The experiments were done as batch processing of parallel treatments in laboratory scale, for 40 days of experiment time.

The experiment results of composting process were estimated according to temperature, pH, C/N ratio, smell and overall appearance. Overall appearance of the compost was the primary evaluation criteria. Based on the results it can be said that bulking material must be added to waste for degradation to happen. Some of the compost boosters were better than others, but the ones that worked well started the composting process faster.

There was only one experiment for each of the test members, which might cause random errors. The composting results are evaluated according to all of the criteria to avoid the effect of random errors in the results.

This bachelor's thesis includes confidential information. Names of different bulking materials and boosters are replaced with numbers from one to fourteen and parts which describe qualities or exact amounts of the substances are left out from the published thesis.

---

Key words: compost, composting, organic waste, dry toilet

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	7
2	TEORIA .....	8
2.1	Kompostointiprosessi.....	8
2.2	Jäte .....	9
2.2.1	Biojäte .....	9
2.2.2	Käymäläjäte.....	10
2.3	Seosaine .....	11
2.4	Kiihdytinaine .....	12
2.5	Kompostoinnin vaiheet .....	13
2.5.1	Mesofiilivaihe .....	14
2.5.2	Termofiilivaihe.....	15
2.5.3	Jäähtymisvaihe .....	15
2.5.4	Kypsymisvaihe.....	16
2.6	Kompostin kypsyys.....	16
2.6.1	Raaka komposti.....	16
2.6.2	Puolikypsä komposti .....	17
2.6.3	Kypsä komposti.....	17
2.6.4	Kompostin kypsyden arviointimenetelmät .....	19
2.7	Kääntäminen .....	19
2.8	Ilmastus .....	21
2.9	Happi.....	22
2.10	Lämpötila ja lämpöhukka .....	23
2.11	Kosteuspitoisuus .....	25
2.12	Suotovesi.....	25
2.13	pH.....	26
2.14	Hiili-typisuhde .....	27
2.15	Haju ja ulkonäkö .....	29
2.16	Kompostin eliöt.....	30
3	MENETELMÄT .....	32
3.1	Koesuunnitelma .....	32
3.2	Kompostikanisteri .....	33
3.3	Jätteen esikäsittely .....	34
3.4	Kompostitestit.....	34
3.4.1	Kompostin seosaineet.....	35
3.4.2	Kuivakäymälän kompostikiihdyttimet.....	35
3.4.3	Biojätekompostin kompostikiihdyttimet.....	36
3.5	Mittaus- ja arviointimenetelmät.....	37

3.5.1	Lämpötila .....	37
3.5.2	pH.....	37
3.5.3	Typpi (Kjeldahl-menetelmä).....	37
3.5.4	Hiili (TOC-Analysaattori).....	38
3.5.5	Haju ja ulkonäkö .....	39
4	TULOKSET .....	40
4.1	Kompostin seosaineet .....	40
4.1.1	pH.....	40
4.1.2	Lämpötila .....	41
4.1.3	Hiili-typpisuhde .....	41
4.1.4	Haju ja ulkonäkö .....	41
4.2	Kuivakäymälän kompostikiihdyttimet.....	43
4.2.1	pH.....	43
4.2.2	Lämpötila .....	44
4.2.3	Hiili-typpisuhde .....	44
4.2.4	Haju ja ulkonäkö .....	45
4.3	Biojätekompostin kompostikiihdyttimet.....	46
4.3.1	pH.....	46
4.3.2	Lämpötila .....	47
4.3.3	Hiili-typpisuhde .....	47
4.3.4	Haju ja ulkonäkö .....	48
5	POHDINTA JA JOHTOPÄÄTÖKSET .....	49
5.1	Kompostin seosaineet .....	49
5.2	Kuivakäymäläkompostin kiihdytinaineet .....	51
5.3	Biojätekompostin kiihdytinaineet .....	53
5.4	Johtopäätökset ja tulosten yhteenveto.....	55
	LÄHTEET.....	57
	LIITTEET .....	59
	Liite 1. Seosaine- ja verrokkikompostien pH-arvojen tulokset.....	59
	Liite 2. Käymäläjätteen kiihdytinaine- ja verrokkikompostien pH-arvojen tulokset.....	60
	Liite 3. Biojätteen kiihdytinaine- ja verrokkikompostien pH-arvojen tulokset.....	61
	Liite 4. Seosaine- ja verrokkikompostien lämpötilojen tulokset.....	62
	Liite 5. Käymäläjätteen kiihdytinaine- ja verrokkikompostien lämpötilojen tulokset.....	63
	Liite 6. Biojätteen kiihdytinaine- ja verrokkikompostien pH-arvojen tulokset.....	64
	Liite 7. Seosainekompostien, käymäläjätteen kiihdytinainekompostien, biojätteen kiihdytinainekompostien sekä verrokkikompostien C/N-suhteiden tulokset .....	65

**LYHENTEET JA TERMIT**

Aerobinen	hapellinen
Aktinobakteeri	sädesieni
Anaerobinen	hapeton
C/N-suhde	hiili-typpisuhde
Fytotoksiini	kasvin tuottama myrkky
Homogeeninen	tasakoosteinen, yhtenäinen
Humus	orgaanisen hajoamisen lopputuote
Mesofiilinen	keskilämpötila, 20–40 °C,
Patogeeni	taudinaiheuttaja
pH	kuvaava happamuutta (pH 0–7) tai emäksisyyttä (pH 7–14)
Psykrofiilinen	matala lämpötila, 0–15 °C
Stabiili komposti	kompostin hajoaminen hidastuu, massa vastaa ympäristön lämpötilaa ja olosuhteet ovat vakiintuneet aerobisiksi
TC	Total Carbon, kokonaishiili
Termofiilinen	korkea lämpötila, 40–80 °C
TOC	Total Organic Carbon, orgaaninen kokonaishiili
UHP	Ultra High Purity

## 1 JOHDANTO

Kompostoinnin tarkoituksena on tuottaa eloperäisestä jätteestä käyttökelpoista lopputuotetta eli humusta. Kompostoinnin tarkoitus on nopeuttaa luonnollista lahoamisprosessia valvotuissa olosuhteissa, jolloin on mahdollista hyödyntää suuria määriä jätteitä tehokkaammin. Käyttämällä seos- ja kiihdytinaineita on mahdollista luoda kompostoinnille optimaaliset olosuhteet, mikä vaikuttaa positiivisesti humuksen laatuun.

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on tutkia ja verrata kompostin eri seos- ja kiihdytinaineiden vaikutusta kompostointiin ja mahdollisesti löytää aineet, jotka edesauttavat kompostointiprosessia. Tarkoituksena on tutkia viittä kompostin seosainetta, neljää kuivakäymälän kompostikiihdytintä, viittä biojätekompostin kiihdytinainetta ja arvioida tulosten perusteella parhaiten toimivat aineet.

Kompostointikoe suoritetaan jätemääriltään ja laadultaan sekä kompostointitavoiltaan vastaamaan mahdollisimman hyvin kotikompostointia. Kompostiin lisätään seos- ja kiihdytinaineita valmistajien ohjeiden mukaisesti samalla tavoin kuin kotikompostoijat toimivat kompostoidessaan jätteitään. Kompostoitumisen onnistumista arvioidaan kirjallisuuden perustuvien viitearvojen mukaisesti lämpötilan, pH-arvojen, C/N-suhteen, ulkonäön ja hajun osalta.

## 2 TEORIA

### 2.1 Kompostointiprosessi

Kompostointi on biologinen prosessi, jossa mikrobit hajottavat orgaanista jätettä aerobisissa, hapekkaissa olosuhteissa tuottaen hiilidioksidia, vettä, lämpöä, humusaineita ja epäorgaanisia suoloja (Diaz ym. 2007, 26). Kompostointi on lahoamisprosessi, jossa eloperäiset aineet hajoavat ja ravinteet palaavat takaisin luonnon kiertokulkuun (Kratschmer 2000). Kaikki eloperäiset aineet hajoavat lopulta luonnossa olosuhteista riippumatta, mutta se saattaa kestää monia vuosia. Kompostoinnilla pyritään nopeuttamaan luonnollista hajoamista hallitussa prosessissa. (Flink 2004) Kompostoinnin etuina ovat jätemassan vähentyminen noin 40–80 prosentilla, jätteen painon vähentyminen noin 50 prosentilla, luonnonvarojen säästäminen ravinteiden ja materiaalin luonnollisen kiertokulun kautta sekä arvokkaan lopputuotteen, eli humuksen muodostuminen (Kratschmer 2000; Jenkins 2005, 27).

Kompostoituminen voi käynnistyä heti, kun orgaanista jätettä on kertynyt tarpeeksi kompostoriin tai kasaan. Tämä johtuu jätteiden sisältämistä mikro-organismeista, kuten sienistä ja bakteereista, jotka leviävät nopeasti koko jätemassaan ja alkavat hajottaa jätettä. (Tontti & Mäkelä-Kurtto 1999, 15–16; Kratschmer 2000) Yleensä prosessi alkaa itsestään nopeasti muutaman päivän sisällä, jos olosuhteet, kuten ympäristön lämpötila ovat kompostoinnille suotuisat. Kompostin lämpötilan nousu on hyvä indikaattori lahoamisen alkamisesta. (Jätekukko Oy 2009)

Kompostointiprosessin onnistuminen riippuu mikrobeille sopivista olosuhteista, joista tärkeimmät ovat sopiva kosteus, happipitoisuus ja hiili-typpisuhde (C/N-suhde). Myös lämpötila, pH, jätteiden ominaisuudet, kuten partikkelikoko ja ravinneoostumus, vaikuttavat kompostoitumisen nopeuteen ja lopputuotteen syntymiseen. (Tontti & Mäkelä-Kurtto 1999, 17; Flink 2004) Kompostointiprosessin onnistumisesta kertoo stabiili ja hygieeninen lopputuote, humus. Humus on multamaista ainetta, jota voidaan käyttää muun muassa lannoitteena, kasvualustana ja maanparannusaineena riippuen kompostin raaka-aineista, kypsymisajasta ja humuksen sisältämistä ravintoaineista. (Kratschmer 2000; Pohjola 2005)



Pääsääntö kompostoinnissa on, että kaiken orgaanisen jätteen voi kompostoida, mutta optimaalisen kompostoinnin mahdollistamiseksi täytyy jäte yleensä kasata kerroksittain seosaineen kanssa. Käymäläjätteen kompostoinnissa pätevät samat säännöt ja periaatteet kuin biojätteen kompostoinnissa. Molempien kompostien lopputuotteena on humus. (Kratschmer 2000; Partti 2004, 22)

## **2.2 Jäte**

Pääsääntöisesti kompostiin sopii kaikki jäte, joka maatuu. Kompostoitavaksi ei sovi muovi, metalli, lasi, vaaralliseksi luokiteltu jäte (kemikaalit, lääkkeet ynnä muu sellainen), sähkö- ja elektroniikkaromu tai muu jäte, joka ei hajoa luonnossa. Jätteitä voi kompostoida erikseen elintarvike-, puutarha- tai käymäläjätekomposteina, mutta niitä voidaan myös kompostoida sekoittaen eri jätelaatuja keskenään, mikä on yleensä toimivan kompostin edellytys.

Orgaaninen jäte voidaan luetella eri luokkiin, mikä helpottaa jätteiden käsittelyä sekä kompostin kasaamista. Biojätettä ovat elintarvike- ja puutarhajätteet, käymäläjätettä on ihmisperäinen jätös, jota saadaan kuivakäymälöistä. Biojätteet voidaan lajitella vihreisiin ja ruskeisiin jätteisiin jätteiden värin perusteella. Vihreät jätteet ovat märkiä ja typpipitoisia jätteitä, kuten ruokajätettä ja ruohonleikkujätettä. Ruskeat jätteet ovat hiilipitoisia ja kuivia jätteitä, kuten suurin osa puutarhajätteestä. Käymäläjätteelle tämä ruskean ja vihreän jätteen jaottelu ei sovi, sillä ihmislantaseos on väriltään ruskeaa, mutta hyvin typpipitoista. (Jenkins 2005, 33)

### **2.2.1 Biojäte**

Biojätteeksi luetellaan eloperäiset, orgaaniset elintarvike- ja puutarhajätteet, jotka hajoavat biologisesti. Elintarvikejätettä on kaikki keittiöstä tuleva orgaaninen jäte, ruuantähteet sekä ruuan valmistuksessa syntyvät jätteet, kuten hedelmien ja vihannesten kuoret, munankuoret, kahvin- ja teenporot sekä niiden suodatinpussit, talouspaperi, lautasliinat, eläimien ja kalojen luut sekä ruodot. Puutarhajätettä ovat kukat, kasvit, puiden lehdet, oksat, risut ja ruohonleikkujäte. Myös biojätteen pakkaamiseen käytetyt hajoa-

vat materiaalit, kuten kananmunankennot, paperipussit, sanomalehti ja muu biohajoava materiaali ovat biojätettä. (Jätekukko Oy 2009)

Kaikesta kotitaloudessa syntyvästä jätteestä noin kolmasosa on biojätettä, mikä tarkoittaa noin 0,4–1,2 kiloa, eli 1,5–4,5 litraa biojätettä viikossa (Jätekukko Oy 2009; Kiertokapula Oy 2010). Vuonna 2009 syntyi keittiöbiojätettä Suomessa noin 50 kiloa henkilöä kohden (Kiertokapula Oy 2013).

Biojätteet kompostoituvat eri tavoin jätteen ominaisuuksista riippuen. Suurin osa keittiöjätteistä sekä tuore ruoho sisältävät paljon typpeä ja noin 80 % vettä. Kuivat ja ruskeat puutarhajätteet sekä puiset materiaalit taas sisältävät vähän typpeä, mutta paljon hiiltä sekä selluloosaa ja ligniiniä, jotka hajoavat hitaasti. (Cornell Waste Management Institute 2007) Sekoittamalla erilaisia jätteitä saadaan yleensä kompostoinnissa tarvittavat olosuhteet, jossa C/N-suhde, kosteus ja ilmavuus ovat hajottajille sopivat (Kratschmer 2000).

### **2.2.2 Käymäläjäte**

Käymäläjätettä ovat virtsa, uloste, WC-paperi sekä kompostoivissa kuivakäymälöissä käytettävä seosaine. Käymäläjätettä saadaan kuivakäymälöistä (kompostikäymälä, erotteleva käymälä, pakastava käymälä), joissa ei käytetä vettä jätösten huuhteluun vaan jätökset peitetään sopivalla seosaineella ja jätteet käsitellään kompostoimalla. Yksi ihminen tuottaa noin 450 litraa virtsaa sekä noin 50 kiloa ulostetta vuodessa (Jenkins 2005, 32). Tästä määrästä voidaan tuottaa valmista kompostia noin 10 kiloa vuodessa (Kiertokapula Oy 2011).

Ihmislanta ja virtsa sisältävät paljon typpeä, mutta vähän hiiltä, joten ne eivät kompostoidu ilman hiilipitoista seosainetta (Jenkins 2005, 98). Pelkkä virtsa sisältää paljon ravinteita ja hivenaineita, etenkin typpeä urean muodossa, mikä voidaan hyödyntää erottelevista käymälöistä lannoitteena sellaisenaan tai laimennettuna (Kiertokapula Oy 2011).

### 2.3 Seosaine

Kompostin seosaine, jota voidaan kutsua myös tukiaineeksi tai kuivikkeeksi, on ainetta joka imee kompostin ylimääräistä kosteutta, toimii hiililähteenä, parantaa rakennetta ja ilmavuutta, estää hajujen syntymistä, pitää kärpäset loitolla sekä edesauttaa ja nopeuttaa kompostointiprosessia. Seosainetta käytetään niin bio- kuin käymäläjätetekompoteissa, sillä liian tyypipitoiset, märät ja tiiviit jätteet eivät lahoa yksinään. (Jenkins 2005, 160; Jätekukko Oy 2009)

Sopiva seosaineen määrä riippuu kompostijätteen määrästä ja laadusta. Yleensä seosainetta lisätään noin 20–40 % biojätteen määrästä, tilavuuden mukaan. (Jätekukko Oy 2009) Liiallisesta seosaineen lisäämisestä ei aiheudu suuria ongelmia, mutta komposti täyttyy tällöin turhan nopeaan ja liian kuiva kompostimassa hidastaa kompostoitumisprosessia (Thompson 2008; Kiertokapula Oy 2010). Jos seosainetta käytetään kompostissa liian vähän, kompostimassasta tulee liian märkää ja tiivistä, mikä aiheuttaa hajuongelmia sekä anaerobiset olosuhteet. On myös tärkeää peittää jätteet aina seosaineella, jotta vältetään hajuongelmilta ja kärpäsiltä. (Jenkins 2005, 148; Loimi-Hämeen Jätehuolto Oy 2009)

Hyvä kuivike on karkeaa ja imee kosteutta. Seosaineeksi sopivia materiaaleja on paljon, mutta yleensä parhaan hyödyn niistä saa sekoittamalla eri materiaaleja keskenään, sillä toiset imevät hyvin kosteutta, toiset pitävät kompostin hyvin ilmavana luoden pieniä, sisäisiä ilmataskuja ja jotkin aineet hajoavat kompostissa helposti luovuttaen hiiltä lahojien käyttöön. (Partti 2004; Jenkins 2005, 28) Taulukossa 1 on luettelo eräistä seosaineista ja niiden ominaisuuksista.

TAULUKKO 1. Eri seosaineiden ominaisuuksia

Seosaine	Hyöty	Puutteet
Haravointijäte	Tekee ilmavan ja multaisen kompostin	Painuu kostuessa tiiviiksi
Kutterinlastu	Ilmavaa	Ei sido tehokkaasti kosteutta; hajoaa hitaasti
Risuhake	Ilmavaa, hajoaa nopeasti	Ei ole tehokkain sitomaan hajuja
Kuorike	Sitoo hajuja, ammoniakkaa, kosteutta	Hajoaa hitaasti
Turve	Sitoo hajuja, ammoniakkaa, kosteutta; lahoaa nopeasti	Ei ole ilmavaa
Olki, ruoko	Toimii hyvin silputtuna	Hajoaa hitaasti
Vanha komposti	Hyvä seosaine jos kaikki karka aines ei ole vielä maatunut; nopeuttaa kompostoitumista	Aloitettaessa kompostia ei ole saatavilla
Kananmunankennot	Hajoavat silputtuna melko nopeasti; sitoo kosteutta ja ravinteita	Pelkästään käytettynä voi olla vaikea hankkia tarvittavaa määrää

## 2.4 Kiihdytinaine

Kompostin kiihdytinaineet ovat kompostiherätteitä, jotka sisältävät muun muassa ravinteita, mikro-organismeja, elektrolyyttejä, mineraaleja, entsyymejä ja hivenaineita. Kompostiherätteen tarkoituksena on edesauttaa ja tehostaa hajottajamikrobien toimintaa sekä nopeuttaa kompostointiprosessia. (Kratschmer 2000; Korhonen 2006) Orgaaniset aineet sisältävät kaikkia tarvittavia ravinteita ja hivenaineita, eikä kiihdytinainetta tarvita optimaalisissa olosuhteissa onnistuneeseen kompostointiprosessiin. Mikrobien aineenvaihdunnan kannalta tärkeitä ravinteita ovat fosfori ja kalium, mineraalit sekä hivenaineet, kuten kalsium, rauta, boori ja kupari. Nämä ravinteet eivät kuitenkaan ole rajoittava tekijä kompostointiprosessin kannalta ja niitä löytyy yleensä runsaasti kompostoitavista materiaaleista. (Cornell Waste Management Institute 2007)

Jos kompostoitavat jätteet ovat yksipuolisia eivätkä sisällä kaikkia tarpeellisia ravinteita, tai jos kompostin olosuhteet eivät ole ihanteelliset, esimerkiksi kompostin jäätyminen jäljiltä, voidaan kiihdytinaineilla korjata näitä puutteita. Kompostoidessa esimerkiksi pelkkää puutarhajätettä jätemassa on typpiköyhää, jolloin typpipitoisen kiihdytinaineen lisääminen voi nopeuttaa kompostoitumista. (Kratschmer 2000, Jätekuukko Oy 2009)

