

Tallinna Tehnikaülikooli Tartu Kolledž

Keskkonnakaitse õppetool

**VÄHEMVÄÄRTUSLIKU LAMBAVILLA VERMI-JA
TAVAKOMPOSTIMISE VÕRDLUS**

Magistritöö tööstusökoloogia eriala

Maarja Koppelmaa

Juhendaja: Msc. Jane Peda

Tartu 2014

Autorideklaratsioon

Deklareerin, et käesolev magistritöö, mis on minu iseseisva töö tulemus, on esitatud Tallinna Tehnikaülikooli magistrikraadi taotlemiseks ja et selle alusel ei ole varem taotletud akadeemilist kraadi.

Kõik töö koostamisel kasutatud teiste autorite tööd, olulised seisukohad, kirjandusallikatest ja mujalt pärinevad andmed on viidatud.

.....
Kuupäev

.....
Allkiri

Sisukord

Sissejuhatus	5
1. Vermikompostimine	6
1.1 Enamkasutatavad vihmaussiliigid vermikompostimisel.....	7
1.1.1 Parasvöötme vihmaussiliigid	7
1.1.2 Troopilised vihmaussiliigid.....	9
1.2 Vermikompostimist mõjutavad keskkonnatingimused.....	9
1.2.1 Vermikomposti temperatuur	10
1.2.2 Vermikomposti niiskusesisaldus.....	10
1.2.3 Vermikomposti pH	10
1.2.4 Vermikomposti õhustatus	10
1.2.5 Süsiniku ja lämmastiku suhe vermikompostimisel.....	11
1.2.6 Ammoniaak ja anorgaanilised soolad vermikompostis	11
2. Kompostimine	12
2.1 Kompostimisprotsessi mõjutavad keskkonnategurid.....	14
2.1.1 Kompostitav materjal ja selle osakeste suurus.....	14
2.1.2 Komposti hapnikusisaldus	14
2.1.3 Komposti niiskusesisaldus	15
2.1.4 Süsiniku – lämmastiku suhe kompostis	15
2.1.5 Komposti temperatuur - ja kompostimise erinevad faasid.....	16
2.1.6 Komposti happesusnäitaja.....	16
3. Lambavill.....	17
3.1 Lambakasvatus.....	17
3.1.1 Enamlevinud lambatõud.....	17

3.2 Lambavilla omadused	17
3.2.1 Villaku villatüübid ja kvaliteet	18
3.3 Lambakasvatus Vormsi saarel	18
4. Materjal ja metoodika	20
5. Tulemused	24
5.1. Kompostkatsete tulemused	24
5.1.1 Lambavilla massikadu	24
5.1.2 Komposti happesusparameetrid	24
5.1.3 Substraadi niiskusesisaldus	25
5.1.4. Sõnnikuusside arvukuse muutus	25
5.1.5. Mikroobikoosluse hingamisaktiivsus ja mulla mikroobne biomass vermi – ja tavakompostimisel.....	26
5.1.6. Temperatuur	27
5.2. Küsitluse tulemused	27
5.3. Lamba villatootlikkuse uurimise tulemused	28
6. Arutelu ja järeldused.....	30
Kokkuvõte	33
Summary.....	34
Tänuõnad.....	35
Kasutatud materjalid.....	36
Lisad	40

Sissejuhatus

Aastatuhandeid on olnud lammas inimesele asendamatu loom, andes selga riided ja lauale toidu. Lammaste arv Eestis kasvab aasta aastalt ja positiivselt mõjus Eesti ühinemine Euroopa Liiduga ning riigipoolsete toetuste maksmine. Paraku kasutatakse villakust ära vaid valitud osa ning ülejäänud jääde (Kallam *et al.*, 2010).

Kompostimine on lihtne viis orgaanilistest jäätmetest vabanemiseks. Kompostida on võimalik nii tööstuslikes tingimustes kui ka kodusel viisil. Oluline on luua kompostimisprotsessiks sobivad keskkonnatingimused – optimaalne temperatuur, niiskussisaldus ja piisav õhustatus. Kompostimisprotsessi tulemusena valmib kompost, milles jääde on muudetud taimedele omastatavateks ühenditeks (Olaussen, 2003).

Vormsi on väikesaar, kus 2013. aasta seisuga oli 7 lambakasvatajat, kes on huvitatud kasutuse leidmisest vähemväärtuslikule lambavillale. Töö autor on Vormsi valla elanik ja soovib aidata oma kogukonda, uurides vähemväärtusliku lambavilla alternatiivseid käitlusviise kompostimise- ja vermikompostimise näol. Lisaks on antud magistritöö kasulik materjal ka teistele Eesti lambakasvatajatele, kes soovivad oma vähemväärtuslikust lambavillast keskkonnasõbralikul moel vabaneda.

Antud magistritöö eesmärgiks on võrrelda vähemväärtusliku lambavilla lagunemist vermi – ja tavakompostimisel. Kuna töö autori kodukohas, Vormsi saarel oli olemas huvi lambavilla alternatiivsete kasutusviiside kohta, viidi kompostimiskatsed läbi Vormsi saarel pidades silmas kohalikke olusid. Töö eesmärgi täitmiseks püstitas antud töö autor järgnevad uurimisülesanded:

- Anda teoreetilisele käsitlusele tuginedes ülevaade kompostimisest, vermikompostimisest ja lambavillast;
- Koguda andmeid lambavilla tootlikkuse ja kasutusviiside kohta Vormsi lambakasvatajate seas;
- Viia läbi vermi - ja tavakompostimiskatsed, mille käigus hinnata kompostimist kui ühte võimalikku viisi vähemväärtusliku lambavilla käitlemiseks;
- Hinnata läbiviidud katsete põhjal Eesti tingimustes vermi - ja tavakompostimise sobivust vähemväärtusliku lambavilla käitlemiseks.