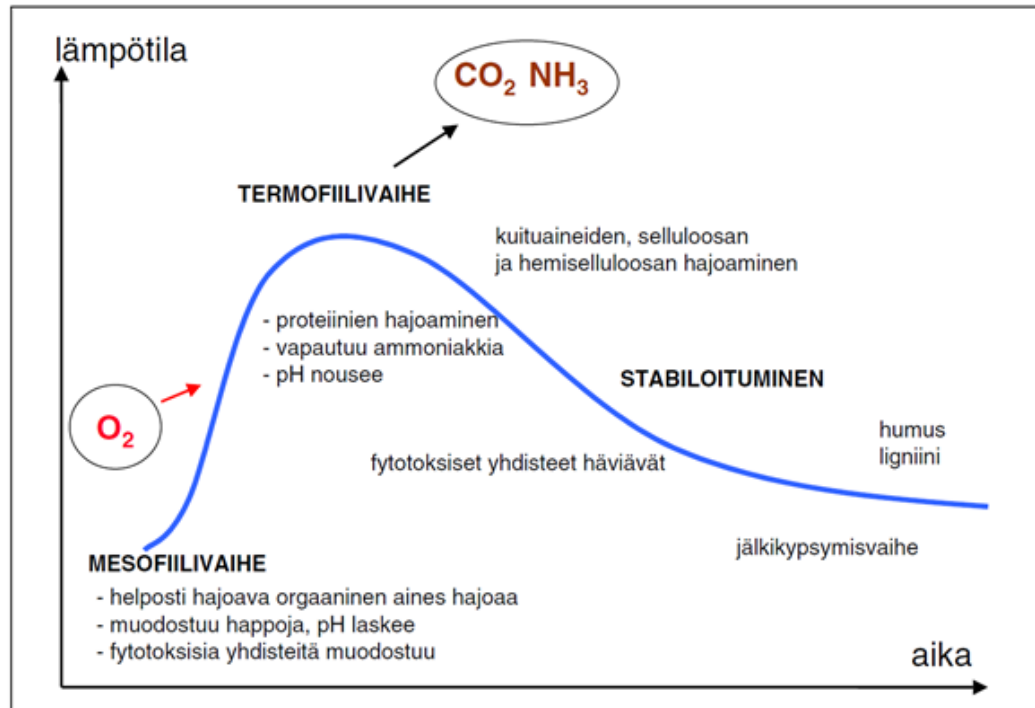
Kompostikiihdyttiminä voidaan käyttää kaupallisia aineita, jotka sisältävät monipuolisesti eri ravintoaineita ja useimmiten myös typpeä. Markkinatuotteiden sijaan kompostihäätteinä voidaan käyttää kalkkia, tuhkaa, tuoretta kananlantaa, siemenkompostia (vanhaa kompostia) tai virtsaa. Virtsaa on steriiliä ja hyvä kiihdytinaine sen sisältämien ravinteiden, hivenaineiden ja typen ansiosta. (Thompson 2008; Kiertokapula Oy 2011) Kalkki ja tuhka eivät ole ihanteellisia kiihdytinaineita kompostille, sillä ne nostavat kompostin pH:n helposti liian emäksiseksi, mikä lisää typpikaasujen karkaamista kompostimassasta. Kalkin ja tuhkan lisäämistä neuvotaan välttämään happamille kompostimassoille myös siksi, koska mikro-organismit eivät käytä kalkkia ravintonaan ja tuhka hidastaa kompostoitumista. (Jenkins 2005, 48; Jätekuikko Oy 2009)

Kiihdytinaineen avulla biojäte voidaan hajottaa mullaksi hyvin onnistuneessa prosessissa jopa kahdessa viikossa, jolloin kompostin lopputuote on nopeammin hyödynnettävissä. Ilmastus ja riittävä hapensaanti ovat kompostissa elintärkeitä ominaisuuksia onnistuneelle kompostoitumiselle, mikä korostuu kiihdytinaineita käytettäessä. (University of Jyväskylä 2004)

## **2.5 Kompostoinnin vaiheet**

Kompostointiprosessi voidaan jakaa neljään vaiheeseen kompostin lämpötilan perusteella. Ensimmäinen vaihe on mesofiilivaihe, toinen vaihe on termofiilivaihe, kolmas vaihe on jäähtymisvaihe ja neljäs vaihe on kypsymisvaihe. (Jenkins 2005, 38) Kompostointitavasta riippuen kolme ensimmäistä kompostointiprosessin vaihetta tapahtuvat suhteellisen nopeasti muutamassa viikossa (Tontti & Mäkelä-Kurto 1999, 16). Kompostin kypsymisvaihe kestää useita kuukausia ja valmista komposti on yleensä vuoden päästä kompostoinnin aloittamisesta tai puolen vuoden päästä viimeisestä jätteen lisäämisestä kompostiin (Kratschmer 2000; Kiertokapula Oy 2010). Joissain tapauksissa kompostoitumisprosessi on jaettu vain kolmeen eri vaiheeseen, jolloin kypsymis- ja jäähtymisvaiheet luetaan vain yhdeksi vaiheeksi, koska näiden kahden vaiheen aikana kompostin lämpötila laskee hitaasti vastaamaan ympäristön lämpötilaa ja kompostiaines stabiloituu (Cornell Waste Management Institute 2007). Kompostointiprosessissa nämä neljä vaihetta erottuvat selkeimmin eräkomposteissa, jolloin koko komposti käy kauttaaltaan läpi samaa vaihetta. Jatkuvassa kompostoinnissa eri vaiheet tapahtuvat sarjana kompostin eri kerroksissa samanaikaisesti, eikä koko kompostimassassa peräjälkeen.

(Jenkins 2005, 38) Kompostin eri vaiheet ja niiden aikana tapahtuvat muutokset on kuvattu kuvassa 1.



KUVA 1. Kompostoitumisen vaiheet (Itävaara ym. 2006)

### 2.5.1 Mesofiilivaihe

Ensimmäinen kompostoinnin vaihe on mesofiilinen vaihe, jota voidaan kutsua myös lämpenemisvaiheeksi, alkuvaiheeksi tai keskilämpötilavaiheeksi. Kompostin lämpötila nousee ensimmäisten 24–48 tunnin aikana 40–50 celsiusasteeseen mesofiilisten bakteerien lisääntyessä nopeasti. (Tontti & Mäkelä-Kurtto 1999, 18) Pääasiallisina hajottajina toimivat mesofiiliset bakteerit ja sädesienet, jotka käyttävät ravintonaan sokereita, valkuaisaineita ja muita helposti hajoavia yhdisteitä. Mesofiilisessä vaiheessa kompostin pH laskee alle seitsemän ja se muuttuu happamaksi. (Suomen Ympäristöopas 2013) Kompostin toimiessa hyvin kestää ensimmäinen vaihe vain muutamia päiviä (Cornell Waste Management Institute 2007).

### 2.5.2 Termofiilivaihe

Toisessa vaiheessa eli termofiilisessä kuumavaiheessa hajottajina ovat termofiilisiin olosuhteisiin erikoistuneet bakteerit ja sädesienet, jotka toimivat aktiivisesti tuottaen paljon lämpöä, mikä aiheuttaa kompostin lämpenemisen noin 70 celsiusasteeseen tai jopa 85 °C. Lämpötila tulisi kuitenkin pitää alle 65 °C, sillä tätä korkeammassa lämpötiloissa hyödylliset mikrobit kuolevat ja hajoaminen on nopeinta 40–60 °C lämpötilassa. Mikro-organismit hajottavat pääasiassa selluloosayhdisteitä sekä jäljellä olevia helposti hajoavia ravintoaineita. Kasvipatogeenit, siemenet ja hyönteisten toukat tuhoutuvat kuumen lämpötilan ansiosta yleensä tämän vaiheen aikana. (Tontti & Mäkelä-Kurtto 1999, 18; Jätekukko Oy 2009) Kompostin pH alkaa vähitellen nousta ja saattaa muuttua jopa emäksiseksi pH:n noustessa yli seitsemän (Kratschmer 2000). Vaihe kestää yleensä muutamista päivistä viikkoihin, joskus jopa kuukausiin, riippuen kompostin orgaanisen aineen määrästä ja kompostin olosuhteista (kosteus, happipitoisuus). Termofiilivaihe loppuu, kun kompostin lämpötila ei nouse enää uudestaan kääntämisen ja sekoittamisen jälkeen. (Jenkins 2005, 38; Jätekukko Oy 2009; Cornell Waste Management Institute 2007)

### 2.5.3 Jäähtymisvaihe

Kolmas vaihe eli jäähtymisvaihe alkaa, kun mikro-organismit ovat hajottaneet helposti hajoavat yhdisteet, mikä vuoksi hajoamisnopeus hidastuu ja lämmöntuotto laskee (Tontti & Mäkelä-Kurtto 1999, 18). Lämpötila tippuu vähitellen lähelle ympäristön lämpötilaa, jolloin mesofiiliset organismit, pääasiassa sienet ja aktinobakteerit, alkavat hajottaa vaikeasti hajotettavia yhdisteitä, kuten hiilipitoisten puuaineksien sisältämää ligniiniä. Tässä vaiheessa kompostin pH vakiintuu 7–8 välille. Jäähtymisvaiheessa kompostiin alkaa ilmestyä mikro-organismien lisäksi myös makro-organismeja, kuten tunkiolieroja, kovakuoriaisia, tuhatjalkaisia ja muita silminnähtäviä eliöitä, jos kompostin rakenne ja ympäristö ovat niille suotuisia (Suomen Ympäristöopas 2013). Jäähtymisvaihe kestää kauan, jopa useita kuukausia, jolloin humus alkaa muodostua (Tontti & Mäkelä-Kurtto 1999, 18–19).

## 2.5.4 Kypsymisvaihe

Neljäs ja viimeinen vaihe on kypsymisvaihe, jolloin kompostin lämpötila on sama kuin ympäristön lämpötila. Komposti ei kuluta enää happea, vaikka kemialliset reaktiot jatkuvat ja eliöt hajottavat vielä vaikeammin hajoavia yhdisteitä. (Kratschmer 2000) Bakteerien määrä kompostissa vähenee, kun taas sienten ja muiden eliöiden määrä lisääntyy (Diaz ym. 2007, 34). Kompostin muhimisen lopussa optimaalinen C/N-suhde on 15:1 ja pH on 7–8 välillä. Kypsymisvaihe kestää useita kuukausia, jonka aikana humustuminen on voimakasta ja lopputuotteesta tulee stabiilimpaa, käyttökelpoista valmista multaa. (Tontti & Mäkelä-Kurtto 1999, 18–19; Kratschmer 2000)

## 2.6 Kompostin kypsyys

Kompostin kypsyys voidaan jakaa kolmeen asteeseen: raakaan kompostiin, puolikypsään kompostiin ja kypsään kompostiin. Valmista kompostin lopputuotetta kuvataan yleensä joko kypsäksi tai stabiiliksi, jotka eivät tarkoita täysin samaa asiaa, mutta ovat osittain päällekkäisiä käsitteitä. Stabiilissa kompostissa orgaanisten aineiden hajoaminen hidastuu, massan lämpötila on jäähtynyt vastamaan ympäristön lämpötilaa ja massa ei muutu anaerobiseksi, vaikka sitä ei sekoiteta, vaan aerobiset olosuhteet vakiintuvat. Vasta pitkän maatumisen jälkeen komposti on täysin kypsää ja kompostimassan fyto-toksisista aineista ei aiheudu haittaa kasveille niiden määrän ollessa hyvin vähäinen tai olematon. Kypsän kompostin fysikaalis-kemialliset ominaisuudet (vedenpidätyskyky, rakenne, jne.) ovat saavuttaneet optimaalisen tason ja humusainepitoisuus on suuri. (Tontti & Mäkelä-Kurtto 1999, 16, 27, 30, 43)

### 2.6.1 Raaka komposti

Raaka komposti on elintarvikejäteperäistä tuoretta kompostia, josta ei voi erottaa enää jätteen lähtöaineita. Hitaammin maatuvat aineet, kuten karkeat seosaineet, munankuoret ja luut saattavat vielä erottua massasta. Massan lämpötila on lähellä ympäristönsä lämpötilaa ja massa tuoksuu sekä näyttää ruskealta humukselta. Yleensä raaka kompostimassa on kompostoitunut pari kuukautta ja se sisältää paljon ravintoaineita. (Jätekukko



Oy 2009) Optimaalisissa olosuhteissa raakakompostin syntyminen kestää vain 5–6 viikkoa (Kratschmer 2000; University of Jyväskylä 2004).

Raakaa kompostia voidaan käyttää lannoitteena pensaiden juurella ohuena parin sentin katteena, mutta pienellä varauksella (Jätekukko Oy, 2009). Raaka komposti saattaa sisältää suuria määriä orgaanisia happoja ja tuottaa fytotoksiineja, jotka ovat kasveille myrkyllisiä aineita ja hidastavat kasvua (Jenkins 2005, 39). Raakaa kompostia voi vielä jälkikompostoida esimerkiksi toisessa kompostissa kolmesta kuuteen kuukauteen, jonka aikana komposti jatkaa lahoamista. Tämän jälkeen komposti on puolikypsää ja sitä voidaan käyttää katteena huoletta lähes kaikille kasveille. (Jätekukko Oy 2009)

### **2.6.2 Puolikypsä komposti**

Puolikypsässä kompostissa saattaa erottua vielä hitaasti hajoavia aineita. Kompostin kuumavaihe on ohi, mutta kääntäminen ja sekoittaminen eivät enää nosta kompostin lämpötilaa. Puolikypsän kompostin massa saattaa olla hieman lämpimämpi kuin ympäristön lämpötila. (Partti 2004, 23) Kompostia voidaan käyttää maanpinnan katteena jopa 15 sentin paksuudelta. Huonosti lahonneiden aineiden takia raakaa tai puolikypsää kompostia ei vielä kannata käyttää kasvialustassa syvällä maassa, sillä komposti on voimakas lannoite ja kompostin jatkaessa hajoamista se sitoo maasta ravinteita ja happea. Tämä saattaa häiritä siementen itämistä ja kasvien kasvua. Puolikypsä komposti on alle vuoden vanhaa, eikä se ole kokonaan muuttunut pysyväksi humusaineeksi, mutta sitä voidaan vielä jälkikompostoida puolesta vuodesta vuoteen, jonka jälkeen komposti on kypsää. (Jätekukko Oy 2009)

### **2.6.3 Kypsä komposti**

Kypsän kompostin määritelmiä on useita, mutta yleensä kompostimultaa pidetään valmiina, kun siitä ei pysty tunnistamaan alkuperäisiä jätteitä, mutta suurin osa ravinteista ja eloperäisestä aineksesta on jäljellä (Thompson 2008). Kypsän kompostimassan lämpötila on laskenut pysyvästi lähelle ympäristön lämpötilaa (Partti 2004).

Kypsä komposti on yleensä maatonut kuudesta kuukaudesta vuoteen. Kypsä komposti tuoksuu ja näyttää tummanruskealta tai melkein mustalta mullalta, on hienojakoista, tasalaatuista, muruista massaa, eikä siitä erotu ollenkaan lähtöaineita. Merkittävää lannoitusvaikutusta kypsällä kompostilla ei ole, mutta se sopii maanparannusaineeksi lähes kaikille kasveille. (Partti 2004, 23) Kompostin ravinteet ovat niukkaliukoisessa muodossa, jolloin komposti vapauttaa ravinteita vähitellen kasvien käyttöön, eivätkä ravinteet huuhtoudu sateen mukana pois. Kasvialustaksi komposti on yksinään liian kuohkeaa ja se kannattaa muokata maahan. (Jätekukko Oy 2009)

Kompostin pitkä kypsymisaika varmistaa myös taudinaiheuttajien tuhoutumisen kompostimassasta. Useimmat taudinaiheuttajat kuolevat mikrobiologisen kilpailun ansiosta, mitä kauemmin ne joutuvat kilpailemaan maaperässä muiden mikro-organismien kanssa. (Jenkins 2005, 39) Kypsästä kompostista ovat hävinneet myös useimmat fytotoksiset aineet (Tontti & Mäkelä-Kurtto 1999, 28).

Kompostia kutsutaan kompostimullaksi, kun se on kypsynyt vähintään vuoden ajan ja hajotusprosessi on päättynyt kokonaan. Tällainen komposti ei sovi lannoitteeksi sellaisenaan alhaisen ravinnepitoisuuden vuoksi, mutta on hyvää maanparannusainetta. (Kratschmer 2000) Kompostilla saattaa kuitenkin olla merkittävä lannoitusvaikutus, jos sitä levitetään hyväkuntoiseen maahan, sillä komposti saattaa kiihdyttää maassa olevien ravinnevarojen mineralisoitumista (Tontti & Mäkelä-Kurtto 1999, 43). Mullin humuspitoisuus parantaa maan lämpö-, ilma-, vesi- ja ravinnetaloutta, mururakennetta ja se sisältää monia hivenaineita, joita keinolannoitteissa ei ole (Partti 2004, 25).

Kompostia ei kuitenkaan kannata kypsyttää liian kauaa, sillä hyödylliset humusaineet ja ravinteet vähenevät massasta ajan myötä. Kompostimassan orgaaniset lähtöaineet sekä kompostin hoito vaikuttavat valmiin tuotteen ravinnepitoisuuteen. Laadukas kompostimulta kertoo onnistuneesta kompostointiprosessista. (Pohjola, 2005.) Elintarvikejätekompostit sisältävät eniten ravinteita, kun taas pelkkää puutarhajätettä sisältävät kompostit sisältävät vähemmän ravinteita (Jätekukko Oy 2009).

#### 2.6.4 Kompostin kypsytyden arviointimenetelmät

Kompostin kypsytyttä voidaan arvioida monella eri tapaa aistinvaraisesti, kemiallisilla testeillä, kasvitesteillä ja mikrobiaktiivisuutta tutkimalla. Usein näitä arviointimenetelmiä käytetään kypsän kompostin arvioimiseen, jolloin kompostimassa on kuin multaa ja valmista käytettäväksi. Kompostin luotettavaa arvioimista hankaloittavat heterogeeninen massa ja arviointimenetelmissä käytettyjen raja-arvojen sekä lukujen tulkinnanvaraisuus. Samat arvot saattavat olla niin raa'an kuin kypsänkin kompostin indikaattoreina ja arvot saattavat poiketa annetuista viitearvoista kompostin raaka-ainemateriaalista riippuen. Usein aistinvarainen arviointi on tarpeeksi tarkka menetelmä kuvaamaan ja arvioimaan kotikompostin kypsytyttä.

Aistinvaraisesti kompostia voidaan arvioida kompostin lämpötilan, hajun, värin ja rakenteen mukaan. Kypsän kompostin lämpötila on lähellä ympäristön lämpötilaa, eikä se muutu, vaikka kompostimassaa käännettäisiin tai sekoitettaisiin. Valmis komposti tuoksuu ja näyttää mullalta. Se on tummanruskeaa tai melkein mustaa, rakenteeltaan tasaista ja muruista. (Partti 2004, 23)

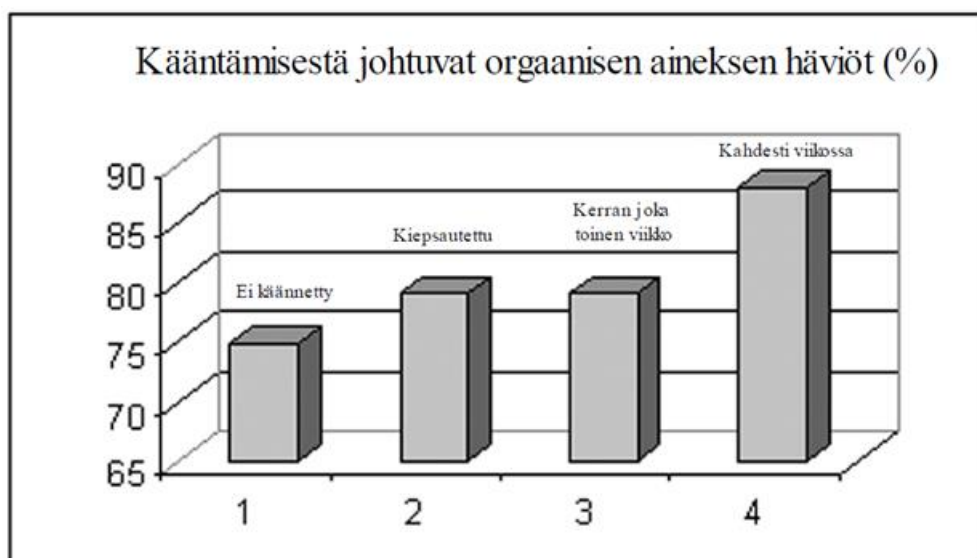
Kompostin kypsytyttä voidaan arvioida kemiallisesti mittaamalla massan pH-arvo tai C/N-suhde. Kypsän kompostin pH on neutraali tai hieman emäksinen, pH 7–8. (Albers ym. 2003, 13–14). Kypsälle kompostille on vaikea antaa optimaalista C/N-arvoa, sillä se vakiintuu yleensä tietylle tasolle kompostin kypsyessä, mutta yleisesti sopivana C/N-suhdelukuna pidetään 10–15:1. Kypsän kompostin C/N-lukua voidaan myös tarkastella laskemalla lopputilanteen ja alkutilanteen C/N-suhde. Kypsän kompostin suhdeluku  $\left(\frac{(C/N)_{\text{loppu}}}{(C/N)_{\text{alku}}}\right)$  tulisi olla 0,60. (Tontti & Mäkelä-Kurtto 1999, 19; Thompson 2008)

#### 2.7 Kääntäminen

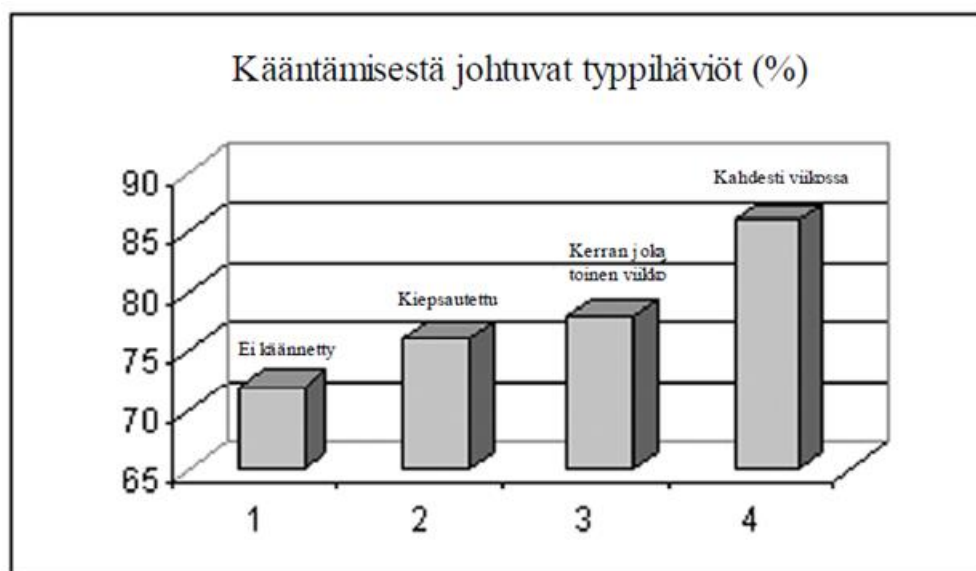
Kompostin kääntämisen hyötyjä ovat sen ilmastusvaikutus, koko kompostimassan tasainen hajoaminen, taudinaiheuttajien ja rikkakasvien siementen tuhoutuminen kuumissa keskiosissa, kompostointiprosessin nopeutuminen ja mahdollisten olosuhde-erojen tasaaminen kompostissa (Tontti & Mäkelä-Kurtto 1999, 25; Jenkins 2005, 44).