1. Vermikompostimine

Vermikompostimine on lagunemisprotsess, mis toimub vihmausside ja mulla mikroorganismide koosmõjul. Vihmaussid segavad ja peenestavad kompostitavat materjali, suurendades sellega mullamikroorganismidele kättesaadavat pinda ja seeläbi soodustades oma tegevusega mulla mikroorganismide tegevust ning kiirendades lagunemisprotsessi. (Dominguez, 2004).

Vihmausse kasutatakse kompostimisel kompostimisprotsessi kiirendamiseks. Vihmaussid tarbivad iga päev peaaegu poole ulatuses oma kehakaalust orgaanilist ainet ning muudavad oma tegevuse käigus kompostitava materjali toitainerikkaks ja tasakaalustatud huumuseks. Samuti aitavad vihmaussid tasakaalustada kompostris temperatuuritingimusi, säilitada niiskust ning parandavad oma tegevuse käigus ka komposti õhustatust. (Dominguez, 2004; Edwards, 2004)

Vermikompostrit on võimalik üles seada nii sise – kui ka välitingimustes. Välitingimustes vermikompostri ülesseadmisel tuleb maapind kobestada või lisada dreneaživoolik, et tagada vihmaussidele õhuga varustamine. Kobestatud pinnasele asetatakse 20-30 cm raam ja lisatakse vermikultuuri. Raami sisse pannakse õhukese kihina kompostitav materjal, mis on soovitatav enne peenestada. Peenestatud materjali korral asuvad mikroorganismid kohe tegutsema ja vihmaussidel on toitu. Vermikomposti ei tohi lisada liiga palju jäädet korraga, vaid jäätmeid tuleks lisada aeg-ajalt, sest vastasel korral ei tule vihmaussid suures koguses jäätmete kompostimisega toime ja kompostimisprotsess võib muutuda anaeroobseks ning kompost võib hakata ebameeldivalt lõhnama. (Olausson, 2003; Raudseping, 2010)

Vermikompostimisel sisetiingimustes kasutatakse vermikompostrit. Üheks variandiks vermikompostri puhul on kasutada kahte teineteise peale käivat anumad. Anumate külgedesse tehakse õhuavad, millest vihmauss läbi ei mahu (läbimõõt 2-3 mm). Alumisse kompostri ossa luuakse äravoolutee komposti nõrgvee või vermite väljutamiseks. Alumisse ossa pannakse ka valmiskompost (varustamaks vermikompostrit mikroorganismidega) ja ka vermikultuur. Ülemisse ossa, mille põhi on augustatud (selleks, et vihmaussid saaksid

läbi aukude käia toitumas), pannakse kompostimiseks mõeldud materjal ja komposter kaetakse et, vältida vihmausside põgenemist. (Filsinger, 2013)

1.1 Enamkasutatavad vihmaussiliigid vermikompostimisel

Vermikompostimisel kasutatakse epigeilisi (asustavad mulla ülemist kihti) vihmaussiliike, kes suudavad tarbida orgaanilise aine rikast toitu ning elada suurel hulgal väikesel alal. Samuti peavad sellised liigid tolereerima muutuvaid keskkonnatingimusi, olema võimelised kiiresti paljunema ja vastu pidama käsitsemisele. Vermikompostimisel kasutatavaid liike jagatakse parasvöötme- ja troopilisteks liikideks (Dominguez, 2004; Edwards, 2004).

1.1.1 Parasvöötme vihmaussiliigid

Vermikompostimisel on parasvöötme liikidest kasutusel sõnikuussid (*Eisenia foetida* ja *Eisenia andrei*), punane vihmauss (*Lumbricius rubellus*), *Dendrobaena rubida* ja *Dendrobaena veneta*. (Dominguez, 2004; Edwards, 2004)

1.1.1.2 Sõnnikuussid (*Eisenia foetida* ja *Eisenia andrei*)

Vermikompostimisel kasutatakse enim sõnnikuusse (*Eisenia foetida* ja *Eisenia andrei*). Need liigid on visuaalselt raskesti eristatavad, sest morfoloogilised tunnused, talitlus ja elukeskkonna tingimused erinevad väga vähesel määral. Sõnnikuussid on võimelised koloniseerima aktiivselt looduslikke taimseid ja loomseid jäätmeid, taluma temperatuuri- ja niiskuse kõikumist ning mehhaanilist käsitsemist. (Dominguez, 2004; Edwards, 2004)

Sõnnikuussid on värvuselt punakaspruunid. Omavahel ristudes ei ole järglased paljunemisvõimelised vaatamata sellele, et mõlemad liigid on ökoloogiliselt ja füsioloogiliselt sarnased. (Dominguez, 2004; Perez-Losada *et al.*, 2005)