Kompostin kääntäminen ja sekoittaminen edesauttaa kompostimassan ilmastusta ja jakaa happea tasaisemmin koko massan läpi. Kompostimassan hajoaminen on tasaisempaa käännettyssä kompostissa, sillä kompostin kuumimmassa keskiosassa hajoaminen on nopeinta, jolloin uloimmat massat eivät kompostoidu yhtä nopeasti. Kompostin mikroorganismit hyötyvät myös kääntämisestä hajotettujen aineiden siirtyttyä kompostin reunoille, jolloin ne saavat uutta ravintoa kompostin keskiosiin. Kompostimassan kääntämisen ansiosta kompostointiprosessi alkaa uudestaan ja lämpötila nousee termofiiliseksi niin kauan kuin kääntäminen tarjoaa hajotettavaa ravintoa pieneliöille. Patogeenien tuhoutuminen koko kompostimassasta perustuu myös kompostimassan kääntämiseen kuumaan keskiosaan ja kompostin tasaiseen hajoamiseen. (Tontti & Mäkelä-Kurtto 1999, 18; Thompson 2008) Sekoittamisella voi mahdollisesti hallita kompostin liiallista lämpenemistä pitämällä massan lämpötila raja-arvojen alapuolella, jotteivät hyödylliset hajottajaorganismit kuole korkeisiin lämpötiloihin (Cornell Waste Management Institute 2007).

Kääntämisestä saattaa olla myös haittaa kompostille. Kompostin kääntämistä kesken kompostin kuumavaiheen tulee välttää, sillä se häiritsee kompostoitumista ja aiheuttaa ravinteiden haihtumista. Kääntäminen tulisi ajoittaa kompostin kuumavaiheen jälkeen, kun koko komposti ydintä myöden on jäähtynyt ympäristön lämpötilaan. Typen ja orgaanisen aineen hävikki kompostista lisääntyy myös kääntökertojen määrän kasvaessa, kuvien 2 ja 3 mukaisesti. (Jenkins 2005, 47; Jättekukko Oy 2011)



KUVA 2. Kompostin kääntämisestä johtuvat orgaanisen aineksen häviöt (Jenkins 2005, 45)



KUVA 3. Kompostin kääntämisestä johtuvat typpihäviöt (Jenkins 2005, 45)

## 2.8 Ilmastus

Kompostin ilmastus on tärkeää, jotta mikro-organismit saavat tarpeeksi happea aerobiseen hajotustoimintaan. Kompostoinnin alkaessa mikro-organismit kuluttavat kompostimassan hapen tuottamalla hiilidioksidia, minkä seurauksena happipitoisuus laskee. Ilmastuksen tarkoituksena on uudistaa kompostimassan kaasupitoinen ympäristö sopivassa suhteessa, sopivalla nopeudella, jotta mikro-organismeilla on aina riittävästi happea kulutettavaksi. Jos hajoaminen on anaerobista, sitä kutsutaan mädäntymiseksi, jolloin hajoaminen tapahtuu hapettomissa olosuhteissa, viileämissä lämpötiloissa, hajoamisnopeus on hitaampaa ja prosessi tuottaa epämiellyttäviä hajuja sekä kasvihuonekaasuja. Ilmastus voidaan hoitaa passiivisesti tai aktiivisesti pakotetulla ilmanvaihdolla. (Jenkins 2005, 28, 44; Diaz ym. 2007, 68)

Passiivinen ilmanvaihto ei vaadi kompostoijalta suuria fyysisiä ponnistuksia vaan kompostikasa huolehtii itse ilmanvaihdosta konvektion avulla. Karhean ja huokoisen seosaineen käyttö sopivassa suhteessa jätteen seassa riittää teoriassa takaamaan riittävän hapensaannin aerobisille eliöille luomalla pieniä sisäisiä ilmataskuja kompostimassaan. Ihanteellisessa tilanteessa kompostia ei tarvitse ilmastaa kääntämällä tai sekoittamalla vaan kompostorin ilma-aukoista, ilmareikien ja ilmastusputkien kautta työntyvä ilma pääsee kulkemaan koko massan läpi huokoisen seosaineen ansiosta. (Jenkins 2005, 28; Diaz ym. 2007, 169)

Aktiivinen ilmanvaihto saadaan aikaan tökkimällä kompostikasaan reikiä, kääntämällä massa sekä pakottamalla ilmavirtaus ali- tai ylipaineella kompostiin. Kompostimassan kääntäminen ja pisteleminen löyhentää massan rakennetta ja ilmanvaihto perustuu tällöin kompostimassan huokoisuuteen. Massasta kulutettu ilma korvataan uudella ilmalla, joka pystyy asettautumaan partikkeleiden väleihin ja partikkelit siirtyvät uusille paikoille ilmavaan ympäristöön. Liian tiivis massa ei sisällä koloja partikkeleiden väleissä, jolloin tehokas ilmastus on mahdotonta ilman seosaineen lisäämistä. Kompostin ilmastus voidaan hoitaa alipaineella imemällä ilmaa kompostista tai ylipaineella puhaltamalla ilmaa kompostiin. Ilmastus voidaan myös hoitaa yhdistämällä ali- ja ylipaineistus puhaltamalla ja imemällä ilmaa vuorotellen. (Diaz ym. 2007, 68, 169; Cornell Waste Management Institute 2007)

Kompostin ilmavuus on jopa tärkeämpi ominaisuus kompostointiprosessissa kuin ravinto, sillä bakteerit kuluttavat yleensä kaiken hapen, ennen kuin kaikki orgaaniset aineet on hajotettu. Toisaalta kompostia ei kannata ilmastaa liian tehokkaasti, jotta massa ei kuivu liikaa ja kompostista ei pääse karkaamaan liian paljon lämpöä. (Jenkins 2005, 47; Thompson 2008)

## 2.9 Happi

Happi on elintärkeä alkuaine kompostin lahottajille, sillä aerobiset mikro-organismit tarvitsevat sitä aineenvaihduntaan. Lahottajamikrobit kuluttavat happea myös soluhengityksen ja hapetus-pelkistysreaktion kautta, jossa mikrobit hapettavat hiiltä tuottaen hiilidioksidia. (Pohjola, 2005) Happi sijaitsee kompostissa ohuena kerroksena jokaisen partikkelin ympärillä, joten on tärkeää, ettei kompostimassa ole liian tiivis vaan huokoista, jolloin ilmakerrokselle on tilaa partikkeleiden välissä (Diaz ym. 2007, 68).

Happea on ilmassa 21 %, mutta aerobisille mikrobeille optimaaliset olosuhteet vaativat vain 10 % tai sitä suuremman happipitoisuuden ympäristössään. Happea ja hiilidioksidia on kompostimassassa yhteensä noin 20 %, josta 0,5–5 % on hiilidioksidia ja 15–20 % happea. Jos happipitoisuus laskee 5 % tai sen alle, syrjäyttävät anaerobiset mikro-organismit aerobiset mikro-organismit, muuttaen lahoamisprosessin anaerobiseksi mädätysprosessiksi. (Diaz ym. 2007, 54) Hapen kulutus vaihtelee prosessin aikana mikro-

bien aktiivisuuden mukaan. Aktiivisimman hajotusvaiheen aikana hapenkulutus on 30-kertainen kypsään kompostiin verrattuna. (Tontti & Mäkelä-Kurtto 1999, 19)

## 2.10 Lämpötila ja lämpöhukka

Kompostointiprosessi on eksotermisen prosessi, jossa kompostimassan lämpötilan nousu johtuu kompostieläiden tuottamasta biologisesta lämmöstä. Kompostin hajotusprosessissa mikrobit tuottavat hiilen hapetusreaktiossa hiilidioksidia ja suhteellisen paljon energiaa, josta mikro-organismit käyttävät vain osan lisääntymiseen ja kasvuun. Loput tästä energiasta (jopa 50–60 %) menetetään lämpönä, mikä aiheuttaa kompostimassan lämpenemisen. (Jenkins 2005, 38; Diaz ym. 2007, 53)

Kompostin lämpötila toimii hyvänä indikaattorina kompostointiprosessin toimivuudesta ja sitä voidaan käyttää kompostointiprosessin vaiheiden seuraamiseksi (Tontti & Mäkelä-Kurtto 1999, 18). Kompostimassan lämpötila alkaa nousta heti, kun kasassa on tarpeeksi suuri määrä eloperäistä jätettä. Lämpötila nousee muutamassa päivässä noin 20 °C ympäristön lämpötilaa korkeammaksi. Suurempien tai kosteampien jätekasojen lämpötila nousee yleensä korkeammaksi kuin pienten tai kuivien kasojen lämpötila. Lämpötila nousee kompostointiprosessin alussa noin 50–70 celsiusasteeseen, jopa 85 asteeseen, kun kompostimassassa on runsaasti tarjolla helposti hajotettavaa orgaanista ainetta. (Kratschmer 2000) Käymäläjätekompostien lämpötila ei yleensä nouse yhtä korkeaksi kuin biojätekompostien lämpötilat, sillä käymäläjäte on kuluttanut osan energiastaan kulkemalla suoliston läpi (Flink 2004). Lämpötila ei kuitenkaan pysy kauan korkeana vaan alkaa laskea hitaasti ympäristön lämpötilaan, kun helposti hajoava orgaaninen aine on käytetty ja jäljellä on enää vaikeammin hajoavat yhdisteet. Kompostin lämpötilaan vaikuttaa kuitenkin myös ympäristön lämpötila, jolloin vuodenajat ja niiden aiheuttamat lämpötilojen vaihtelut saattavat estää tai hidastaa kompostointiprosessia, esimerkiksi jäädyttämällä kompostimassan talvella. (Partti 2004; Jätekuikko Oy 2009; Puutarha.net 2012)

Kompostin ihanteellinen lämpötila hajoamiselle on noin 45–55 °C, kun taas mikrobien monimuotoisuus on suurimmillaan 35–45 celsiusasteessa. Kompostin lämpötila olisi hyvä saada nousemaan yli 60 °C lopputuotteen hygieenisyyden varmistamiseksi, mutta lämpötila tulisi kuitenkin pitää alle 65 °C, jotta hyödylliset mikro-organismit eivät kuole

liian korkeiden lämpötilojen takia. (Jenkins 2005, 41–42; Cornell Waste Management Institute 2007)

Kompostin lämpötilaa voi mitata lämpömittareilla tai upottamalla tikun kompostikasaan ja kokeilemalla kädellä tuntuuko tikku lämpimältä. Kompostin lämpenemisen voi myös havaita nostamalla kompostin pintakerrosta, jolloin vesihöyryä pitäisi nousta kompostista lämmin- ja kuumavaiheen aikana. (Kratschmer 2000; Puutarha.net 2012) Kompostin kuumin kohta on kompostikasan keskellä, mikä tulee ottaa huomioon lämpötilaa mitattaessa (Thompson 2008).

Kompostimassan lämpötila on riippuvainen aktiivisten mikro-organismien tuottamasta lämmöstä ja lämpöhukkana menetetyin lämmön suhteesta. Hyvin toimivassa kompostissa lämpöhukka ei ole ongelma vaan se tasapainottaa kompostin olosuhteita, mutta etenkin pienissä komposteissa saattaa olla tarpeellista seurata ja säädellä lämpöhukkaa olosuhteiden optimoimiseksi, esimerkiksi kompostoria eristämällä tai tiivistämällä. (Cornell Waste Management Institute 2007)

Suurin osa kompostin lämmöstä menetetään säteilyn, konvektion ja konduktion muodossa lämpötilaerojen pyrkiessä tasoittumaan korkeammista lämpötiloista matalampiin lämpötiloihin, sekä latenttina lämpönä. Kompostikasassa syntyvä lämpö säteilee kompostin pintaosista sitä ympäröivään viileämpään ilmaan, jolloin kompostikasa menettää lämpöä. Konvektiossa lämpö siirtyy liikkeen kautta aineesta toiseen, mikä kompostissa tapahtuu ilmavirtausten mukana lämpimän ilman kohotessa kompostimassassa ylöspäin. Kompostissa lämmennyt ilman liikkuu joko luonnollisen tai pakotetun konvektion seurauksena tasaisen hitaasti kompostin pintaa kohti, josta se haihtuu lopulta pois. Konduktiossa energia siirtyy suoraan atomista atomiin johtumalla, kun aineet pääsevät niin sanotusti kosketuksiin toistensa kanssa. Konduktiossa lämpö johtuu kompostimassasta ympäröiviin ilmamolekyyleihin aiheuttaen lämmön karkaamisen kompostin ulkoreunoilta. Latentti lämpö on ”piilevää” lämpöenergiaa, jota kompostissa käytetään veden haihduttamiseen. Tämä lämpöenergia vapautuu vesihöyryn noustessa kompostikasasta ympäröivään ilmaan. (Cornell Waste Management Institute 2007)



## 2.11 Kosteuspitoisuus

Kompostin sopiva kosteuspitoisuus on tärkeä aerobisten mikro-organismien toiminnan ylläpitämiseksi. Kosteuspitoisuuden ollessa liian pieni (<30 %) hajottajien toiminta pysähtyy kokonaan, eikä kompostissa tapahdu mitään. Sopivan kosteuspitoisuuden palattua kompostiin jatkuu hajottajien toiminta normaalisti. Kompostin kosteuden ollessa liian suuri (>65 %) hajotustoiminta hidastuu ja muuttuu hyvin helposti anaerobiseksi. (Cornell Waste Management Institute 2007) Tehokkainta hajoamisprosessin kannalta on, jos kuivat ja kosteat jaksot vaihtelevat kompostoitumisen aikana (University of Jyväskylä 2004).

Optimaalinen kosteus kompostointiprosessin alussa on yleensä noin 60 %, nopean kompostoitumisen aikana kuumavaiheessa noin 50 % ja kompostoinnin lopussa noin 35 % (University of Jyväskylä 2004). Kompostimassa menettää kosteutta vesihöyrynä prosessin aikana, mutta lahoaminen myös tuottaa kosteutta kompostiin (Partti 2004; Jenkins 2005, 27).

Kompostimassan sopiva kosteus on helppo testata tunnustelemalla massaa. Kädellä puristettaessa pitää kompostimassan tuntua kostealta, mutta siitä ei saa irrota paria pisaraa enempää nestettä. (Partti 2004) Liian kosteaa massaa voi yrittää kuivattaa sekoittamalla tai lisäämällä imukykyistä seosainetta. Liian kuivaa kompostia voi kastella virtsalla, vesijohto- tai sadevedellä. (Thompson 2008)

## 2.12 Suotovesi

Kompostoitavista jätteistä valuu pieniä määriä siitä poistuvaa nestettä, jota kutsutaan suotovedeksi. Suotovettä syntyy, jos kompostoinnissa syntyvä vesi ei pääse haihtumaan tai jos kompostimassa on liian märkää vähäisen kuivikeaineen vuoksi, jolloin ravinteet pääsevät valumaan kompostista. Biojätekompostien suotovedet voidaan imeyttää maaperään, ohjata viemäriin tai neste voidaan kerätä erilliseen säiliöön. (Jätekuikko Oy 2009; University of Jyväskylä 2004)

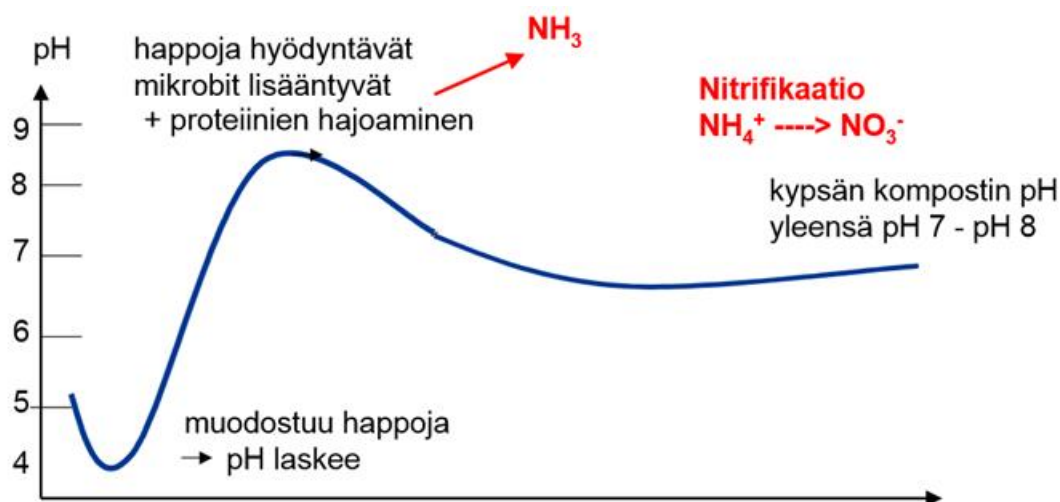
Käymäläjätekomposteissa syntyneet suotovedet on kerättävä talteen, sillä ne saattavat sisältää uloste- ja suolistobakteereja. Tämä suotoneste sisältää paljon myös hyödyllisiä

ravinteita, kuten kompostista karannutta typpeä, mikä voidaan hyödyntää lannoitteena varoajan jälkeen. Yksi yleinen vaihtoehto on säilyttää suotovettä vuosi, esimerkiksi kannisterissa, tai imeyttää suotovesi turpeeseen ja kompostoida sitä vuoden ajan ennen kuin sitä käytetään. (Kiertokapula Oy 2011) Käymälöissä, joissa nesteet kerätään säiliön pohjalta, syntyy suhteessa vähemmän suotonestettä kuin käymälöissä, joissa neste ja kiinteä aine erotellaan istuinosassa (Suomen Ympäristöopas 2013).

### 2.13 pH

pH kertoo vetyionien pitoisuuden liuoksessa käänteisenä logaritmina. Neutraalissa liuoksessa pH on 7, jolloin hydroksidi-ionien ja oksoniumionien pitoisuus on yhtä suuri. pH-arvo ilmaistaan yleensä asteikolla 1–14, jossa happaman liuoksen pH on alle 7 ja emäksisen pH:n arvo on yli 7. Happamissa liuoksissa oksoniumionien pitoisuus on suurempi kuin hydroksidi-ionien ja vastaavasti emäksisissä liuoksissa hydroksidi-ionien pitoisuus on suurempi kuin oksoniumionien pitoisuus. (Lewis & Evans 2006, 286–287)

Kompostointiprosessin alussa pH on yleensä hapan 5,5 ja 6,8 välillä (Kratschmer 2000). Alkuvaiheessa kompostin pH laskee vielä happamammaksi orgaanisten happojen muodostuessa, mutta nousee hyvin nopeasti muutaman päivän jälkeen, kun mikrobit lisääntyvät ja käyttävät happoja aineenvaihdunnassaan hyväksi (Albers ym. 2003, 12). Jyrkkä pH:n nousu johtuu myös proteiinien hajoamisesta ja ammoniumtyypen muodostumisesta (Tontti & Mäkelä-Kurtto 1999, 18). Jos orgaanisten happojen muodostuessa olosuhteet muuttuvat anaerobisiksi, saattaa kompostin pH laskea jopa 4,5:een, mikä rajoittaa mikrobien toimintaa. Riittävä ilmastus ja hapensaanti kuitenkin palauttavat kompostin pH:n sopivalle tasolle. (Cornell Waste Management Institute 2007) Jätteen alkaessa hajota ja lämpötilan noustessa kohoaa pH neutraaliksi tai emäksiseksi, jopa 8,5:een. Prosessin edetessä optimaalisesti laskee lämpötila vähitellen ja pH vakiintuu lähelle neutraalia tai on lievästi emäksinen. (Kratschmer 2000; Jenkins 2005, 49) Tyypillisesti valmiin kompostin pH on 7 ja 8 välillä (Albers ym. 2003, 13). Yleensä pH ei tuota kompostoinnissa ongelmaa, kunhan kompostimassa pidetään aerobisena (Jenkins 2005, 48). Kuvassa 4 näkyy pH-käyrä ja miten pH:n arvo yleensä muuttuu kompostoinnin aikana happamasta neutraaliin tai lievästi emäksiseksi.



KUVA 4. pH:n muutokset kompostoinnin aikana (Albers ym. 2003)

## 2.14 Hiili-typpisuhde

Hiili-typpisuhde eli C/N-suhde (H/T-suhde) tarkoittaa hiilen (C) ja typen (N) määrien suhdetta, joka määritetään alkuaineiden atomipainon mukaan. Kompostoinnissa oikea C/N-suhde on tärkeä, sillä tarvittavat määrät hiiltä ja typpeä sekä niiden oikea suhde vaikuttavat onnistuneeseen hajoamisprosessiin. (Kratschmer 2000; Jenkins 2005, 30)

Hiili on pieneliöiden energianlähde, jota ne tarvitsevat elintoimintojensa ylläpitoon. Typpi on solujen rakennusaine, jota ilman organismit eivät pysty hyödyntämään hiiltä. Optimaalinen C/N-suhde on 30:1, sillä hajottajat tarvitsevat 30 osaa hiiltä jokaista 1 osaa typpeä kohti, minkä ne käsittelevät. Mitä pienempi C/N-suhde on, sitä enemmän jäte sisältää typpeä ja vähemmän hiiltä. Jos pieneliöt eivät pysty kuluttamaan kaikkea typpeä, voi ylimääräinen typpi valua suotovesien mukana tai haihtua kompostista haisevana ammoniakkikaasuna. (Jenkins 2005, 30) Taulukosta 2 voi nähdä miten eri C/N-suhteet kompostoinnin alussa vaikuttavat kompostin typpihäviöön. Mitä suurempi C/N-suhde on, sitä vähemmän jäte sisältää typpeä ja enemmän hiiltä. Typen puute hidastaa kompostoitumista ja jos jompikumpi aineista puuttuu kokonaan, saattaa kompostoituminen estyä (Kratschmer 2000).

TAULUKKO 2. Kompostin C/N-suhteen ja typpihävikin välinen riippuvuus (Jenkins 2005, 31)

Alkuperäinen C/N-suhde	Typpihävikki (%)
20,0	38,8
20,5	48,1
22,0	14,8
30,0	0,5
35,0	0,5
76,0	-0,8

Kompostoinnin alussa hyvä C/N-suhde on 20:1 ja 35:1 välillä. Kompostoinnin edetessä C/N-suhde pienenee pääasiassa hiilen hapettumisen takia ja sopiva C/N-suhde prosessin lopussa on 15:1 ja 10:1 välillä. (Jenkins 2005, 30; Thompson 2008) Kaksi kolmasosaa kompostin hiilestä haihtuu hiilidioksidina kolmasosan sitoutuessa lopputuotteeseen, kun taas 100 % tpeestä voi teoreettisesti sitoutua humukseen (University of Jyväskylä 2004). Typpeä löytyy usein helposti hajotettavista aineista, kuten ruokajätteistä, tuoreista kasvinosista ja virtsasta, joista ravinteet ovat helposti organismien käytettävissä. Hiilipitoisia jätteitä ovat puumaiset aineet, turve ja kuivat kasvinosat, jotka on vaikea hajottaa, jolloin hiili on hitaasti mikrobien käytössä. (Tontti & Mäkelä-Kurtto 1999, 17) Taulukossa 3 on lueteltu eri jätteiden typpipitoisuudet ja C/N-suhdeluvut. Erilaisia taulukkoja voidaan käyttää arvioimaan kompostijätteen C/N-suhdelukua ja sopivaa jätesekoitusta, mutta yleensä riittää kun komposti rakennetaan sekoittaen erilaisia jätteitä keskenään (Kratschmer 2000).

TAULUKKO 3. Eri materiaalien C/N-suhde ja typpipitoisuus (Jenkins 2005, 31, muokattu)

Materiaali	Typpi (%)	H/T-suhde
Havupuut, keskiarvo	0,09	641
Hedelmät	1,4	40
Hevoselanta	1,6	25–30
Ihmislanta	5–7	5–10
Kaarna, havupuu	0,14	496
Kaarna, lehtipuu	0,241	223
Kahvinpurut	–	20
Kalantähteet	10,6	3,6
Kasvinlehdet	0,9	54
Keittiöjäte	2,15	15–20
Lehmänlanta	2,4	19
Lehtipuut, keskiarvo	0,09	560
Leipä	2,10	–
Lihantähteet	5,1	–
Olki, yleinen	0,7	80
Paperi	–	100–800
Ruohonleike	2,4	12–19
Salaatti	3,7	–
Sanomalehtipaperi	0,06–0,14	398–852
Timotei	0,85	58
Virtsa	15–18	0,8

## 2.15 Haju ja ulkonäkö

Kompostin hajuttomuutta ja hajuja on vaikea arvioida objektiivisesti, sillä toiset kokevat hajut voimakkaampina tai epämiellyttävämpinä kuin toiset. Hyvin toimiva komposti ei haise voimakkaan epämiellyttävälle vaan lähentelee multamaisia ja metsäisiä tuoksuja. (Kratschmer 2000) Kompostin mahdollisia hajuja voi kuitenkin yrittää vähentää peittämällä jätteet, käyttämällä tarpeeksi seosainetta ja kasaamalla eri ominaisuuksiltaan (huokoisuus, kosteus ym.) sopivan kompostijättemassan alusta alkaen.

Kompostin hajut vaihtelevat kompostoinnin eri vaiheissa ja useimmiten epämiellyttävät hajut ovat normaalin hajoamisprosessin tuottamia lyhytaikaisia hajuja, jotka häviävät prosessin edetessä. Väliaikaisia hajuhaittoja saattavat aiheuttaa hajoamisen välituotteet, kuten alkoholit, ketonit, ammoniakki, etikkahappo, rikkihiili, bentseeni ja tolueeni. Myös kompostin kääntämisen jälkeen hajut ovat yleensä voimakkaita, mutta tasoittuvat pian alkuperäiselle tasolle. Yleensä hajuhaitat ovat ensimmäisten päivien aikana huo-

mattavimmat, minkä jälkeen ne pienenevät noin kymmenesosaan kompostoinnin edetessä. (Tontti & Mäkelä-Kurtto 1999, 25)

Voimakkaat ja epämiellyttävät hajut ovat usein merkki anaerobisesta hajoamisesta tai muista kompostin häiriintyneistä olosuhteista. (Partti 2004). Myös jätteen raaka-aineet sekä kompostijätteiden koostumus vaikuttavat hajujen muodostumiseen. Mädäntymisprosessi tuottaa ammoniakkia, metaania ja rikkivetyä. (Thompson 2008) Jätteen ollessa huomattavan typpipitoista haihtuu typpi ammoniakkikaasuna, kun taas proteiinipitoinen jäte tuottaa rikkiyhdisteitä, mitkä aiheuttavat epämiellyttäviä hajuja. Lisäksi korkeat lämpötilat edistävät eri yhdisteiden haihtumista ja hajujen muodostumista. (Albers ym. 2003; Cornell Waste Management Institute 2007)

Kompostointiprosessin edetessä pitäisi massan alkaa muistuttaa multaa. Kompostin väriin pitäisi tummua vähitellen prosessin edetessä ja valmiin lopputuotteen pitäisi olla tummanruskea tai melkein musta, mikä kertoo humusaineiden muodostumisesta. (Tontti & Mäkelä-Kurtto 1999,19; Thompson 2008) Kompostin rakenteen pitäisi muuttua vähitellen tasaisen murumaiseksi massaksi, josta ei voi erottaa kompostin lähtöaineita ja massan pitäisi samalla painua kasaan kompostoinnin edetessä (Partti 2004, 23, 26). Kompostoinnin loppuvaiheessa saattaa pinnalta erottaa nöyhtäisiä, harmaita tai valkoisia rihmastoja, jotka ovat kompostissa eläviä sieniä sekä pitkiä ja haarautuvia, harmaita verkkoja, jotka ovat merkki aktinobakteereista (Cornell Waste Management Institute 2007).

## **2.16 Kompostin eliöt**

Kompostissa voi elää monenlaisia aerobisia hajottajaorganismeja, joista suurin osa elää orgaanisissa aineissa itsessään ja päätyvät jätteiden mukana kompostiin (Kratschmer 2000). Pääasiallisina hajottajina toimivat bakteerit, sienet ja aktinobakteerit, mutta myös alkueläimet (*Protozoa*) ja rataseläimet (*Rotifera*) sekä ympäristöstä löytyvät lierot, tuhatjalkaiset, kovakuoriaiset ja muut makro-organismit toimivat hajottajina (Cornell Waste Management Institute 2007). Kompostin pieneliöihin luokitellaan myös haitalliset taudinaiheuttajat, kuten ihmis-, eläin- ja kasvipatogeenit (Jenkins 2005, 40).

Kompostin pieneliöt voidaan luokitella niiden lämpötilansietokyvyn mukaan 3 ryhmään. Psykrofiiliset organismit pystyvät elämään ja toimimaan  $-10\text{ °C}$  ja  $+20\text{ °C}$  lämpötiloissa, mesofiilit noin  $20\text{--}40\text{ °C}$  lämpötiloissa ja termofiilit noin  $40\text{--}80\text{ °C}$  lämpötiloissa. (Tontti & Mäkelä-Kurtto 1999, 15–16) Kompostin lämpötilojen vaihdellessa välttävät organismit kuoleminen liikkumalla kompostin viileämpiin, uloimpiin osiin lämmönsietokykynsä mukaan, jossa ne odottavat kompostimassan lämpötilan laskua ennen kuin asuttavat koko massan uudestaan (Thompson 2008).

Kompostista voi löytää runsaslukuisesti eri bakteereja, kuten sauvabakteereja (*Bacilli*), kokkeja (*Cocci*) ja sprillejä (*Sprilla*) (Cornell Waste Management Institute 2007). Yhdessä grammassa kompostia löytyy sadastamiljoonasta miljardiin bakteeria, kun taas sädesieniä ja sieniä on kymmenestä tuhannesta sataanmiljoonaan (Jenkins 2005, 37). Bakteerit vastaavat 80–90 % koko kompostin hajotustoiminnasta ja ovat yleensä kompostin ensimmäisiä hajottajia. Bakteerien suuri lukumäärä ja niiden aktiivisuus nostaa kompostin lämpötilan termofiilisiin lukemiin. (University of Jyväskylä 2004)

Aktinobakteerit, joita on ennen kutsuttu myös sädesieniksi, ovat itiöitä ja rihmastoja muodostavia bakteereja, jotka muistuttavat ulkoisesti sieniä. Ne aiheuttavat kompostin luonteenomaisen maamaisen hajun. Aktinobakteerit pystyvät hajottamaan kompostin monimutkaisia orgaanisia aineita, kuten puuainesten sisältämää selluloosaa ja ligniiniä. Aktinobakteerit ovat aktiivisimmillaan termofiilivaiheen sekä jäähtymis- ja maatumisvaiheen aikana lajista riippuen. (Cornell Waste Management Institute 2007)

Kompostista voi löytää home- ja hiivasieniä, jotka lahottavat kompostissa mesofiili- ja termofiilivaiheessa. Sienet pystyvät hajottamaan tehokkaasti monimutkaisia ja hitaasti hajoavia yhdisteitä, kuten selluloosaa sekä eloperäisiä aineita, jotka ovat muun muassa liian kuivia tai happamia bakteerien hajotettaviksi. Sienet leviävät ja kasvavat kompostissa tuottaen soluja ja rihmastoja. (Cornell Waste Management Institute 2007)

Yleisimmät kompostissa elävät haitalliset patogeenit tuhoutuvat korkeissa lämpötiloissa tai ajan myötä. Lämpötilan ollessa yli  $70\text{ °C}$  riittää viikko tässä lämpötilassa tuhoamaan suurimman osan patogeeneista. Lämpötilan ollessa  $40\text{ °C}$  tarvitaan useita viikkoja patogeenien tuhoutumiseen. Patogeenien tuhoutumiseen vaikuttaa myös pieneliöiden keskinäinen kilpailu kompostissa, kompostieliöiden tuottamat antibioottiset aineet sekä patogeeneja syövät eliöt. (Jenkins 2005, 40; Jätekuukko Oy 2009)

### 3 MENETELMÄT

#### 3.1 Koesuunnitelma

Kompostikokeet suoritettiin panoskokeina laboratoriomittakaavassa Tampereen ammattikorkeakoulun laboratoriossa. Testikompostoreina käytettiin 10 litran hanallisia vesiasioita, jotka muokattiin kompostointiin sopiviksi poraamalla ilmareikiä. Kompostointitestit suoritettiin kahtena rinnakkaisena käsittelynä, jossa jokaista testikompostia kohden oli verrokkikomposti. Yhteensä koekompostoreita oli 28 kappaletta. Testiaika kompostoinnille oli 40 vuorokautta.

Kompostoitumista seurattiin mittaamalla lämpötila viisi kertaa viikossa, pH kaksi kertaa viikossa, tutkimalla hajua ja ulkonäköä kaksi kertaa viikossa, ottamalla kompostinäytteet ensimmäisenä, 20. ja 40. päivänä, joista määritettiin kokonaishiili ja -typpi. Komposteja ilmastettiin sekoittamalla massa kaksi kertaa viikossa L-kirjaimen mallista ohutta rautatankoa käyttäen. Suunnitelmaan kuului myös komposteista syntyneiden suoto-vesien määrän mittaaminen ja kerääminen kokonaistypen määrittämistä varten, mutta kokeen edetessä huomattiin, että tämä ei ollut mahdollista.

Kompostitestit oli jaettu kolmeen osaan eri koeaineiden sekä kompostoitavan jätteen perusteella. Ensimmäisessä ryhmässä testattiin viittä talousjätekompostin seosaineita, toisessa ryhmässä neljää kuivakäymäläjätteen kiihdytinaineita ja kolmannessa ryhmässä viittä talousjätekompostin kiihdytinaineita.

Keittiöjätekomposteissa käytetyn biojätteen suunniteltu koostumus oli hedelmien ja kasvien kuoria, leipää, kahvinporoja ja suodatinpusseja, lihajätettä, kalanperkeitä, riisiä, makaronia, keitetyjä perunoita sekä maitotuotteita. Kuivakäymäläjätekomposteissa käytetyn käymäläjätteen suunniteltu koostumus oli noin 20 % ulostetta/lantaa, kaksi litraa virtsaa, joka lisättiin osissa viiden päivän aikana (400 ml/kerta), 5 % WC-paperia ja loput seosainetta.



### 3.2 Kompostikanisteri

Kompostoreina käytettiin 10 litran vesiaستioita, joihin porattiin reiät ala- ja yläosaan ilmastusta varten. Reikiä porattiin kaksi kappaletta alaosaan sekä kaksi yläosaan kompostin kahdelle sivulle, jolloin ilmastusreikiä oli yhteensä kahdeksan koko kanisterissa. Myös kanisterin kansi sahattiin auki täyttöä sekä kääntämistä varten. Kuvassa 5 on kuvattu kanisteri ja siihen tehdyt muutokset mustilla katkoviivoilla. Kanisteriin tehdyt muutokset olivat identtiset jokaisessa kanisterissa taulukon 4 mukaisesti. Osa mitoista on merkitty keskiarvolla, koska kanisterin muoto ei ole säännöllinen pohjasta kanteen. Kanisterin alaosan hanaa käytettiin mahdollisten suotovesien keräämiseen.



KUVA 5. 10 litran kompostikanisteri (plastex.fi, muokattu)

Kompostikanisterien sahattu kansi suljettiin kompostoinnin ajaksi ilmasointiteipillä. Kanisterin omaa kierrekorkkikantta pidettiin kompostoinnin aikana löyhästi paikallaan kiertämättä korkkia kiinni paremman ilmanvaihdon sekä vesihöyryn haihtumista varten.

TAULUKKO 4. Kanisterin mittasuhteet

	Mitta (mm)
Leveys (keskiarvo)	145
Syvyys (keskiarvo)	220
Korkeus (keskiarvo)	314
Pohja – Sahattu kansi	276
Pohja – Ylempien ilmareikien alaosa	223
Pohja – Alempien ilmareikien alaosa	510
Pohja – Vesihanan alaosa	40
Ilmareikien etäisyys vaakatasossa	80
Ilmareikien halkaisija	6

### 3.3 Jätteen esikäsittely

Biojäte kerättiin Tampereen ammattikorkeakoulussa (TAMK) toimivan Campusravitan opiskelija- ja henkilöstöruokalan ruokajätteestä kahden viikon ajan. Lisäksi pieniä määriä kalanperkuujätettä, kahvinporoja ja suodatinpusseja sekä kotitalouden muuta ruokajätettä kerättiin ravintolan biojätteen lisäksi. Biojäte pilkottiin noin 20 mm kertaa 20 mm kokoisiksi paloiksi kompostoitumisprosessin nopeuttamiseksi sekä tasaisen jätteen koostumuksen saavuttamiseksi. Jätteet lajiteltiin 20 samanlaiseen osaan, jotka sisälsivät suunnilleen saman verran samanlaisia jätteitä.

Käymäläjäte koostui hevosennannasta, joka hajotettiin pienemmiksi, irtonaisiksi paloiksi alkuperäisestä muodosta. WC-paperina käytettiin kaksikerroksista kierrätyskuidusta valmistettua WC-paperia, joka revittiin erillisiksi paloiksi valmiiden arkkien mukaan ennen kompostiin lisäämistä. Virtsa kerättiin TAMKissa käytettävästä erottelevasta käymälästä ja neste lisättiin viiden päivän aikana yhtä suurissa osissa, jotta nesteet eivät valuisi heti koko kompostimassan läpi pohjalle vaan imeytyisivät tasaisemmin massaan.

### 3.4 Kompostitestit

Kaikki kompostitestit suoritettiin panoskokeina, jolloin koko kompostoitava massa laitettiin yhtenä eränä kanisteriin kompostoitumaan. Kompostit koottiin kerroksittain pohjustamalla kanisteri ensin seosaineella (noin 0,5 litraa), jonka jälkeen lisättiin vuorotellen jätettä, kiihdytinainetta ja/tai seosainetta ja peittämällä lopulta koko kompostimassa seosaineella (noin 0,5 litraa). Kompostissa käytetty jätemäärä, kiihdytinaine ja seosaine

(poisluettuna pohjustukseen sekä peittämiseen käytetty määrä) jaettiin viiteen yhtä suureen osaan, jotka lisättiin kerroksiin yhtä suurina määrinä. Kokonaisia kerroksia kompostiin tuli yhteensä viisi. Koekomposteissa, joissa seosainetta ei käytetty, lisättiin jätemassa suoraan kompostin pohjalle peittämättä massaa.

### 3.4.1 Kompostin seosaineet

Kompostin seosainetesteissä tutkittiin viittä eri seosainetta ja niiden kompostoitumista biojätekomposteissa. Seosaineiden käytölle ei ole yksiselitteistä annostelumäärää vaan se riippuu jätteen koostumuksesta sekä kosteudesta. Yleensä 1:2 (yksi osa seosainetta kahta osaa jätettä kohden) tai 1:1 ovat hyviä lähtökohtia seosaineen lisäämiseen. Kompostin seosainekokeissa seosaineita päädyttiin laittamaan jokaiseen kompostiin 3:5. Taulukossa 5 on listattu jätteiden ja eri seosaineiden määrät komposteissa.

TAULUKKO 5. Biojätekompostin seosainetestien seosaineen ja jätteen määrät

Koe	Biojätteen määrä (L)	Seosaineen määrä
Koe 1	5	3 L
Koe 1 verrokki	5	–
Koe 2	5	3 L
Koe 2 verrokki	5	–
Koe 3	5	3 L
Koe 3 verrokki	5	–
Koe 4	5	3 L
Koe 4 verrokki	5	–
Koe 5	5	3 L
Koe 5 verrokki	5	–

### 3.4.2 Kuivakäymälän kompostikiihdyttimet

Käymäläjätteen kompostikiihdytintesteissä tutkittiin neljää eri kiihdytinainetta ja niiden vaikutusta kompostoitumiseen. Seosaineena jokaisessa kompostissa käytettiin käymäläjätteen kompostointiin tarkoitettua seosainetta. Jokaiseen käymäläjätekompostiin lisättiin yksi litra hevosenlantaa, kaksi litraa virtsaa, 58 palaa WC-paperia sekä silmämääräisesti sopiva määrä seosainetta. Koska virtsaa lisättiin 400 millilitraa viitenä päivänä, lisättiin seosainetta näiden viiden päivän aikana nesteen imeytymisen mukaan. Kiihdy-

tinaineet lisättiin valmistajan annosteluohjeen mukaan. Kompostien koostumukset on lueteltuina taulukossa 6.