Eisenia foetida ja *Eisenia andrei* liigist isendid kaaluvad keskmiselt 0,55 grammi, on 50-100 millimeetrit pikad ning tarbivad päevas toiduks orgaanilist jäädet peaaegu poole ulatuses oma kehakaalust. Keskmise kookonite arv päevas on 0,35-0,5 ja igast eluvõimelisest kookonist väljub temperatuurist sõltuvalt keskmiselt 2,5-3,8 uut isendit. Koorumisest suguküpsuse saavutamiseni kulub *Eisenia foetida* liigist isenditel 28–30 ning *Eisenia andrei* liigist isenditel 21-28 päeva. Mõlemal liigil kulub soodsates tingimustes kookonist koorumisel kuni suguküpseks saamiseni ja uue kookoni koorumiseni 45-51 päeva. Sõnnikuusside eluiga sõltub temperatuurist. Kontrollitud tingimustes on mõlema liigi eluiga 4,5-5 aastat. Looduslikes tingimustes on eluiga lühem, sest neid ohustavad erinevad

röövloomad ja parasiidid. Sõnnikuusside elutegevuseks sobiv temperatuur jääb vahemikku 0°C-35°C ning optimaalne temperatuur nende elutegevuseks on 25°C (Dominguez, 2004; Edwards, 2004).

1.1.1.3 Punane vihmauss (*Lumbricus rubellus*)

Punane vihmauss (*Lumbricus rubellus*) on punakaspruun või punakaslilla, heledamat värvi kõhualusega. Antud liik eelistab elutegevuseks loomasõnnikut või reoveemuda sisaldavat niisutatud komposti. Punane vihmauss kaalub keskmiselt 0,82 grammi ja on 60-105 millimeetrit pikk. Paljunemiskiirus on keskmiselt 0,35 vastkoorunud vihmaussi nädalas ja kookonist väljub üks uss. Munade inkubatsiooniaeg on 35-40 päeva. Elutsükkel on punasel vihmaussil 120-170 päeva ja suguküpsus saabub koorumisest 74-91 päeva jooksul (Dominguez, 2004; Edwards & Arancon, 2004). Punane vihmauss eelistab elada 3- 20 sentimeetri sügavusel kompostikihis sõltuvalt komposti temperatuurist või niiskustasemest. (Zorn *et al.*, 2005). Optimaalne temperatuur elutegevuseks on 22°C ja sobiv elukeskkonna pH jääb vahemikku 5,5-8,7 (Reynolds & Dindal, 1977; Dominguez, 2004; Edwards, 2004).

1.1.1.4 *Dendrobaena rubida*

Dendrobaena rubida on punakas violetset värvi vihmauss, täiskasvanud isend kaalub keskmiselt 0,25 grammi ja on 35-60 millimeetrit pikk. Antud vihmauss eelistab elada kõdunevas puidus ja põhus, männivarises, kompostis, turbas, loomasõnnikus ning reoveetiikide läheduses. Vihmaussil on keskmiselt 0,2 kookonit päevas, milles on keskmiselt 1,67 ussi. Nende elutsükkel kestab keskmiselt 75 päeva, inkubatsiooniaeg on 15-40 päeva, suguküpsuse saavutavad 54 päevaga (Dominguez, 2004).

1.1.1.5 *Dendrobaena veneta*

Dendrobaena veneta on punakat ja tuhmkollast värvi vihmauss. Sellest liigist isendid on keskmiselt 50-80 millimeetrit pikad ja kaaluvad keskmiselt 0,92 grammi. Antud vihmaussiliik talub võrreldes teiste vihmaussiliikidega suuri niiskustaseme muutuseid keskkonnas. *Dendrobaena veneta* liigist isenditel on keskmiselt 1,28 kookonit päevas, milles on keskmiselt 1,1 ussi. Vihmausside elutsükli pikkus on 100-150 päeva ja suguküpsuseks saavad nad 65 päevaga ning inkubatsiooniaeg on 42 päeva. Antud liigi isenditele elutegevuseks sobiv temperatuur jääb vahemikku 15-25°C (optimum 25°C) ja niiskustase vahemikku 65-80% (optimum 75%). (Dominguez, 2004) Antud liigist vihmaussid hukuvad suuremal temperatuuril kui 25°C (Beer, 2011).

1.1.2 Troopilised vihmaussiliigid

Troopilistest liikidest kasutatakse vermikompostimiseks *Eudrilus eugeniae*, *Perionyx excavatus* ja *Pheretima elongata* vihmaussiliike (Dominguez, 2004; Edwards, 2004).

1.1.2.1 *Eudrilus eugeniae*

Eudrilus eugeniae on punakaspruuni värvi, 80-190 millimeetrit pikk ja kaalub 2,7-3,5 grammi. Sellest liigist isendi elutsükkel kestab 50-70 päeva, soodsates tingimustes 1-3 aastat ja suguküpsus saabub 40-49 päevaga. Antud liigil on päevas keskmiselt 0,42-0,51 kookonit, milles on 2-2,7 ussi. Elutegevuseks sobiv temperatuur jääb vahemikku 16-30°C (optimum 25°C) ja niiskustase jääb vahemikku 70-85% (optimum 80%). Liik on tundlik käsitsemisele – ja temperatuurikõikumistele. (Dominguez, 2004).