TAULUKKO 6. Käymäläjätetekompostien koostumukset

Koe	Käymäläjätetekompostin koostumus
Koe 6	1l lantaa; 2l virtsaa; 58kpl WC-paperia; seosaine; kiihdytinaine
Koe 6 verrokki	1l lantaa; 2l virtsaa; 58kpl WC-paperia; seosaine
Koe 7	1l lantaa; 2l virtsaa; 58kpl WC-paperia; seosaine; kiihdytinaine
Koe 7 verrokki	1l lantaa; 2l virtsaa; 58kpl WC-paperia; seosaine
Koe 8	1l lantaa; 2l virtsaa; 58kpl WC-paperia; seosaine; kiihdytinaine
Koe 8 verrokki	1l lantaa; 2l virtsaa; 58kpl WC-paperia; seosaine
Koe 9	1l lantaa; 2l virtsaa; 58kpl WC-paperia; seosaine; kiihdytinaine
Koe 9 verrokki	1l lantaa; 2l virtsaa; 58kpl WC-paperia; seosaine

### 3.4.3 Biojätetekompostin kompostikiihdyttimet

Biojätetekompostin kompostikiihdytintestissä tutkittiin viittä eri kiihdytinainetta ja niiden vaikutusta kompostoitumiseen. Seosaineena käytettiin biojätetekompostille sopivaa seosainetta. Kompostien koostumukset on luetteloitu taulukossa 7.

TAULUKKO 7. Biojätetekompostin kompostikiihdytinainetestien kompostien koostumukset

Koe	Biojätteen määrä
Koe 10	5l biojäte; 3l seosaine; kiihdytinaine
Koe 10 verrokki	5l biojäte; 3l seosaine
Koe 11	5l biojäte; 3l seosaine; kiihdytinaine
Koe 11 verrokki	5l biojäte; 3l seosaine
Koe 12	5l biojäte; 3l seosaine; kiihdytinaine
Koe 12 verrokki	5l biojäte; 3l seosaine
Koe 13	5l biojäte; 3l seosaine; kiihdytinaine
Koe 13 verrokki	5l biojäte; 3l seosaine
Koe 14	5l biojäte; seosaine; kiihdytinaine
Koe 14 verrokki	5l biojäte; seosaine

## **3.5 Mittaus- ja arviointimenetelmät**

### **3.5.1 Lämpötila**

Kompostien lämpötila mitattiin viisi kertaa viikossa neljällä digitaalisella lämpömittarilla. Lämpötila mitattiin kompostimassasta kanisterin ilmareikien kautta asettamalla mittarit eri kulmiin, jolloin lämpötilat saatiin mitattua kompostin pohjalta, keskeltä sekä päältä. Kompostimassojen pienestä tilavuudesta johtuen olivat lämpötilalukemat hyvin lähellä toisiaan korkeimman lämpötilan löytyessä kompostimassan ytimeistä.

### **3.5.2 pH**

Kompostien pH mitattiin kaksi kertaa viikossa kääntämisen yhteydessä. Jokaisesta kompostista mitattiin yhteensä neljä eri pH-lukemaa (2 mittaria ja 2 lukemaa eri puolilta kompostia). Mittaukseen käytettiin ensisijaisesti kahta kannettavaa Spectrum Technologies IQ 150 -mittaria, jotka antoivat pH lukemat suoraan jätteestä mittaamalla. Kannettavien mittareiden lisäksi kaikista komposteista tehtiin pH-mittauksia, jotka suoritettiin SFS-EN 15933 -standardin mukaan (SFS-EN 15933 2012). Näillä lisätesteillä arvioitiin ja tarkasteltiin mitattujen pH-arvojen luotettavuutta. Standardin mukaisia mittauksia suoritettiin kaksi kertaa viikossa ottamalla neljä kompostinäytettä muiden pH-mittausten yhteydessä. Jokaisen kompostin pH-arvot mitattiin lisätestillä vähintään kaksi kertaa 40 päivän aikana, minkä avulla tarkastettiin eri mittareilla saatujen pH-arvojen tulosten luotettavuus. Standardin mukaiset pH-arvot mitattiin käyttämällä Mettler Toledo FE 20 FiveEasy -pöytämittaria. Eri pH-mittareilla saadut arvot vastasivat toisiaan hyvin koko kompostitestin ajan, joten kompostien pH-tulokset molempia mittareita käyttämällä ovat luotettavat.

### **3.5.3 Typpi (Kjeldahl-menetelmä)**

Kompostien typpi mitattiin Kjeldahl- menetelmällä, jossa laitteina käytettiin BÜCHI K-437 -märkäpolttolaitetta, BÜCHI K-314 -tislauyksikköä ja Metrohm 775 Dosimat -titrainta sekä Metrohm 728 magnetic stirrer -magneettisekoittajaa. Kjeldahl-testit suori-

tettiin Viskarin (2010) kokoaman kurssimateriaalin ohjeiden pohjalta. Menetelmää varten punnittiin yksi gramma (Precisa XT 220 A -vaa'alla) kuivatettua kompostinäytettä, joka märkäpoltettiin Kjeldahl-katalyyttitablettien (2kpl) ja väkevän rikkihapon (20 ml, 98 % H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) kanssa 370 celsiusasteessa yhden tunnin ajan. Polton jälkeen jäähtyneisiin näytteisiin lisättiin 50 millilitraa UHP-vettä (Ultra High Purity) ja 80 millilitraa 32 prosentista natriumhydroksidia (NaOH). Näytteitä tislattiin 4 minuutin ajan ja tisle kerättiin 250 millilitran Erlenmeyer-kolviin, joka sisälsi 60 millilitraa kaksiprosentista boorihappoa (H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>) sekä kahdesta kolmeen tippaan Sher-indikaattoria. Tämän jälkeen näytteet titrattiin 0,25 molaarisella (0,25 M) rikkihapolla (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), kunnes liuoksen väri vaihtui vihertävänsinertävästä harmahtavanruskeaksi. Titraukseen käytetyn rikkihapon määrän avulla laskettiin näytteen typpipitoisuus käyttämällä kaavaa 1.

$$\%N = \frac{(V_1 - VB_1) \times c \times f \times M(N) \times 100}{M \times 1000} \quad (1)$$

jossa

V<sub>1</sub> = käytetyn hapon määrä (ml)

VB<sub>1</sub> = käytetyn hapon määrä nollanäytteessä (ml)

c = hapon konsentraatio (mole/l)

f = kerroin, tässä tapauksessa 2

M(N) = typen moolimassa (g/mol)

M = näytteen alkuperäinen paino

#### 3.5.4 Hiili (TOC-Analysaattori)

Kompostin hiili (TC = Total Carbon) mitattiin käyttämällä Shimadzu Total Organic Carbon (TOC = Orgaaninen kokonaishiili) 5000A -analysaattorin SSM (Solid Sample Module) -kuivien näytteiden yksikköä. Hiilimittaukset suoritettiin laboratorioinsinööri Heli Knuutilan ohjeistuksen mukaisesti pohjautuen laitteenvalmistajan ohjeisiin. Kompostinäytettä punnittiin polttolaivaan noin 50 milligrammaa ja peitettiin keraamisella kuidulla. Näytteet poltettiin yksi kerallaan 900 °C lämpötilassa, jonka jälkeen laite antoi automaattisesti TC-pitoisuuden.

### 3.5.5 Haju ja ulkonäkö

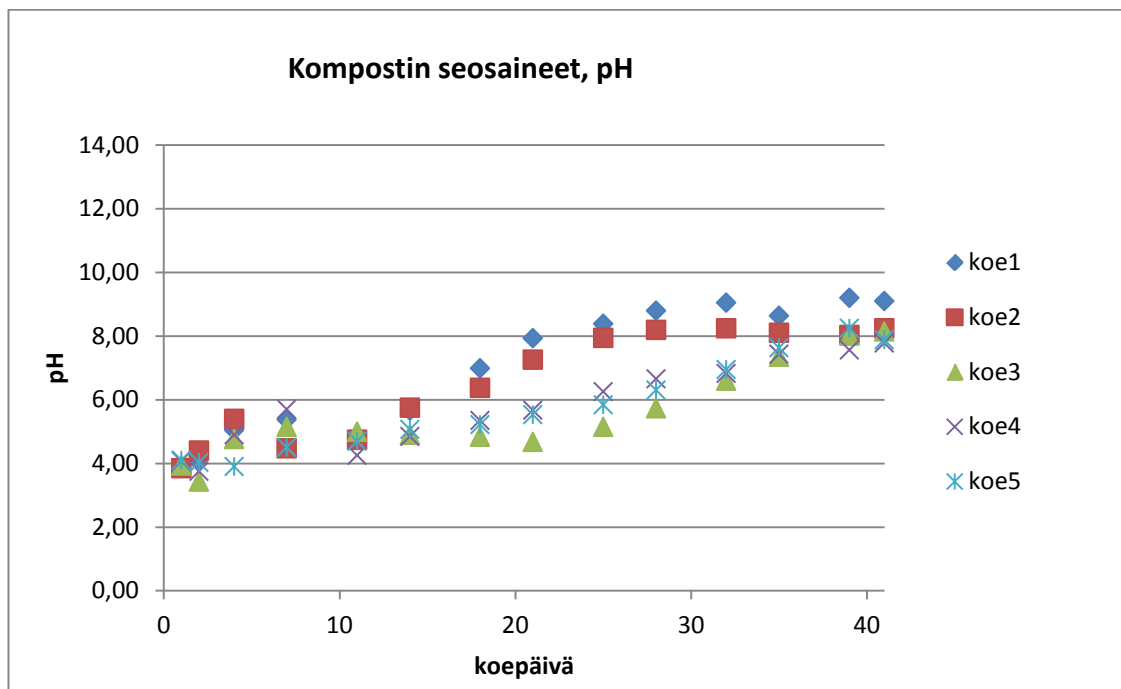
Kompostin ulkonäköä ja hajua seurattiin kaksi kertaa viikossa massan kääntämisen yhteydessä. Näiden ominaisuuksien arvioimiseen käytettiin subjektiivista arvioita keskityen arvioimaan kompostimassan hajun pistävyyttä, multamaisuutta, hajuttomuutta sekä muista hajuista selvästi erottuvia tuoksuja. Kompostin ulkonäköä tutkittiin pääasiassa väriä, kosteutta, jätteen hajoamista ja massan homogeenisuutta arvioimalla. Kompostimassan näkyviä, ulkoisia muutoksia sekä eri kompostikokeita vertaamalla arvioitiin miten eri seos- ja kiihdytinaineet vaikuttivat kompostin toimintaan.

## 4 TULOKSET

Tulokset on esitetty vertailemalla kuvioissa sekä taulukoissa eri seos- tai kiihdytinaineita toisiinsa. Tuloksissa on verrattu pH-tuloksia kuvioissa 1,3 ja 5; lämpötiloja kuvioissa 2,4 ja 6; hiili-typisuusuhteen tuloksia taulukoissa 8–10; sekä aistinvaraisesti tutkittuja hajua ja ulkonäköä. Liitteissä 1–7 on esitelty kompostin seosainekokeiden, kuivakäymäläjätteen kiihdytinainekokeiden, biojätteen kiihdytinainekokeiden sekä verrokkikokeiden pH-arvojen, lämpötilojen ja hiili-typisuusuhteen tulokset.

### 4.1 Kompostin seosaineet

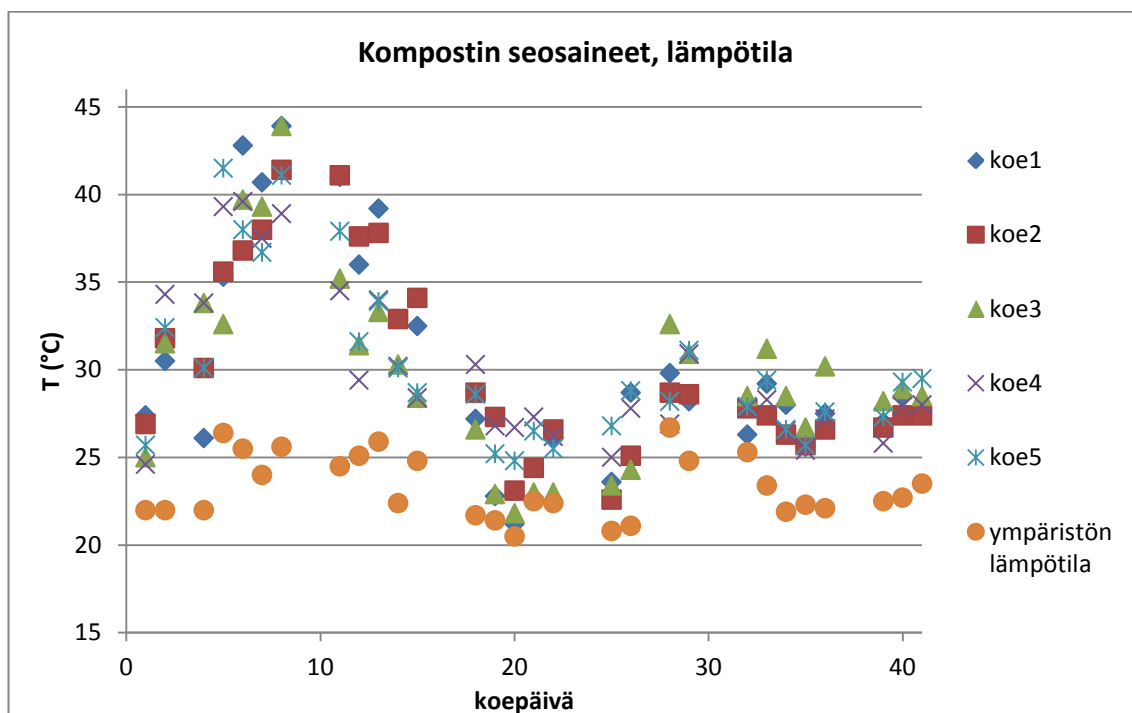
#### 4.1.1 pH



KUVIO 1. Kompostin seosainekokeiden pH-tulokset



### 4.1.2 Lämpötila



KUVIO 2. Kompostin seosainekokeiden lämpötilatulokset

### 4.1.3 Hiili-typpisuhde

TAULUKKO 8. Kompostin seosainekokeiden hiili/typpi-suhdetulokset

koe	1. päivä	20. päivä	40. päivä	C:N (loppu/alku)
Koe 1	26:1	21:1	17:1	0,65
Koe 2	18:1	15:1	14:1	0,78
Koe 3	22:1	15:1	13:1	0,59
Koe 4	18:1	14:1	16:1	0,89
Koe 5	26:1	17:1	18:1	0,69

### 4.1.4 Haju ja ulkonäkö

Kaikkien seosainekompostien haju muuttui multamaiseksi jo neljännestä päivästä alkaen, jonka jälkeen hajut vaihtelivat epäsäännöllisesti voimakkaan multaisista miedompiin maan tuoksuihin. Seitsemäntenä koepäivänä multamaisten tuoksujen rinnalle ilmestyi hento ammoniakkin tuoksu kokeen 3 ja kokeen 4 komposteissa. Kompostoinnin aikana

kaikkien kompostikokeiden tuoksussa saattoi erottaa ammoniakkin tuoksua, mutta hajujen määrä vaihteli kompostien ilmastamisen mukaan. Seosainekompostien ammoniakki-tuoksut eivät eronneet toisistaan huomattavasti vaan niitä havaittiin kaikissa kokeissa ja hajut tasoittuivat kaikissa komposteissa aina ilmastuksen jälkeen.

Kaikki seosainekompostit haihduttivat alusta asti vettä, minkä pystyi havaitsemaan kondensaationa kompostikanistereiden pinnalta. Voimakkainta kosteuden haihtuminen oli alussa aina 13.–14. päivään asti. Kokeen 4 sekä kokeen 5 seosainekomposteissa kondensaatiota esiintyi uudestaan 18. päivänä, kokeen 2 kompostissa 18. ja 32. päivänä, joskin pienissä määrissä.

Kaikista komposteista valui suotonesteitä päivien 12–14 aikana, mutta koska määrät olivat hyvin pieniä ja suotovedet valuivat hitaasti kompostin alempien ilmareikien kautta, ei suotovettä saatu talteen.

Kompostien kosteus arvioitiin alussa puristamalla kompostimassaa kädessä. Kaikki kompostimassat tuntuivat kädessä kosteilta ja niistä irtosi puristettaessa pari tippaa nestettä, mikä osoittaa jätemassojen olleen sopivan kosteita, kosteuspitoisuudeltaan noin 60 prosenttia. Kompostoinnin edetessä kaikkien massojen kosteusprosentti laski vähitellen kuitenkin kuivumatta liikaa.

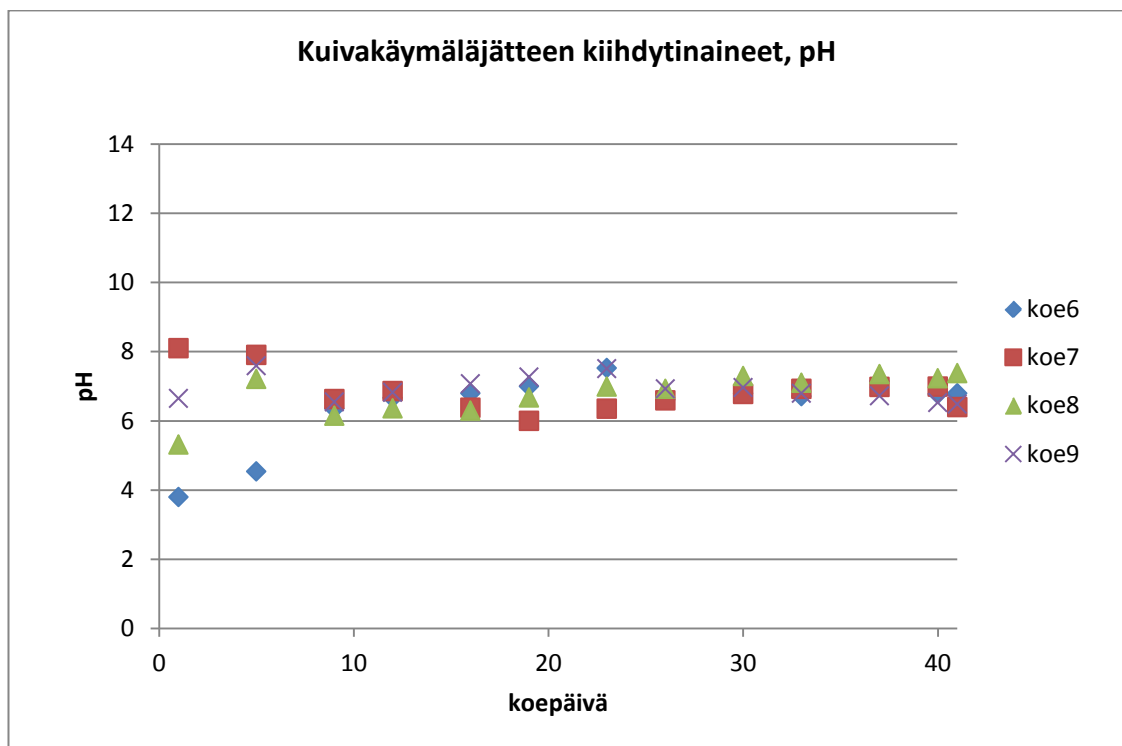
Kaikki seosainekompostit kompostoituvat hyvin koejakson aikana. Massat olivat yhtenäisiä, homogeenisiä ja ainoita massasta erottuvia aineita olivat hitaasti hajoavat materiaalit. Kompostien lämpötilojen laskiessa, noin 18. koepäivästä alkaen, syntyi kokeiden 2, 3, 4 ja 5 kompostimassojen pinnalle valkoista ja harmaata nukkamaista, harsomaista sekä pientä pilkullista home- ja sienikasvustoa muutaman päivän välein aina sekoittamisen jälkeen.