1.1.2.2 Sinine vihmauss (*Perionyx excavatus*)

Perionyx excavatus on punakas pruuni värvi, 45-70 millimeetrit pikk ja kaalub 0,5-0,6 grammi (Dominguez, 2004). Tegemist on liigiga, kes suudab elutseda materjalis, kus on suur niiskuse- ja toitainete sisaldus (Edwards *et al.*, 1998). Elutsükkel kestab 40-50 päeva ning suguküpsusee saabumine sõltub keskkonnatingimustest, enamasti saabub suguküpsus 28-42 päevaga. Antud liigi esindajaid on kookonis keskmiselt 1-1,1 isendit. Vihmaussi elutegevuseks sobiv temperatuurivahemik jääb 25-37°C vahele, kuid sellest liigist isendid ei talu pikka aega temperatuuri, mis jääb alla 5°C. Sobiv niiskustase jääb vahemikku 75-80%. (Dominguez, 2004)

1.1.2.3 *Pheretima elongata*

Pheretima elongata liik on pärit troopilisest kliimavöötmeest ja teda ei saa pidada välitingimustes, kuna ta ei suuda ellu jääda külmadel talvedel. Antud liigiga on Indias tehtud katseid lagundamiseks olme- ja tapajäätmeid, inimese ekskrementide, linnu- ja loomasõnnikut ning seenekasvatustjääke kompostimisprotsessil (Dominguez, 2004). Sellest liigist isendid sigivad kiiresti ning nad on kõrge viljakustasemega (Munnoli *et al.*, 2010).

1.2 Vermikompostimist mõjutavad keskkonnatingimused

Vermikompostimisel valitakse vihmaussiliik sõltuvalt sellest, kas kompostitakse väli- või sisetingsimustes. Keskkonnatingimustest kompostis sõltub vihmaussi areng, kasv ja paljunemine. Vihmaussidele avaldavad kompostis mõju komposti temperatuur, niiskus,

happesus, õhustatus, süsiniku ja lämmastiku suhe, ammoniaagi ja anorgaanilise soolade sisaldus kompostis (Nag, 2008).

1.2.1 Vermikomposti temperatuur

Parasvöötme- ja troopilised liigid taluvad temperatuure erinevalt. Vihmausside elutegevuseks sobivaim temperatuur jääb vahemikku 15-25°C (Dominguez, 2004; Edwards, 2004). Vihmausside toitumisaktiivsus sõltub komposti temperatuurist. Kui temperatuur langeb alla 10°C, siis toitumisaktiivsus langeb. Kui temperatuur langeb alla 4°C, siis katkeb uute kookonite loomine ja olemasolevates elutegevus peatub. Külma elukeskkonna tõttu liiguvad vihmaussid sügavamatesse mullakihtidesse (Selden *et al.*, 2005). Kui temperatuur ületab 30°C, siis vihmausside vajadus toidu järele suureneb. Kuna nad ei suuda piisavalt toitu manustada, hakkub vermikultuur stressi tõttu. (Dominguez, 2004).

1.2.2 Vermikomposti niiskusesisaldus

Vihmaussid vajavad vett, et kompostis toituda ja hingata. Vermikompostimisel jääb sobiv niiskusesisaldus vahemikku 75-90%. Alla 50% niiskusesisalduse korral võib vihmausside kasv ja areng aeglustuda hapnikupuuduse tõttu. Kõrgema kui 90% niiskusesisalduse korral vihmaussid lahkuvad kompostist või hakkuvad hapnikupuuduse tõttu (Applehof, 1997; Dominguez, 2004).

1.2.3 Vermikomposti pH

Vermikompostimisel sõltub komposti happesusparameeter komposti lisatavast materjalist. Vihmaussid on võimelised elama kompostis, mille pH jääb vahemikku 5-9. Kui pH tase kompostis jääb alla 4,5, siis vihmaussid lahkuvad või hakkuvad. Komposti happesust on võimalik vähendada lisades tuhka, kuid ka vihmaussid ise suudavad muuta komposti aluseliseks, eritades vastavate näärmete kaudu kaltsiumigraanuleid. (Olaussen, 2003; Dominguez, 2004).

1.2.4 Vermikomposti õhustatus

Vermikomposti õhustavad vihmaussid oma elutegevusega. Vihmaussid omastavad õhuhapniku difusiooni teel naha kaudu, kuna neil puuduvad kopsud hingamiseks. Kompostis, milles õhuhapnik otsa lõppenud liigniiskuse või tihenunud mullaosakeste tõttu, hakkab kogunema süsinikdioksiid, mille tõttu vihmaussid lahkuvad sealt või hakkuvad. (Dominguez, 2004)

1.2.5 Süsiniku ja lämmastiku suhe vermikompostimisel

Mullaorganismid kasutavad orgaanilisest ainest ära rohkem süsinikku kui lämmastikku, muutes need mineraliseerumisprotsessis taimedele kasulikeks ühenditeks. Orgaanilise materjali lagunemisel lämmastik vabaneb ammooniumlämmastikuna või seotakse mullamikroorganismide poolt (McGill & Cole, 1981). Süsiniku ja lämmastiku suhe võib jääda vahemikku 25/1-30/1, kus orgaanilise materjali mineraliseerumisel saavutatakse tase, kus lämmastik ei piira mullamikroorganismide kasvu ja aktiivsust (Olaussen, 2003).

1.2.6 Ammoniaak ja anorgaanilised soolad vermikompostis

Vihmaussid on tundlikud ammoniaagi ja anorgaaniliste soolade suhtes. Kui kompostis on ammoniaaki rohkem kui 1 mg/g ja anorgaanilisi sooli rohkem kui 0,5%, siis see osutub vihmaussidele toksiliseks ja nad surevad. Ammoniaagirikkaid jäätmeid tuleks eelkompostida, enne vermikompostrisse lisamist (Dominguez, 2004).