Kompostien alkuperäistä jätettä ei pystynyt missään kompostissa tunnistamaan enää 14. päivän jälkeen, lukuun ottamatta vaikeammin hajoavia materiaaleja. 14.–18. päivästä lähtien kompostimassojen värit olivat selkeästi ruskeita vaihdellen tummasta ruskeasta keskiruskeaan. Kompostikokeen lopussa oli kokeen 1 väri tummanruskea, kokeen 2 väri kaikista koejäsenistä tummin ollessa melkein musta, kokeen 3 väri tummanruskea, kokeen 4 väri tummanruskea ja kokeen 5 väri vaalein ollessa keskiruskea. Kompostiko-keista homogeenisin oli kokeen 2 massa, joka oli myös hyvin yhtenäinen seos. Kokeen

1,3 ja 4 kompostimassat olivat homogeenisiä. Kokeen 5 kompostimassa oli lopussa vä-  
hiten homogeeninen. Kaikki kompostimassat muistuttivat kuitenkin valmista multaa  
väriltään ja koostumukseltaan.

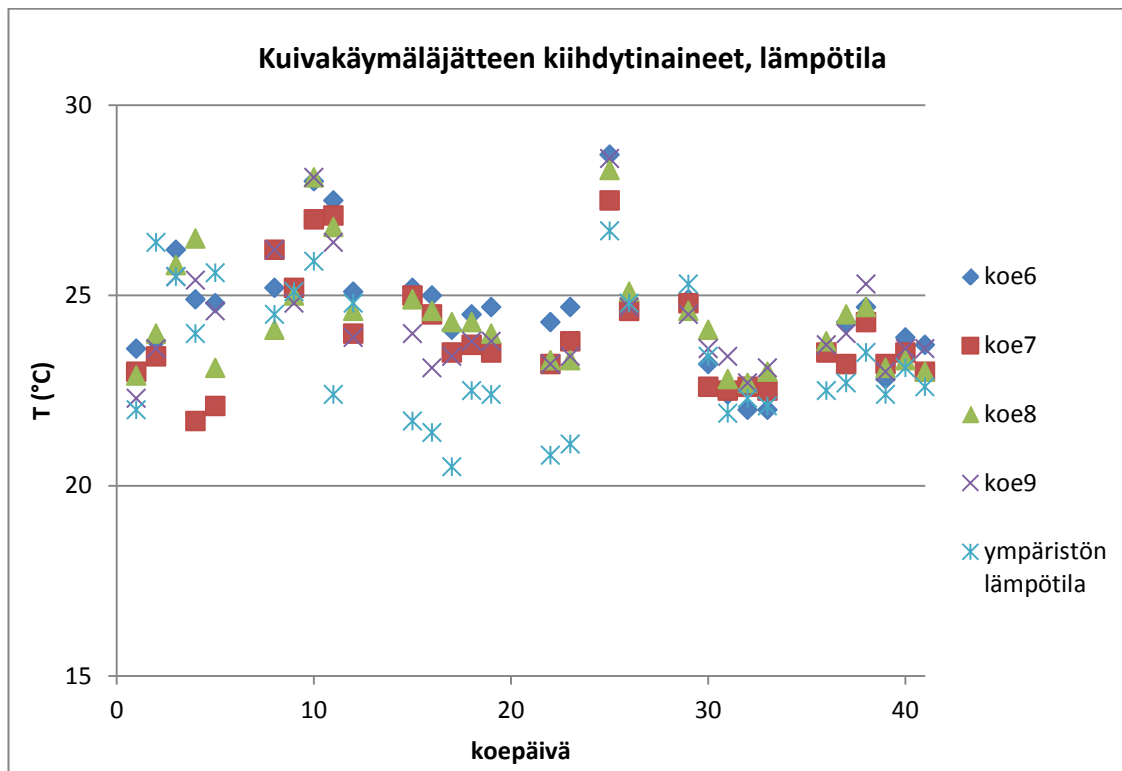
## 4.2 Kuivakäymälän kompostikiihdyttimet

### 4.2.1 pH



KUVIO 3. Kuivakäymäläjätekompostin kiihdytinainekokeiden pH-tulokset

#### 4.2.2 Lämpötila



KUVIO 4. Kuivakäymäläjättekompostin kiihdytinainekokeiden lämpötilatulokset

#### 4.2.3 Hiili-typpisuhde

TAULUKKO 9. Kuivakäymäläkompostin kiihdytinaine, hiili-typpisuhteen tulokset

koe	1. päivä	20. päivä	40. päivä	C:N (loppu/alku)
Koe 6	9:1	15:1	16:1	1,78
Koe 7	11:1	19:1	15:1	1,36
Koe 8	25:1	23:1	24:1	0,96
Koe 9	46:1	31:1	6:1	0,13

#### 4.2.4 Haju ja ulkonäkö

Käymäläkompostien hajua ja ulkonäköä alettiin arvioida kahdeksantena päivänä, jolloin kaikkiin komposteihin oli lisätty lopulliset määrät virtsaa. Alussa kompostien toiminnan arviointia vaikeutti alemmista ilmarei'istä valuneet nesteet, minkä takia alemmat ilma-reiät peitettiin, jotta kaikki neste ei pääse valumaan komposteista karkuun. Ilmareikiä ei peitetty enää 12. päivän jälkeen, sillä nestettä ei valunut enää merkittävästi tämän jäl-keen.

Käymäläjätteen kiihdytinainekomposteista ainoastaan koe 7 ei toiminut halutulla taval-la. 26. koepäivän kohdalla massa oli tummanruskea ja melko homogeeninen. Jatkossa huomioon ei oteta koetta 7 puhuttaessa käymäläkompostitulosten hajuista ja ulkoisista muutoksista.

Prosessin aikana kompostikäymälöiden hajut vaihtelivat miedoista, normaaleista käy-mäläkompostihajuista ja maallisista tuoksuista lähes hajuttomaan massaan. Sekoittami-sen jälkeen kompostien tuoksut voimistuivat hetkeksi, mutta tasaantuivat mietoihin tuoksuihin hyvin nopeasti. Kokeiden 6, 8 ja 9 kiihdytinainekompostien hajut eivät eron-neet huomattavasti toisistaan vaan olivat samanlaisia koko kompostoitumisen ajan.

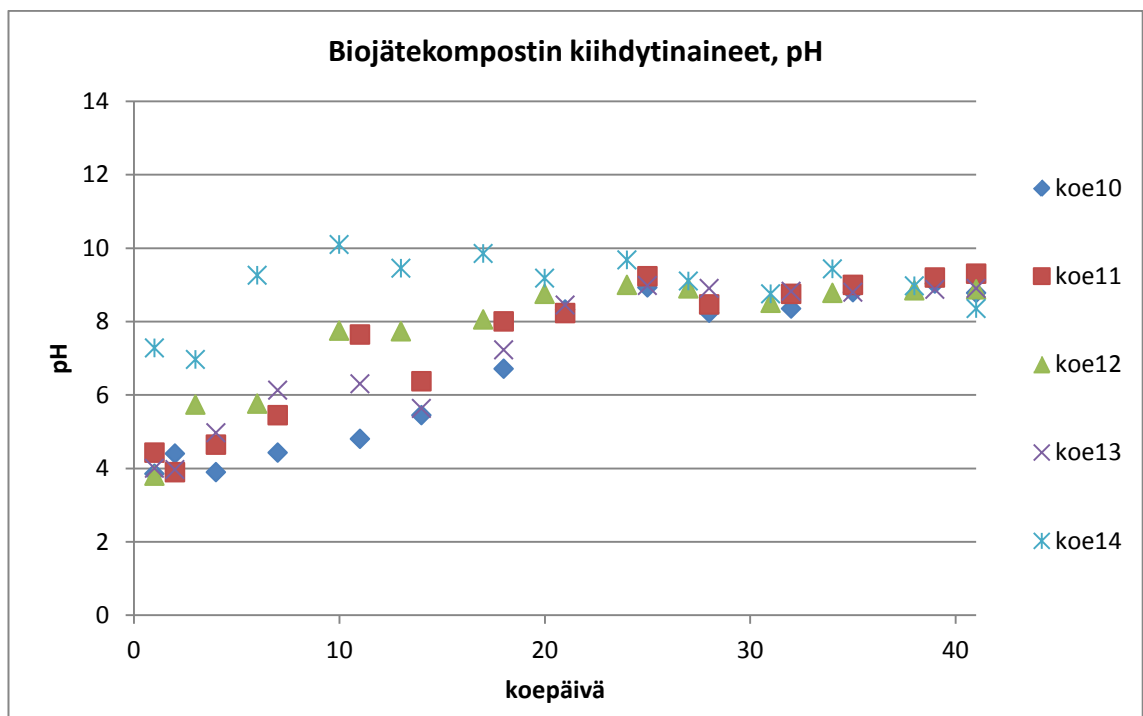
Kompostimassat olivat koko kompostoitumisen ajan sopivan kosteita kuivuen pinnalta sekoittamisen välissä. Alun vaikeuksien jälkeen massoista ei valunut huomattavia mää-riä nesteitä ilmarei'istä, joten jätteen ja kuivikeaineen määrät olivat tämän perusteella sopivassa suhteessa. Kompostien pinnalla esiintyi home- ja sienikasvustoa vaihtelevasti prosessin aikana. Kokeen 6 pinnalla esiintyi pientä, valkoista, pilkkumaista kasvustoa päivien 26–30 ja 37 aikana. Kompostikokeen 8 pinnalla esiintyi valkoista kasvustoa jo päivien 8–12 aikana sekä vaaleaa, ohutta, harsomaista kasvustoa 40. päivän kohdalla. Kokeen 9 pinnalla esiintyi hieman valkoista kasvustoa 40. päivän kohdalla.

Kompostimassojen väri oli muuttunut huomattavasti 23. koepäivän kohdalla, jonka jäl-keen massojen väri syveni hieman loppua kohden. Kaikista tummin, melkein musta kompostimassa oli kokeen 8 kompostissa ja vaalein, keskiruskea väri oli kokeen 9 kom-postissa. Kokeen 6 komposti oli tummanruskea.

Kompostijätteet hajosivat hyvin, eikä WC-paperia pystynyt erottamaan ollenkaan 16. päivän jälkeen. Koeajan lopussa komposteissa käytetyn kuivikeaineen hitaasti hajoavat osat olivat erotettavissa kaikissa komposteissa. Massan homogeenisuudessa, tasaisuudessa ja irtonaisuudessa ei ollut huomattavia eroja kompostien välillä koko prosessin aikana.

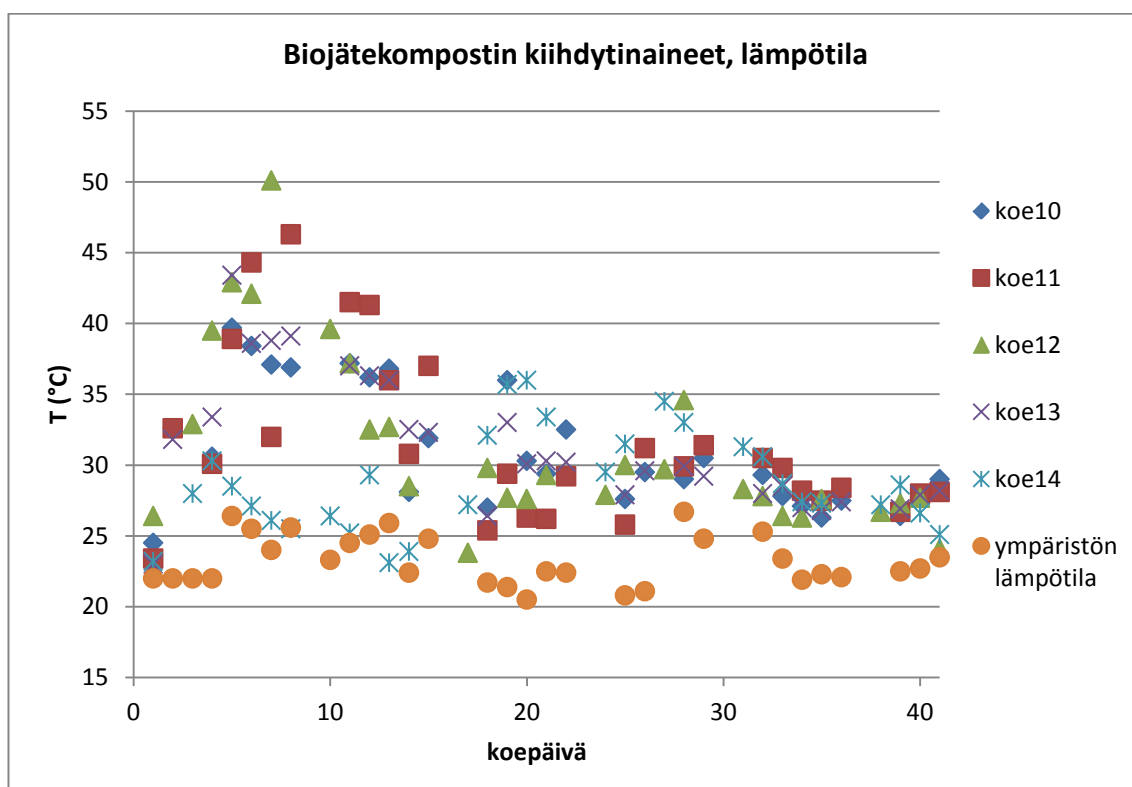
### 4.3 Biojätekompostin kompostikiihdyttimet

#### 4.3.1 pH



KUVIO 5. Biojätekompostin kiihdytinainekokeiden pH-tulokset

### 4.3.2 Lämpötila



KUVIO 6. Biojätekompostin kiihdytinainekokeiden lämpötilatulokset

### 4.3.3 Hiili-typisuhde

TAULUKKO 10. Biojätekompostin kiihdytinainekokeiden hiili/typpi-suhdetulokset

koe	1. päivä	20. päivä	40. päivä	C:N (loppu/alku)
Koe 10	19:1	16:1	13:1	0,68
Koe 11	20:1	17:1	15:1	0,75
Koe 12	16:1	16:1	13:1	0,81
Koe 13	19:1	18:1	15:1	0,79
Koe 14	4:1	12:1	10:1	2,49

#### 4.3.4 Haju ja ulkonäkö

Biojätteen kiihdytinainekokeissa kaikkien muiden paitsi kokeen 14 kompostointi onnistui hyvin. Epäonnistuneen kiihdytinaineen kompostoinnissa ammoniakkin haju oli voimakas koko kompostoinnin ajan, eikä massa hajonnut kompostointiprosessissa oletetulla tavalla. Kiihdytinainekompostien hajun ja ulkonäön tuloksia onkin arvioitu vain kiihdytinainekokeiden 10, 11, 12 ja 13 osalta.

Kaikki kompostit lähtivät kompostoitumaan hyvin, minkä pystyi havaitsemaan multamaisena hajuna sekä kompostikanisterin pinnalle tiivistyneestä vesihöyrystä jo neljännen päivän kohdalla. Kompostit kuivuivat pinnalta sekoittamisen välillä, minkä ansiosta kompostien pinnalle ilmestyi home/sienikasvustoa 10. päivästä alkaen. Suotovettä valui kompostikanisterin ilmarei'istä viidennen ja kuudennen koepäivän kohdalla, mutta määrät olivat hyvin pieniä, minkä johdosta hitaasti valuvaa nestettä ei saatu otettua talteen.

Kompostien hajut olivat pääasiassa multaisia maan tuoksuja, kuten valmiin kompostituotteen kuuluukin. Kaikkien kompostien hajut ja niiden vaihtelu olivat samanlaisia ammoniakkin tuoksussa lievästi sekoitusvälin ollessa neljä päivää. Hajut kuitenkin taantuivat melko nopeasti sekoittamisen ja siitä johtuvan ilmastuksen jälkeen.

Kompostien väri muuttui tasaiseksi ja tummanruskeaksi noin 14. koepäivän kohdalla, jolloin yksittäisiä ruoka-aineita ei erottanut enää selkeästi massasta. Kompostien väri muuttui tummemmaksi kompostoinnin edetessä ja lopussa massat olivat tummanruskeita tai melkein mustia kompostista riippuen. Koeajan lopussa tummin väri oli kokeen 12 kompostissa muiden kompostien ollessa väriltään hyvin samanlaisia tummanruskeita.

Alussa kompostien kosteutta arvioitiin puristamalla massaa kädessä ja arvion perusteella kosteusprosentti oli sopiva, noin 60 prosenttia. Kompostoinnin edetessä massat kuivuivat ja lopussa massat vaikuttivat menettäneen sopivasti kosteutta, minkä ansiosta lopputuotteet olivat irtonaista, mutta yhtenäistä massaa. Kompostointikokeen lopussa kaikki kompostit olivat melko homogeenisiä massoja, joissa erottuivat vain vaikeimmin lahoavat raaka-aineet, kuten luut ja hedelmien siemenet.



## 5 POHDINTA JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Kompostointikokeet onnistuivat hyvin kokeita 7 ja 14 lukuun ottamatta. Jätteet kompostoituvat multamaiseksi massaksi 40 päivän aikana, lämpötilat, pH-arvot sekä hiili-typpisuhteen muutokset noudattivat melko hyvin kompostointiprosessille annettuja teoreettisia muuttujien arvoja. Seos- ja kiihdytinainetestien lopputuloksena pystytään arvioimaan niiden vaikutusta kompostointiprosessin kulkuun sekä tutkimaan komposteissa käytettyjen aineiden välisiä eroja. Kompostoinnin onnistumista arvioidessa huomioon otettiin komposteista mitattujen ominaisuuksien sekä aistivaraisesti arvioitujen muutosten kokonaisuus.

### 5.1 Kompostin seosaineet

Kompostin seosainetestit osoittivat, että seosainetta tulee käyttää, jotta jätteen lahoaminen ja kompostoituminen on mahdollista. Jos jätteen seassa ei käytetty mitään seos- tai kuivikeainetta, kompostoituminen ei alkanut. Kaikki seosainetestikompostit tuottivat lopputuloksena tummaa kompostia, mutta toiset seosaineet biojätteeseen sekoitettuna tuottivat parempilaatuista kompostia kuin toiset.

Seosainekokeissa kaikkien kokeiden sekä verrokkikokeiden pH-arvot olivat happamia kompostoinnin alussa, pH 4:n molemmin puolin. Tämä on normaali arvo kompostoinnin alussa, sillä ruokajätteet ovat happamia, eivätkä seosaineet muuta jätteiden happamuutta tässä vaiheessa. Seosaineista kokeiden 1 ja 2 komposteissa oli selvästi korkeammat pH-arvot muihin komposteihin sekä verrokkeihin verrattuna koko kompostoinnin ajan. Näiden kahden kompostikokeen pH:n vaihtelut olivat myös luonteeltaan erilaiset kuin muissa komposteissa, mikä näkyi nopeampana pH:n nousuna ja pH-luvun asetumisena kokeen loppua kohden. Komposteista mitatut pH-arvot vaihtelivat päivittäin, mutta kokeen lopussa kaikkien kompostien pH-arvot olivat emäksisiä, noin 7,5 ja 9 välillä. Kokeen 1 pH oli lopussa korkein, noin 9 tuntumassa, kun taas matalin pH oli kokeilla 3 ja 4 pH:n ollessa 7 ja 8 välillä. Valmiin kompostin optimaalinen pH pitäisi olla lievästi emäksinen, mutta kompostikokeen kestäessä vain 40 päivää on mahdotonta sanoa kuinka paljon pH-arvot vielä muuttuisivat ennen kuin komposti on valmista. Tulokset antavat kuitenkin hyviä tuloksia seosaineiden vertailuun.

Seosainekompostien lämpötilat kertovat hyvin alkaneesta kompostoitumisesta, sillä kaikkien kompostien lämpötila nousi selkeästi ympäristön lämpötilaa korkeammaksi heti kompostoitumisen ensimmäisten päivien aikana. Lämpötilojen noususta kertoo myös komposteissa syntynyt vesihöyry, joka kondensoitui kompostikanisterien pinnalle. Seosainekompostien maksimilämpötilat nousivat noin 40 celsiusasteeseen, mikä on onnistunut saavutus näin pienikokoisilta komposteilta. Korkein lämpötila 45,4 °C saavutettiin kokeessa 1 ja alhaisin maksimilämpötila 39,6 °C kokeessa 4.

Kompostikokeen puolenvälin jälkeen kaikkien kompostien lämpötilat laskivat lopullisesti muutamaa astetta ympäristön lämpötilaa korkeammiksi, minkä jälkeen kompostien lämpötilojen muutokset johtuivat sekoittamisesta sekä ympäristön lämpötilojen vaihteluista. Verrokkikompostien lämpötilat nousivat alussa hieman ympäristön lämpötilaa korkeammiksi, maksimilämpötilojen keskiarvon ollessa noin 32 °C. Verrokkien lämpötilat laskivat kuitenkin nopeasti korkeimmista lämpötiloistaan ympäristön lämpötilaa mukailleen ja verrokkikompostien lämpötilat pysyivät suurimman osan ajasta 23 ja 27 °C välillä, ympäristön lämpötilasta riippuen. Tämä osoittaa selkeästi, että ilman seosainetta kompostien lämpötilat eivät nouse, koska massa on liian märkää ja tiivistä, jolloin mikro-organismit eivät pysty lahottamaan kompostimassaa.

Hiili-typpisuhteen tulokset näyttävät, että kokeiden 1 ja 5 tulokset olivat muihin seosaineisiin verrattuna lähimpänä optimaalisia arvoja kompostoinnin alkaessa. Vaihtelevista lähtöarvoista huolimatta kaikkien kokeiden C/N-suhteet laskivat loppua kohden, kuten C/N-suhteella on tapana. Kokeen 1 arvot laskivat tasaisemmin kokeeseen 5 verrattuna, mutta alku ja loppulukemat olivat hyvin lähellä toisiaan. Vaikka kokeiden 2, 3 ja 4 C/N-suhdeluvut eivät ole lähellä teoreettista optimia, ovat kaikkien koejäsenten  $CN_{loppu}/CN_{alku}$  -suhteet melko lähellä toisiaan sekä optimaaliseksi luvuksi annettua 0,6:tta.

Kaikissa komposteissa oli ajoittain lievää, pistävää ammoniakkin hajua, mikä kertoo mahdollisesta typen karkaamisesta kompostimassasta. Jotta typpi säilyisi kompostissa lopputuotteeseen asti ja kompostituote olisi mahdollisimman ravinteikasta, pitäisi kompostikanistereita mahdollisesti muuttaa, jotta kompostoitumisen olosuhteet, esimerkiksi hapensaannin osalta, olisivat paremmat. Kompostikanistereiden parempi ilmanvaihto voitaisiin toteuttaa käyttämällä karkeampaa seosainetta tai muuttamalla ja tehostamalla kanisterin ilmanvaihtoa lisäämällä ilmareikiä tai ilmastusputkia. Liian tehokasta ilmastusta pitää kuitenkin varoa, jottei kompostimassa pääse kuivumaan liikaa.

Seosainekompostien ulkonäköä arvioitaessa tutkittiin kompostimassan väriä ja homogeenisuutta. Kaikkien seosainekompostien massat muuttuivat ruskean värisiksi parin viikon kompostoinnin jälkeen. Valmiin kompostin väri pitäisi olla hyvin tumma ruskea, muttei kuitenkaan musta ja kompostin tulisi näyttää samalta kuin multa. Valmiin kompostimassan heterogeenisuus ei ole este kompostin käyttämiselle, sillä kompostimassan lahoaminen jatkuu edelleen, jos kompostissa on hajotettavaa massaa, mutta tasaisempi massa on ulkonäöltään siistimpää.

Kokeiden perusteella ruokajätteeseen käytetyt seosainemäärät olivat sopivat kompostoitumiselle kosteuden sekä ulkonäön perusteella. On kuitenkin muistettava, että sopiva seosaine ja sen määrä vaihtelevat jätteen laadun ja määrän mukaan.

## 5.2 Kuivakäymäläkompostin kiihdytinaineet

Käymäläjättekompstien kiihdytinainevertailussa kompostien pH-arvot erosivat alussa toisistaan hyvin paljon, mikä johtui kiihdytinaineiden sisältämistä aineista. Alussa happamin pH-arvo, noin 4, oli kokeessa 6. Happamia olivat myös koe 8, jossa pH oli noin 5 ja koe 9, jossa pH oli noin 6,5. Kokeen 7 kiihdytinainekompostin pH oli alussa noin 8. Kokeen 7 kiihdytinaine ei kuitenkaan toiminut valmistajan ohjeiden mukaisesti, joten varmoja johtopäätöksiä kiihdytinaineen vaikutuksista pH-arvoihin ei voida tehdä, vaikka tässä kokeessa kiihdytinaine ei vaikuttanut merkittävästi kompostimassan lopputulokseen pH-arvojen osalta. Kaikkien kompostien sekä verrokkien pH-arvot tasaantuivat lähelle toisiaan yhdeksän päivän kompostoinnin jälkeen 6 ja 7,5 välille. Kompostoinnin lopussa kaikkien kiihdytinainekompostien ja verrokkien pH oli 6,5 ja 7,5 välillä. Kiihdytinaineilla ei näyttänyt olevan kompostoinnin alun jälkeen suurta vaikutusta kompostimassan pH-arvoihin, mutta koska kompostit eivät ole 40 päivän jälkeen valmiita kompostia, ei voida sanoa miten kiihdytinaineet vaikuttavat kompostimassaan pidemmällä kompostointiajalla.

Käymäläjättekompstien lämpötilat eivät nousseet yhtä korkeiksi kuin biojättekompstien lämpötilat, mutta tämä oli odotettu ero käymäläjätteen ja biojätteen välillä. Kaikkien käymäläjätteen kiihdytinainekompostien maksimilämpötila saavutettiin 25. päivänä johtuen ympäristön korkeasta lämpötilasta. Kokeen 6 maksimilämpötila oli 29,4 °C, kokeen 8 29,0 °C ja kokeen 9 29,3 °C. Kokeen 7 epäonnistuneesta kompostoitumisesta

huolimatta kompostin lämpötilat olivat samalla tasolla muiden kiihdytinainekompostien kanssa. Kiihdytinainekompostien lämpötilat nousivat ympäristön lämpötilaa korkeammiksi selkeästi 11. ja 25. koepäivien välissä, noin 4 °C ympäristön lämpötilaa korkeammiksi. Muuten kiihdytinainekompostien lämpötilat olivat ympäristön lämpötilan kanssa samalla tasolla tai asteen korkeampi. Kiihdytinaine nosti kompostien lämpötilaa keskimäärin noin 1 °C verrokkikomposteja korkeammaksi. Kiihdytinainekompostien sekä verrokkikompostien lämpötilojen vaihtelut seurasivat kuitenkin selkeästi ympäristön lämpötilan vaihtelua.

Käymäläjätekompostien hiili- ja typpisuhteen tulosten mukaan kompostoinnin alussa kompostoinnille parhaat C/N-suhdeluvut olivat kokeen 6 verrokillä, kokeen 8 kompostilla sekä sen verrokillä. Kokeen 9 kompostissa sekä sen verrokkikompostissa oli liian vähän typpeä suhteessa hiileen, mikä näkyy korkeana C/N-suhdelukuna. Tavallisesti kompostoinnin edetessä C/N-suhdeluku laskee, kuten on käynyt suurimalla osaa komposteista, mutta koska kompostointiaika oli vain 40 päivää, eivät tulokset ole lopullisia C/N-suhteita valmiille komposteille. Poikkeavia C/N-suhdelukuja olivat kokeen 6 1. päivän tulos, kokeen 7 1. päivän tulos sekä kokeen 9 40. päivän tulos. Poikkeavat lukemat saattavat johtua kompostinäytteen epätasaisuudesta tai hiili- ja typpimäärityksen aikana tehdystä virheestä, sillä lukemat poikkeavat huomattavasti muista koetuloksista. Komposteissa käytettiin ihmislannan sijasta hevosenlantaa, jolla on suurempi C/N-luku kuin ihmislannalla. Kokeiden vertailuun ja prosessiin tämä ei vaikuta millään tavalla, mutta kiihdytin- ja seosaineiden annostelu olisi erilainen optimaalisen C/N-suhteen saavuttamiseksi, jos kompostiin lisättäisiin hevosenlannan sijasta jotain muuta lantaa.

Käymäläjätekompostin kiihdytinainekokeissa kompostien hajut pysyivät hyvin mietoina ja kompostit olivat lähes hajuttomia, eivätkä kompostien hajut muistuttaneet multamaisia hajuja kompostoinnin loppuessa. Komposteista ei pystynyt erottamaan pistävää ammoniakkin hajua koko prosessin aikana, mikä on positiivista. Komposteihin lisättiin seosainetta, kun kaikki virtsa oli saatu lisättyä komposteihin, sillä kompostit olivat muuten liian kosteita ja virtsan haju oli hallitseva. Seosaineen lisäämisen jälkeen virtsan haju laimeni ja kompostit haisivat miedosti normaalilta käymäläjätteeltä. Seosaineen määrä oli sopiva myös kompostien kosteuden perusteella kompostimassan puristustestin mukaisesti.

Käymäläjätekompostit hajosivat selkeästi hitaammin kuin biojätekompostit, mutta kompostoinnin puolivälissä olivat kompostit sekä verrokkit väriltään selkeästi tummemman ruskeita kuin alussa. Kokeen 8 massa muuttui nopeimmin tummanruskeaksi ja oli kompostoinnin lopussa kaikista komposteista ja verrokeista tummin. Koe 6 oli kompostoinnin lopussa tummanruskea sekä hieman tummempi kuin verrokkinsa. Koe 9 oli väriltään tummanruskea, hyvin samanlainen kuin verrokkikompostinsa, mutta hieman vaaleampi kuin koe 6. Kompostoituminen sujui hyvin käymäläjätteen kiihdytinainekompostikokeilla ja kokeen aikana nopeimmin hajoavat kompostit olivat myös väriltään tummimpia.

### 5.3 Biojätekompostin kiihdytinaineet

Biojätekompostien pH-arvot olivat alussa happamia, noin pH 4, jonka jälkeen kompostien pH-arvot lähtivät nousemaan ja tasaantumaan. 24.–28. päivän jälkeen kompostit olivat emäksisiä kokeen loppuun asti, pH 8 ja 9 välissä. Koe 14 poikkesi muista komposteista ollen alussa neutraali, 6. päivän jälkeen emäksinen, minkä jälkeen kompostimassa pysyi emäksisenä loppuun asti. Kokeen lopussa kaikki kompostit sekä verrokkit olivat kuitenkin emäksisiä ja koe 14 oli lopussa samalla pH-tasolla kuin muutkin kompostit. Komposteista kokeiden 11 ja 12 pH-arvot nousivat alussa nopeasti, kun taas näiden verrokkien pH-arvot nousivat hitaammin. Kokeen 10 ja verrokin pH-arvot nousivat alussa hitaasti, kun taas kokeen 13 ja sen verrokin pH-arvot nousivat tasaisesti. Kaikkien kompostien pH-arvot olivat kokeen lopussa liian korkeat valmiille kompostille, mutta kompostointi jatkuu normaalioloissa 40 päivän jälkeen, joten kompostien pH olisi saattanut muuttua kompostoinnin edetessä. Korkeat pH-arvot saattavat myös kertoa typen karkaamisesta kompostimassasta ammoniakkinä, mistä kertoo myös kompostien pistävä haju. Kiihdytinaineista ei näytä olevan merkittävää etua pH:n suhteen tässä kokeessa 40 päivän koeajalla, sillä pH-tasot olivat kokeen lopussa hyvin samanlaiset, eivätkä verrokkien pH-arvot olleet ongelma kompostoinnin aikana.

Kaikkien biojätekiihdytinainekompostien lämpötilat nousivat kompostoinnin alussa selkeästi ympäristön lämpötilaa korkeammiksi, paitsi kokeen 14 lämpötila. Korkeimman maksimilämpötilan 51,1 °C saavutti koe 12, jonka maksimilämpötila oli kaikkien kompostin seos- ja kiihdytinainekokeiden korkein. Kokeen 12 maksimilämpötila oli noin 5 astetta korkeampi kuin verrokkinsa lämpötila, mikä osoittaa kiihdytinaineen nos-

tavan biojätekompostin lämpötilaa. Kokeen 11 maksimilämpötila oli 47,1 °C, mikä oli sama kuin verrokkinsa maksimilämpötila. Kokeen 10 maksimilämpötila oli 43,3 °C, kokeen 13 43,8 °C ja kokeen 14 36,2 °C, joka saavutettiin vasta 20. koepäivänä. Kolmen viimeksi mainitun verrokkikompostien lämpötilat ja maksimit olivat lähellä kiihdytinkompostiensa lämpötiloja. 30. koepäivän jälkeen kaikkien kompostien ja verrokkien lämpötilaerot olivat tasoittuneet samalle tasolle. Kompostoinnin lopussa biojätteen kiihdytinainekompostien lämpötilat olivat noin 5 celsiusastetta korkeammat kuin ympäristön lämpötila.

Biojätekompostien kiihdytinainetestissä kaikkien kiihdytinainekompostien sekä verrokkien C/N-suhdeluvut olivat kompostoinnin alussa liian matalat optimaaliselle hajottamiselle, mikä johtuu jätteen liiasta typpipitoisuudesta hiileen nähden. Kiihdytinainekompostien ja verrokkien C/N-suhteet laskivat maltillisesti 40 päivän aikana, eikä kiihdytinainekompostien ja verrokkien välillä ollut suuria eroja. Kaikkien kompostien hiilipitoisuus oli liian pieni, mikä johtuu ruokajätteen korkeasta typpipitoisuudesta, käytetyistä kiihdytinaineista ja koko kompostimassan matalasta hiilipitoisuudesta. Seosaineella voi lisätä jätteen hiilipitoisuutta, mutta tässä tapauksessa käytetty seosmäärä ei riittänyt nostamaan jätteen hiilipitoisuutta. Seosainetta ei kuitenkaan voi lisätä jätteeseen pelkästään hiilipitoisuutta silmälläpitäen vaan kompostin täytyy pysyä riittävän kosteana kuivaa seosainetta lisättäessä.

Kaikkien kiihdytinainekompostien hajut muuttuivat multamaisiksi kompostoinnin alussa, mikä kertoo kompostointiprosessin nopeasta käynnistymisestä. Kaikissa komposteissa havaittiin myös pistävää ammoniakkin tuoksua, etenkin sekoitusvälin ollessa kolmesta neljään päivään. Tehokas hajottaminen vaatii paljon happea mikro-organismien elintoihintoihin. Mitä nopeampaa ja tehokkaampaa lahoaminen on, sitä suurempi on pieneliöiden hapentarve. Nopeasta hajottamisesta johtuen kompostikanistereiden ilmanvaihto ei luultavasti ollut riittävä estämään kokonaan typen karkaamista massasta. Kaikkein tummin kompostimassa saavutettiin kokeessa 12, joka oli jo 8. koepäivänä huomattavasti tummemman ruskean värinen kuin verrokkinsa tai muut kompostit. Hajoaminen oli myös sitä nopeampaa, mitä tummempi oli kompostimassan väri. Kompostointikokeen lopussa koe 12 oli väriltään hyvin tumma, hieman tummempi kuin verrokkinsa tai muut kompostit. Koe 13 oli kokeen lopussa myös hyvin tumma ja hieman tummempi kuin verrokkinsa. Kokeet 10 ja 11 olivat myös tummanruskeita, kuten verrokkinsa, mutta hieman vaaleampia kuin muut kiihdytinainekompostit.

Biojätekompostien kiihdytinaineista kokeen 12 kiihdytinaineesta oli eniten selkeää hyötyä kompostin ulkonäön ja korkean lämpötilan perusteella. Kompostoituminen vaikutti alkavan nopeammin käytettäessä tätä kiihdytinainetta, mutta valmiin kompostin syntyminen vaatii monta kuukautta, eikä tässä kokeessa kompostoitunut kuin 40 päivän ajan, joten kiihdytinaineiden hyötyä koko kompostoitumisen ajalta ei voida sanoa.

#### 5.4 Johtopäätökset ja tulosten yhteenveto

Kompostien ulkonäkö ja haju kertovat paljon kompostin ominaisuuksista pelkästään aistinvaraisesti tutkimalla. Lämpötilan ohella ne kertovat kompostoitumisen vaiheista enemmän kuin C/N-luku ja pH-arvot, jotka kertovat kompostin ravinteikkuudesta ja kypsyydestä vasta kompostin ollessa vanhaa. C/N-luku kertoo kompostoinnin alussa kompostimassan hiilen ja typen tasapainosta, mikä on tärkeää mikrobien toiminnan ja hajottamisen kannalta. Kompostin seos- ja kiihdytinaineita arvioidessa otettiin huomioon etenkin kompostien ulkonäkö ja se miten kompostit näyttivät silminnähten kompostoituvan, vaikka kokonaisuutta arvioidessa ja eri seos- ja kiihdytinaineita vertaillaessa myös lämpötila, pH ja C/N-suhde olivat apuna.

Kompostointikokeessa tutkittiin yhteensä 14 eri ainetta, josta jokaisesta rakennettiin vain yksi komposti kutakin ainetta kohden. Koska kompostoinnin tulokset perustuvat vain yhden kompostin lukemiin jokaisesta aineesta, saattaa tuloksissa olla sattumanvaraisuutta. Kompostointi onnistui kuitenkin hyvin 12 aineen kohdalta ja näiden kompostien tuloksia on vertailtu kokonaisuuksina, jotta välttyttäisiin sattumanvaraisten tulosten vääristämisiltä johtopäätöksiltä. Olisi ollut mielenkiintoista tutkia eri seos- ja kiihdytinainekompostien tuloksia, jos testejä olisi tehty useampia, jolloin tuloksista pystyisi näkemään keskiarvot ja karsimaan kaikki satunnaiset virheet. Komposteja tuli tähän kokeeseen kuitenkin yhteensä 28, jolloin useamman kompostin hoitaminen ja tutkiminen olisi käynyt liian työlääksi yhdellä kertaa.

Taulukossa 11 on arvioitu kompostin seos- ja kiihdytinainetestin tuloksia ja taulukossa esitetään parhaat tulokset saaneet kompostit eri ominaisuuksien mukaan. Seosaineista kokonaisuutena paras oli koe 1, sillä kompostin lämpötila oli korkein, sen C/N-suhde oli alussa annettujen viitearvojen sisällä ja haju sekä ulkonäkö olivat koko kompostoitumisen ajan hyvät. Kompostoituminen lähti hyvin käyntiin ja etenkin lopussa komposti oli

valmiin näköistä ja massa oli huokoista. Käymäläjätteen kompostikiihdyttimistä kokonaisuutena paras kiihdytinaine oli koe 8, etenkin ulkonäkönsä perusteella. Kompostin lämpötila nousi korkeaksi ja C/N-suhde oli lähinnä optimaalista. Biojättekompostin kiihdytinaineista kokonaisuutena paras oli koe 12, sillä lämpötila nousi korkeimmaksi, kompostoituminen alkoi hyvin nopeasti ja lopussa kompostimassa oli hyvän näköistä. Vaikka kokeen 12 kompostimassan C/N-suhde oli muihin kiihdytinaineisiin verrattuna kauimpana annettuja viitearvoja, oli komposti kokonaisuutena paras. Kaikkien seos- ja kiihdytinainetestien kohdalta ei löytynyt parasta kompostia pH-arvon osalta, sillä 40 päivän kompostoitamisen jälkeen vertailtavien kompostien pH-arvot olivat samalla tasolla, eikä valmiin kompostin lopullista pH-arvoa voida ennustaa.

TAULUKKO 11. Yhteenveto parhaista kompostointituloksista seos- ja kiihdytinaineilla

	Seosaine	Käymäläjätteen kiihdytinaine	Biojätteen kiihdytinaine
pH	Ei parasta	Ei parasta	Ei parasta
Lämpötila	Koe 1	Koe 6	Koe 12
C/N	Koe 1 ja 5	Koe 8	Koe 11
Haju ja ulkonäkö	Koe 1	Koe 8	Koe 12
Kokonaisuus	Koe 1	Koe 8	Koe 12

Kompostoimalla erilaisia jätteitä vaihtelevat kompostoitavan jätteen massa ja sen ominaisuudet joka kerta lisätyn jätteen mukaan. Jätteen ominaisuuksista riippuen voi olla tarpeellista lisätä erityyppistä seos- tai kiihdytinainetta eri määrinä. Yleensä seos- ja kiihdytinaineen lisäämistä varten tuotteen valmistaja on arvioinut jonkinlaisen keskiarvon, jonka mukaan aineita pitää lisätä kompostoitavaan jätteeseen. Tässä kokeessa pyrittiin käyttämään valmistajien antamia suosituksia jokaisen seos- ja kiihdytinaineen annostelussa, minkä tuloksena jokainen komposti, koetta 7 ja 14 lukuun ottamatta, alkoi kompostoitua kiitettävästi.



## LÄHTEET

Albers, M., Helle, H., Varpula, T., Itävaara, M., Kapanen, A. & Vikman, M. 2003. Kompostointiprosessin monitorointi ja ohjaus. Kirjallisuusselvitys. VTT tiedotteita 2207. Espoo. Otamedia Oy.

Cornell Waste Management Institute. 2007. Composting. Department of Crop and Soil Sciences. Bradfield Hall, Cornell University. Luettu 31.8.2013. <http://cwmi.css.cornell.edu/resources.htm#composting>

Diaz, L.F., De Bertoldi, M., Bidlingmaier, W. & Stentiford, E. 2007. Compost Science and Technology. Waste management Series 8. Netherlands. Elsevier Ltd. ISBN-13 978-0-08-043960-0.

Flink, R. 2004. Kompostointiopas. Ekoinfo ry. Pilot-kustannus Oy. ISBN 952-464-132-1.

Itävaara, M., Vikman, M., Kapanen, A., Venelampi, O. & Vuorinen A. 2006. Kompostin kypsyystestit. Menetelmäohjeet. VTT tiedotteita – Research Notes 2351. Helsinki. Valopaino Oy.

Jenkins, J. 2005. Ihmislantakäsikirja. Opas ihmislannan kompostointiin. Käännös Fred, N. Copyright 2005 Joseph Jenkins.