2. Kompostimine

Kompostimine koosneb rohketest bioloogilistest protsessidest, mida viivad läbi erinevad mikroorganismid, kellel on oluline roll orgaanilise aine lagundamisel (Mehta *et al.*, 2013). Aeroobsed mikroorganismid vajavad oma elutegevuseks lisaks sobivale keskkonnale ka piisavalt hapnikku ja vett ning nad toodavad oma tegevuse käigus süsihappegaasi, ammoniaaki ja soojusenergiat (Pichtel, 2005).

Kompostis olev elustik kujutab endast toiduahelat, mis koosneb kolmest tarbijarühmast. Esmased tarbijad, kes tarbivad vahetult orgaanilist jäädet, on bakterid, seened, kiiribakterid, hooghännalised, ümarussid ehk nematoodid ja algloomad (Lavelle & Spain, 2001; Mehta *et al.*, 2013). Esmaste tarbijate hulka loetakse veel vihmaussid, kes liigituvad megafauna kategooria alla. Teise astme tarbijad moodustavad mullaorganismid, kes toituvad esmastest tarbijatest või nende jäänustest - pihumardiklased, keldrikakandid ja lestad (Dominguez, 2004).

Teise astme tarbijad asustavad kompostitükikeste vahele olevaid õhuavausi. Kolmanda astme tarbijad on kiskjad (lestad, sadajalgised ja kõrvahargid), kes toituvad esmastest või teise astme tarbijatest ning asustavad samuti kompostiosakeste vahelisi õhuavausi. (Dominguez, 2004).

Mullaelustiku olulisemateks funktsioonideks kompostis on Olaussen (2003) järgi hüdroloogiliste protsesside ja gaasivahetuse reguleerimine; orgaanilise aine lagundamine; kompostistruktuuri säilitamine; aine ja energia ringe; komposti segamine; lõhnatekitajate hävitamine ja kahjurite, parasiitide, haigustekitajate ning umbrohuseemnete eluvõimelisuse kahjustamine.

Orgaaniliste jäätmete kompostimisel on tulemuseks mullamineraalidega rikastatud huumuseline aine, mis on vajalik taimekultuuri elutegevuseks. Kompostimine koosneb kolmest etapist: eelkäitlus, kompostimine ja järelkäitlus. (Kriipsalu, 2001)

Orgaaniline jääde on kompostimiseks vaja eeltöödelda. Selleks sorteeritakse jäätmed ja eraldatakse kompostimiseks kõlbamatud ained. Eeltöötlemisel peenestatakse raskesti komposteeruv materjal (oksad), ühtlustamaks kompostitava materjali kompostimiskiirust (Rodriguez *et al.*, 2012). Kui kompostimisel kasutatakse valmiskomposti, siis see

sõelutakse eelnevalt, et eemaldada kompostimata jäänud – ja sobimatu materjal (klaas, plastik). Kompostimise käigus hoolitsetakse, et kompost oleks parajalt niiske ja õhustatud. Järelkäitlemisel jäetakse valmiskompost järelvalmima. (Olaussen, 2003). Protsessi käigus õhustatakse komposti pidevalt, seejärel sõelutakse, et eemaldada kompostimata jäänud materjal ja lõpuks rikastatakse lisanditega (taimekaitsevahendid, väetis) (Rynk & Richard, 2001).

Kompostimistehnoloogiad jagunevad sõltuvalt kompostimise mahust ja rakendatavast kompostimismeetodist (Kriipsalu, 2001). Kodumajapidamises toimub väikekompostimine, kus orgaanilisestest jäätmetest vabanetakse tekkekohas. Orgaaniline jääde kompostitakse kompostris, kompostihunnikus, kompostikastis või vermikompostris (Olaussen, 2003). Vältimaks komposti läbikuivamist ja talvel külmumist ning tagamaks kompostimisprotsessi õiget kulgemist, on soovitatav kompostitava materjali kogus vähemalt 1m³. Kompostri või kompostkasti mõõtmed võiksid olla vähemalt 1,2x1,2x1,2 meetrit. Kompostikast peaks olema kergesti hooldatav - kompostitavat materjali peab olema kerge lisada ja valmiskomposti eemaldada. Lisaks peab kompostimisel saama komposti õhutada ja vajadusel peab olema võimalik lisada vett. Kompostimisprotsess kestab 3-5 nädalat. (Raudseping, 2010)

Tööstuslikult kompostitakse suurel hulgal tekkinud orgaanilisi jäätmeid. Levinuimad tööstuslikud kompostimisviisid on aunkompostimine ja vaalkompostimine. Tööstuslik kompostimine eeldab tugeva kattega platsi olemasolu, nõrgvee kogumissüsteemi, aega ja ressursi aereerimiseks ning transpordiks. (Keskkonnaministeerium, 2005)

Aunkompostimisel on soovitatav auna kõrgus 1,5-2 meetrit, laius 3-6 meetrit ja pikkus 30-40 meetrit. Protsessi kiirendamiseks võib auna katta õhukindla kattega ja sundõhutamiseks paigaldada auna torustiku koos ventilatsiooniga. Kaetud aunas valmib kompost 2-3 nädalaga ja lahtises aunas 6-10 nädalaga. Lahtist auna tuleb õhutada 1-2 nädala järel. (Kriipsalu, 2001)

Vaalkompostimisel peab orgaanilise aine maht vaalus olema vähemalt 40 liitrit. Kompostimismaterjal paigutatakse pikkadesse vaaludesse, mis on 1,5-3 meetrit kõrged, 3-6 meetrit laiad ning 100 meetrit või enam pikad. Vaalu õhutatakse tööstuslikult segades. Kompostimisprotsess vaalus kestab 6-8 kuud (Kriipsalu, 2001).

Kolmas tööstuslik kompostimisviis on reaktorkompostimine, mis on sobilik suure hulga orgaaniliste jäätmete kiireks kompostimiseks. Kompostitav jääde segatakse, õhustatakse, niisutatakse ja soojendatakse kinnises reaktoris. Orgaaniline aine laguneb 7-10 päevaga ja kompost pannakse järelvalmima auna (Kriipsalu, 2001).

2.1 Kompostimisprotsessi mõjutavad keskkonnategurid

Kompostimisprotsessi kiirust mõjutavad kompostitav materjal ja selle osakeste suurus, hapniku ja niiskusesisaldus, toitainete sisaldus, C/N suhe, katmata kompostimisväljaku korral ka ilmastikutingimused (temperatuur ja sademed), komposti sisetemperatuur ja temperatuurifaasides toimuvad protsessid, samuti happesusparameeter. (Kriipsalu, 2001)

2.1.1 Kompostitav materjal ja selle osakeste suurus

Kompostitav materjal peab olema bioloogiliselt hästi lagunev. Orgaaniline jääde ei tohi sisaldada aineid, mis kahjustavad mullaelustikku, mõjuvad pärssivalt taimekasvule, või kompostimisprotsessile (Olaussen, 2003). Komposti ei ole soovitatav panna taimemürke, säilitusaineid sisaldavaid jääke, õli ja rasva, happelisi puuvilju (tsitruselised), soola, potentsiaalselt patogeene kandvaid taimi, puutuhka ja lupja, ravimeid ning koduloomade väljaheiteid, kuna need võivad mõjuda kompostimisprotsessile pärssivalt (Applehof, 1997; Rynk & Richard, 2001).

Mullamikroorganismide tegevus toimub lagundatava materjali pinnal. Kompostis materjali ühtlaselt laguneks, on soovitatav peenestada kompostitav materjal 1-3 sentimeetri suurusteks osakesteks (Applehof, 1997; Dominquez, 2004; Rodriguez *et al.*, 2012). Mida väiksemad on kompostitavad osakesed, seda suurem on mullaorganismide tegevuseks avatud materjali pind materjali ruumala kohta. Väga väikeste osakeste korral väheneb kompostitava materjali pooride suurus, mis vähendab omakorda komposti õhustatust (Dominquez, 2004; Rynk & Richard, 2001).

2.1.2 Komposti hapnikusisaldus

Kompostis elavad aeroobsed mullaorganismid vajavad vajavad hapnikku oma elutegevuseks. Kui nad ei saa oma elutegevuseks piisavalt hapnikku, võivad mikroorganismid hukkuda ning asendada anaeroobsete mikroorganismidega. Anaeroobsel kompostimisel orgaaniline aine ei lagune vaid mädaneb ja seetõttu kaotab kompost olulisi toitaineid ja kompostimisprotsessi kulg pikeneb (Chen, 2012). Aeroobse protsessi tarvis peab mullas olema hapnikku sisaldus vähemalt 5%. Komposti poorsust aitab suurendada

koreda materjali lisamine: hakkepuit, saepurulaastud, põhk. Kompostitava aine koredus kompostis peaks olema 20-30%, tagamaks loomuliku õhustatuse. Värske kompost vajab hapnikku rohkem kui vanem kompost. Aja jooksul kompostitav materjal tiheneb oma raskuse mõjul ning vajab õhutamist. Liigsel õhustamisel materjal kuivab ja kompostimisprotsess peatub (Rynk & Richard, 2001). Liigniiskuse korral tekkinud hapnikupuudust vähendatakse komposti segades (Barter, 2005).

2.1.3 Komposti niiskusesisaldus

Kompostimist läbi viivad mullaorganismid vajavad lisaks hapnikule oma elutegevuseks ka vett. Mikroorganismide elutegevuse tulemusena tekib kompostitava materjali pinnale õhuke niiskusekiht, kus lahustatakse vajalikud toitained ja luuakse sobiv keskkond bakteripopulatsioonile. Kompostis niiskussisaldus peab olema piisavalt suur, et säilitada bioloogilist aktiivsust, kuid ei tohi olla liiga suur takistamaks hapnikku juurdepääsu. Sobivaim niiskusesisaldus jääb 50-80% vahel (Chen, 2012). Komposti kuivamist takistab organismide ainevahetusel tekkinud vesi, mis on kompostimise üks kõrvalprodukte. Väritingimustes toimival kompostimisprotsessil vähendavad materjali läbikuivamist sademed, kuid liigvee korral uhitakse kompostist ära taimedele vajalikud toitained. (Olaussen, 2003).

2.1.4 Süsiniku – lämmastiku suhe kompostis

Toitained on kompostis tähtsad, kuid nende sisaldusele ei pöörata nii suurt tähelepanu kui süsinikule (C) ja lämmastikule (N) (Lynch *et al.*, 2006). Kompostimisprotsessi kiireks ja edukaks toimimiseks on vajalik kompostis õige süsiniku ja lämmastiku suhe. Sõltuvalt kompostitavast materjalist on süsiniku ja lämmastiku sisaldus erinev. Mulla mikroorganismid kasutavad süsinikku energia saamiseks ja lämmastikku valkude tootmiseks. Kompostimisel peetakse ideaalseks süsiniku - lämmastiku suhteks 25/1-30/1 (Chen, 2012). Kui süsiniku suhtarv kompostis on liiga suur, siis kompostimisprotsess võib pidurduda lämmastiku vähesuse tõttu. Suure lämmastiku suhtarvu puhul muudetakse üleliigne lämmastik kompostis ammoniaagiks (NH₃), mis kaob kompostist lendumise või leostumise teel. Kui kompostis olev süsinik või lämmastik ei ole mullamikroorganismidele omastatav, võib tekkida energiapuudus ja protsessis ei vabane piisavalt soojust ning kompostimisprotsess pidurdub (Rynk & Richard, 2001).