Jätekuikko Oy. 2009. Kotikompostointi. Helppo ympäristöteko. Tulostettu 31.8.2013. [http://www.jatekuikko.fi/www/fi/liitetiedostot/ohjeet\\_esitteet/kompostointiopas\\_verkko\\_verkko.pdf](http://www.jatekuikko.fi/www/fi/liitetiedostot/ohjeet_esitteet/kompostointiopas_verkko_verkko.pdf)

Kiertokapula Oy. 2010. Kompostointia kotioloissa. Tulostettu 31.8.2013. [http://www.kiertokapula.fi/wp-content/uploads/2013/04/kompostointiopas2010\\_30042013netti.pdf](http://www.kiertokapula.fi/wp-content/uploads/2013/04/kompostointiopas2010_30042013netti.pdf)

Kiertokapula Oy. 2011. Kuivakäymälän hankinta ja käyttö. Tulostettu 31.8.2013. [http://www.kiertokapula.fi/wp-content/uploads/2013/04/kuivakaymala2011\\_30042013netti.pdf](http://www.kiertokapula.fi/wp-content/uploads/2013/04/kuivakaymala2011_30042013netti.pdf)

Korhonen, A. 2006. Kompostien kiihdytinaineiden vertailu. Nurmijärvi. Työtehoseuran raportteja ja oppaita 29.

Kratschmer, H. 2000. Kotikomposti. 2000. Slovenia. Harald Kratschmer och ICA Förlaget AB, Vesterås. DELO tiskarna/Korotan Ljubljana. Ruotsinkielinen alkuteos Jord och Kompost – Gödsling och jordförbättring på naturens vilkor. ISBN 951-1-17096-1

Lewis, R. & Evans, W. 2006. Chemistry. Third edition. Palgrave Macmillan.

Loimi-Hämeen Jätehuolto Oy. 2009. Kompostointiopas kotitalouksille ja taloyhtiöille. Forssa.

Partti, M. 2004. Kompostointiopas. Helsinki. YTV (Pääkaupunkiseudun yhteistyövaltuuskunta).

Pohjola, P. 2005. 14 Biojätteet kompostoimalla hyötykäyttöön. Kehittyvä elintarvike. Koko elintarvikealan kattava ammattilehti 2/2005, 14–16.

Puutarha.net. 2012. Kompostointi. Sanoma News Oy. Luettu 4.9.2013.  
<http://puutarha.net/artikkelit/152/kompostointi.htm>

SFS-EN 15933. Sludge, treated biowaste and soil. Determination of pH. 2012. Finnish Standards Association SFS. SFS verkkokauppa.

Suomen Ympäristöopas. 2013. Kompostointi. Luettu 4.9.2013.  
<http://www.ymparistoopas.com/kompostointi/>

Thompson, K. 2008. Komposti. Gummerus Kustannus Oy. Alkuperäisteos Compost. ISBN 978-951-20-7640-6.

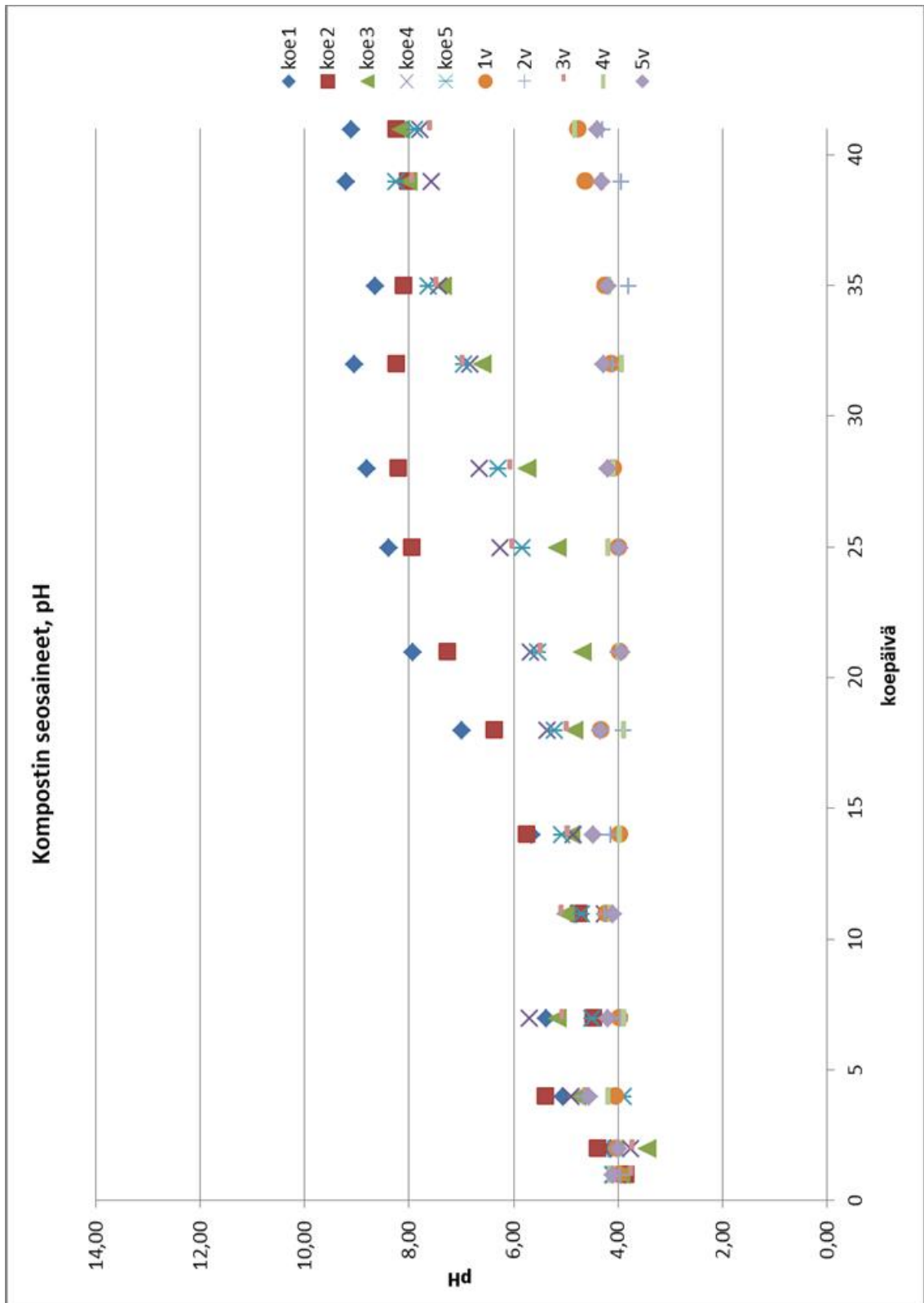
Tontti, T. & Mäkelä-Kurtto, R. 1999. Biojätekompostit kasvintuotannossa. Kirjallisuuskatsaus. Maatalouden tutkimuskeskuksen julkaisuja sarja A. Maatalouden tutkimuskeskus. Jokioinen. Jyväskylän yliopistopaino.

University of Jyväskylä. 2004. Komposti. Ympäristökasvatuksen vapaavalintainen kurssi Jämsän seutukunnan 2. asteen oppilaitoksille. Finnish Institute for Educational Research. Peda.net. Luettu 4.9.2013.  
[http://www.peda.net/en/magazine/jamsanao/98/tukedemo?m=content&a\\_id=6](http://www.peda.net/en/magazine/jamsanao/98/tukedemo?m=content&a_id=6)

Viskari, E. 2010. Waste Management Laboratories Exercise Handout. Tampere University of Applied Sciences. Tampere. Finland.

## LIITTEET

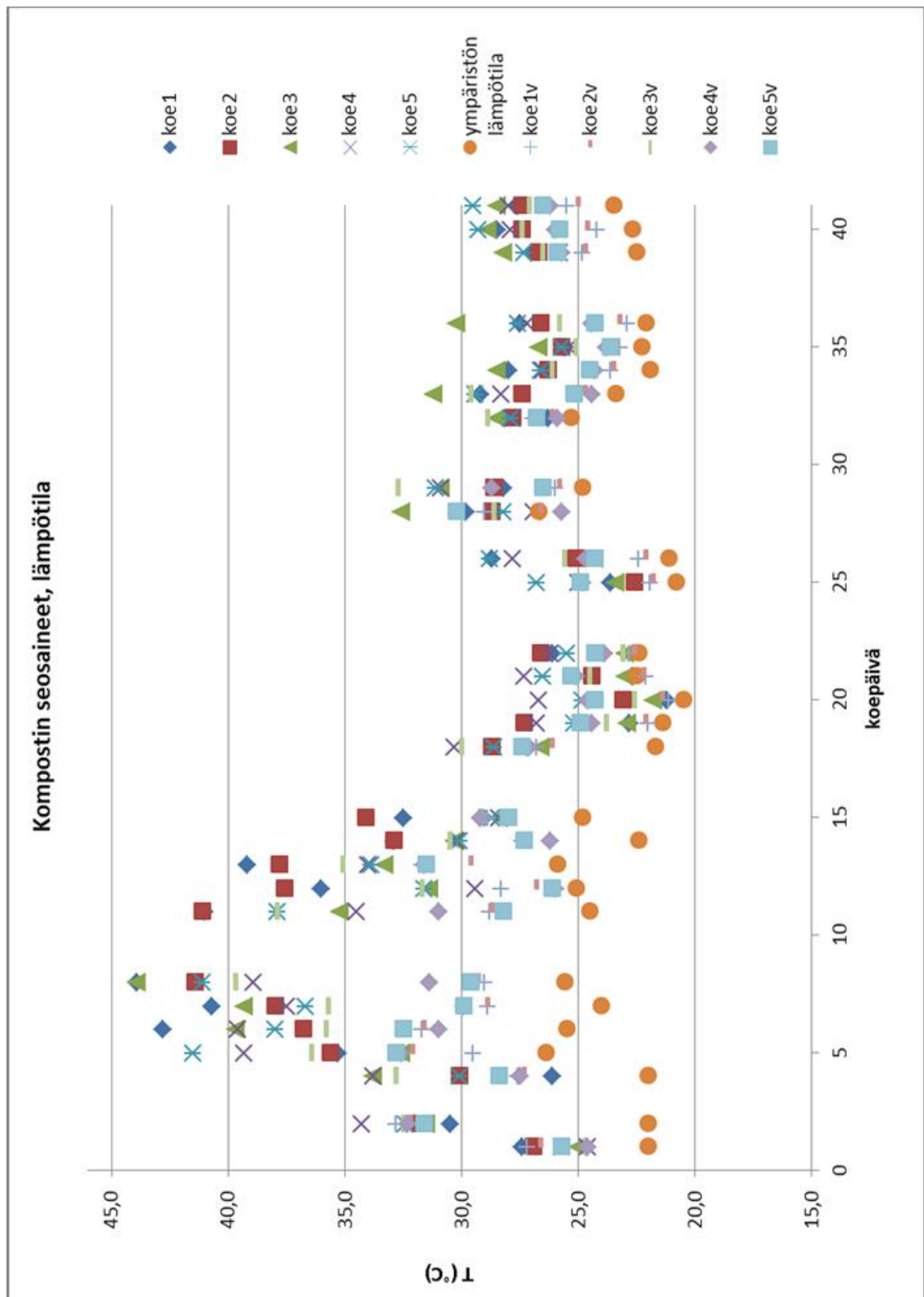
Liite 1. Seosaine- ja verrokkikompostien pH-arvojen tulokset



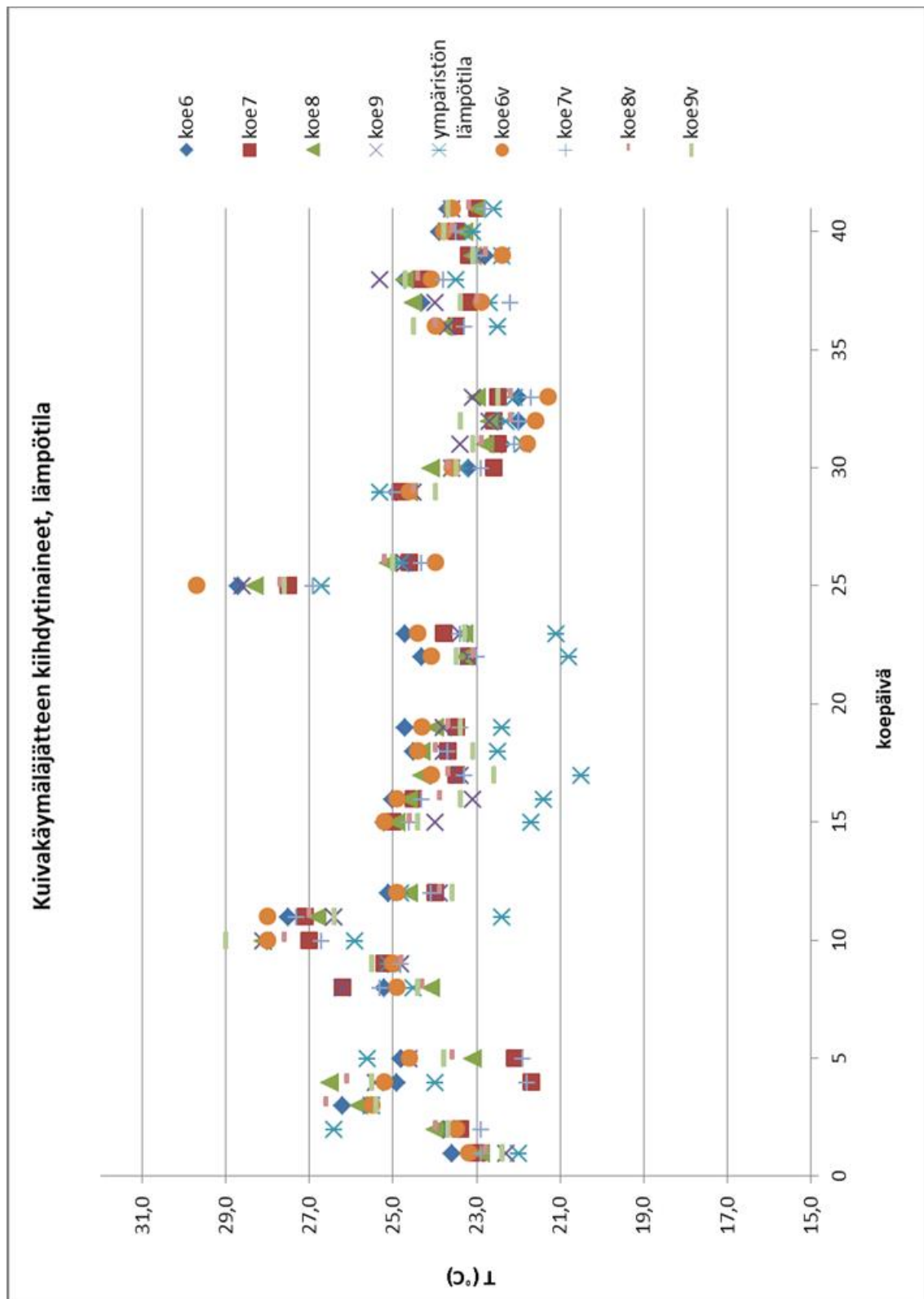




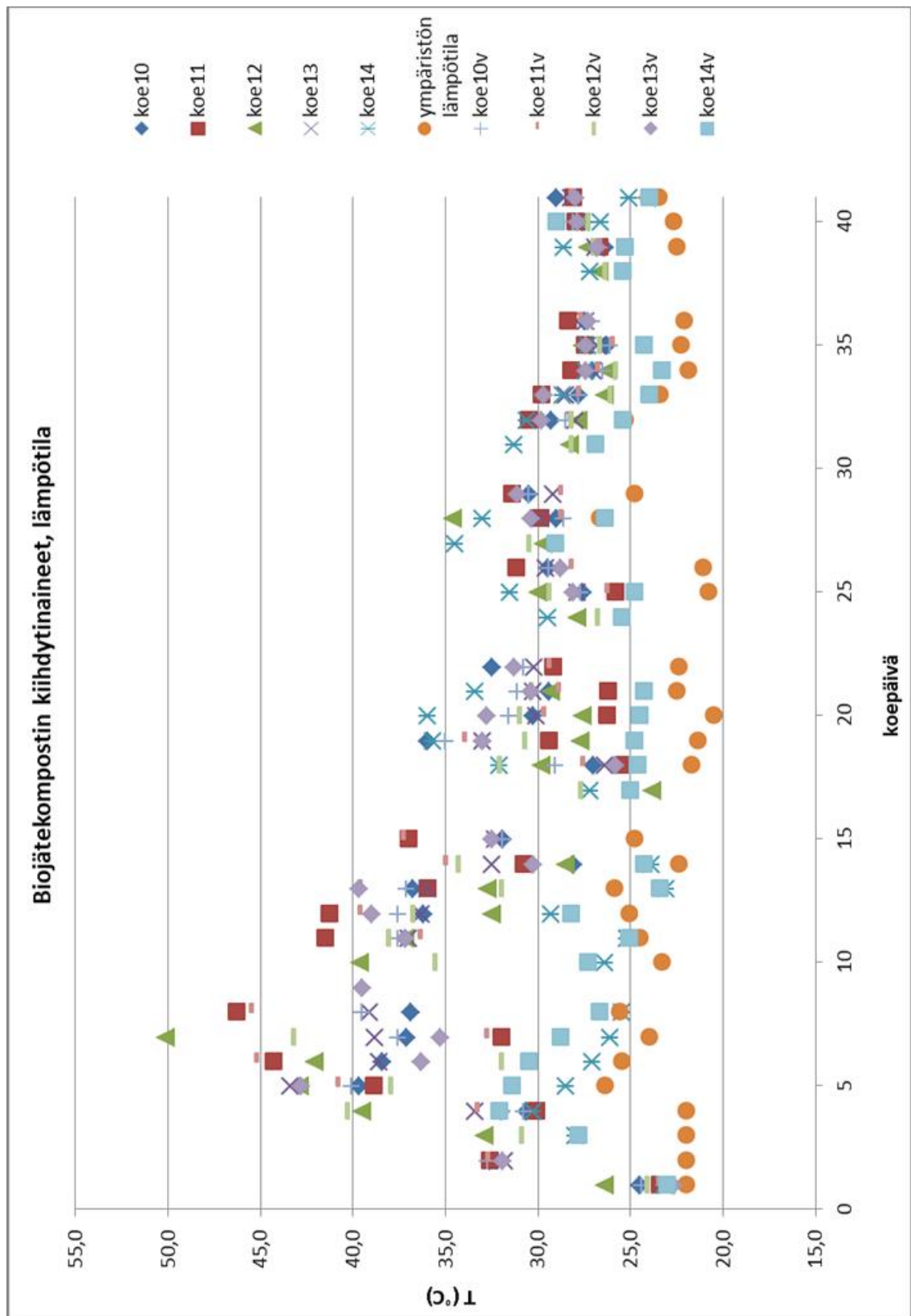
Liite 4. Seosaine- ja verrokkikompostien lämpötilojen tulokset



Liite 5. Käymäläjätteen kiihdytinaine- ja verrokkikompostien lämpötilojen tulokset



Liite 6. Biojätteen kiihdytinaine- ja verrokkikompostien pH-arvojen tulokset





Liite 7. Seosainekompostien, käymäläjätteen kiihdytinainekompostien, biojätteen kiihdytinainekompostien sekä verrokkikompostien C/N-suhteiden tulokset

koe	1. päivä	20. päivä	40. päivä	C:N (loppu/alku)
Koe 1	26:1	21:1	17:1	0,65
Koe 1v	17:1	13:1	12:1	0,71
Koe 2	18:1	15:1	14:1	0,78
Koe 2v	23:1	12:1	12:1	0,52
Koe 3	22:1	15:1	13:1	0,59
Koe 3v	19:1	14:1	13:1	0,68
Koe 4	18:1	14:1	16:1	0,89
Koe 4v	17:1	12:1	12:1	0,71
Koe 5	26:1	17:1	18:1	0,69
Koe 5v	16:1	13:1	12:1	0,75
Koe 6	9:1	15:1	16:1	1,78
Koe 6v	30:1	24:1	23:1	0,77
Koe 7	11:1	19:1	15:1	1,36
Koe 7v	21:1	27:1	30:1	1,43
Koe 8	25:1	23:1	24:1	0,96
Koe 8v	35:1	39:1	35:1	1,00
Koe 9	46:1	31:1	6:1	0,13
Koe 9v	41:1	32:1	36:1	0,88
Koe 10	19:1	16:1	13:1	0,68
Koe 10v	19:1	17:1	14:1	0,74
Koe 11	20:1	17:1	15:1	0,75
Koe 11v	22:1	17:1	16:1	0,73
Koe 12	16:1	16:1	13:1	0,81
Koe 12v	15:1	18:1	14:1	0,93
Koe 13	19:1	18:1	15:1	0,79
Koe 13v	17:1	17:1	16:1	0,94
Koe 14	4:1	12:1	10:1	2,49
Koe 14v	20:1	11:1	11:1	0,55