2.1.5 Komposti temperatuur - ja kompostimise erinevad faasid

Temperatuuril on kompostimisprotsessil oluline roll, kuna sellest oleneb mulla mikroorganismide elutegevus ning seega ka kompostimisprotsessi kiirus. Alla 5°C temperatuuriga kompostis kompostimisprotsess pidurdub ja on aeglane kuni 20°C-ni. Temperatuuri kasvades iga 10°C kraadi võrra suureneb mulla mikroorganismide aktiivsus peaaegu kaks korda. Kompostimiseks sobiv temperatuur jääb vahemikku 20-50°C. Kui temperatuur kompostis tõuseb üle 70°C, siis süsiniku sisaldus hakkab vähenema ning mikroorganismidel tekib energiapuudus ja surevad. Sobivate kompostimistingimuste korral soojeneb kompostitav materjal iseenesest 60-70°C-ni (Chen, 2012). Vesi kompostis aitab säilitada termodünaamilist tasakaalu ja vähese veesisalduse korral võib kompost üle kuumeneda. Komposti jahutamiseks tuleb komposti segada ja niisutada (Lowenfels & Lewis, 2006).

Kompostimise ajal eralduv soojus on tingitud bioloogilisest aktiivusest kompostis. Komposti temperatuur on indikaator, mis kinnitab protsessi toimumist ja seda, millises faasis kompostimine on. Kompostitav orgaaniline jääde läbib kolm erinevat faasi: mesofiilse-, termofiilse- ja küpsemisfaasi (Rynk & Richard, 2001).

Mesofiilses faasis algab mikroorganismide poolt jäätmete lagunemine ja komposti temperatuur peaks jõudma 57°C-ni 24-72 tunni jooksul. Kui komposti temperatuur tõuseb üle 50°C, siis mesofiilsed mikroorganismid oma töö lõpetanud ja kompostis hakkavad tegutsema termofiilsed mikroorganismid. Termofiilses kompostimisfaasis jääb temperatuur vahemikku 50-65°C. Termofiilsed temperatuurid aitavad kaasa biokeemiliste protsesside kiirele toimumisele, umbrohuseemne idanemisvõime väheneb, samuti väheneb ebameeldivat lõhna tekitavate ühendite hulk. Kompostimise viimases staadiumis toimub küpsemisfaas, kus temperatuur alaneb ja kompostis lagundatakse vastupidavaid komponente (näiteks ligniin) (Lowenfels & Lewis, 2006).

2.1.6 Komposti happesusnäitaja

Kompostis olevast happesusnäitajast sõltub elutegevus kompostis. Kompostimisel ei tohi kompostitav materjal sisaldada liiga happelisi või tugevalt aluselisi materjale (Chen, 2012). Bakterite elutegevuseks sobib happesusvahemik 6,0-7,5. Kompostimisprotsessist osa võtvad seemed tolereerivad happesusvahemikku 5,5-8,0. Kompostimisprotsessi algfaasis peab pH-tase jääma vahemikku 5-9. Kui pH-tase jääb alla 5, siis tuleb lisada lupja. Kompostimisel muutub kompost happelisest aluseliseks (Raudseping, 2010).

3. Lambavill

3.1 Lambakasvatus

Lammas on üks esimesi loomi, kelle inimene kodustas. Inimene ja lammas on koos elanud vähemalt kümnetuhat aastat, kus inimene on kaitsnud lammast kiskjate eest ja vastutasuks saanud villa, nahka ning liha. (Kallam *et al.*, 2010)

Euroopa Liidu ühise põllumajanduspoliitika raames makstakse kariloomade pidajatele loomade karjatamise toetust. Toetus makstakse loomade heaolu parandamiseks, säilitamiseks ja parandamiseks bioloogilist ning maastikulist mitmekesisust ja tõstmaks kultuurrohumaa mullaviljakust. (PRIA, 2013)

Esimesed lambad ei olnud suure villaanniga. Vill oli kahekihiline: pealiskihiline moodustus jämedakoelise tugeva säisiga karvadest ja aluskiht päris- ehk pehmest villast. Tõuaretus on välja tõrjunud koreda pealiskihiline ja jätnud valdavalt alles pehme aluskihiline, mida kasutatakse tekstiilitööstuses. Suurimad villatootjad on Austraalia, Hiina, Uus-Meremaa, Lõuna-Aafrika, Türgi, Kesk-Aasia maad, Lõuna-Ameerika, Suurbritannia, India ja Pakistan. (Kallam *et al.*, 2010)

3.1.1 Enamlevinud lambatõud

Villa tootvaid lambatõuge maailmas on üle kaheksa. Tüüpilised ürgsed kahekihilise villaga tõuge esineb tänapäevalgi: agrali Kesk-Aasiast, mouflon Lõuna ja Lääne-Euroopast, rocky mountain bighorn ja urial Aasiast. Liha-villalambakasvatuse tulemusena aretati 1926. aastal Eesti oma kohalik tõug Eesti tumada- ja valgepealised lambad. Soomes tuntakse villalambana Soome lammast ehk Finnsheep'i, Inglismaal lihalambad nagu oksforddauni, suffolki, tekseli, dorseti ja dalat. Rootsist on karusnahalammas Gotlandi lammas ja villalammas Rootsi peenvillalammas. Liha- villalammas Islandilt on Islandi lammas ja Norrast dala lammas (Kallam *et al.*, 2010).

3.2 Lambavilla omadused

Lambavilla omadused on tingitud villa keemilisest koostisest ja keerukas valgu struktuurist. Lambavilla puhul on tegemist orgaanilise ainega, milles on süsinikku ligikaudu 50%, vesinikku 7%, hapniku sisaldus jääb vahemikku 22-25%, lämmastik jääb vahemikku 16-17% ning väävel jääb vahemikku 3-4% (Pilipovic, 1995).

Villakiud koosnevad kolme liiki rakkudest. Katterakud moodustavad soomuselise väliskihi ehk kutiikula. Epikutiiikula on õhuke vahataoline pinnakiht, mis kaitseb kiudu ilmastiku mõju eest ja laseb niiskust läbi auruna. Soomuskihi alla jääb paksem rakukiht, mida nimetatakse koorkihiks. Koorkihist sügavamal asub säsirakkudest säsiikiht (Nõmmera & Jaama, 1943). Valk rakkude keskel on niiskust imav ja laseb niiskusel tungida membraanini. See omadus muudab villa hästi niiskuvaks. Üksik villakiud võib olla 18 kuni 41 mikromeetrit jäme ja 4 kuni 14 sentimeetrit pikk. Vill on elastne ja hea soojusisolaator, sest villakiudude vahele jääb 80% õhku (Pilipovic, 1995).

3.2.1 Villaku villatüübid ja kvaliteet

Villakarv on lambatõugude lõikes erinev ja seda liigitatakse kuju, ehituse jämeduse ja tehnoloogiliste omaduste järgi alus-, ülemineku- ja pealisvilla karvaks (Habib *et al.*, 2001). Kuna lambavilla kasutatakse peamiselt tekstiilitööstuses, siis sorteeritakse villak villatüübi alusel. Lisa 1 joonis 1 illustreerib piirkondi, mida arvestatakse villaku sorteerimisel. Peenemat ja parima kvaliteediga villa saadakse aba- ja küljepiirkonnast, vähemväärtuslikku villa saba ümbrusest, kõhu alt, esi- ja tagajalgadelt, kaela ülaosalt ja sabajuurelt. Keskmise kvaliteediga vill on selja alaosas ja on jämedam, kui abal (Kallam *et al.*, 2010).

Villa pügatakse kaks korda aastas: sügisel ja kevadel. Pügatud villa puhtus ja villakiu pikkus sõltub karjatamis – või pidamiskohast. Lambal, keda peetakse maastikuhooldamise eesmärgil, on vill madala kvaliteediga, sest sisaldab taimejäänuseid (Kallam *et al.*, 2010). Karjamaal karjatatavate lammaste vill on olulisemalt puhtam ja seepärast kõrgema kvaliteediga. Laudas peetud lammaste vill on määrdunud sõnnikuga ja sisaldab suurel määral sööda (näiteks heina) jäänusid. Lambavilla kvaliteet sõltub lammaste hooldamisest, kuhu hulka kuulub parasiitide tõrjumine (Nõmmera & Jaama, 1943).

3.3 Lambakasvatus Vormsi saarel

Vormsi saar asub Lääne maakonnas ja on suuruselt neljas saar Eestis pindalaga 93 ruutkilomeetrit. Tänapäeval on vormsilaste põhiliseks elatusallikaks turism, lammaste ja veiste kasvatamine ning metsa majandamine (Svärd & Hammerman, 2010). 15. Juuli 2013 aasta elanikeregistri andmete järgi elab saarel 413 elanikku (Vormsi valla kodulehekül, 2013). 2011-2012. aastal oli Vormsi saarel 7 lambakasvatajat, kes hooldasid kultuurmaastikke (Lember, 2013).

3.4 Lambavilla kompostimine mujal maailmas

Iga aasta tekib Inglismaal ligi miljon tonni lambavillasegust muda, mis tekkis villa pesemisel. 2010. aastal korraldas Huddersfieldi Ülikool Inglismaal uuringu, kus kompostiti lambavilla segust muda. Uuringu käigus segati muda roheline orgaanilise jäätmega vahekorras 1/0,76. Katse kestis 110 päeva, mille käigus lambavillaseguse muda massikaotus oli 37% (Pearson *et al.*, 2013).

2009. aastast tegutseb Inglismaal ettevõtte Barker&Bland, mis tegeleb lambavillakomposti müümisega. Toodete hulka kuulub väetis, mis koosneb lambavillakompostist ja kompost, mille hulka on segatud peenestatud lambavilla (Dalefood Composts, 2013).

1998. aastal korraldas CSIRO Wool Tehnology, Geelong ja The Woolmark Company uuringu, kus uuriti villa pesemisel tekkinud jääke, kui ressursi. Lambavilla pesemisel tekkinud villajäägid kompostiti. 15 nädala jooksul oli kompostitav materjal lagunenuid 90% ulatuses (CSIRO Wool Technology, 1998).

Põhiliselt tegelevad lambavilla kompostimisega riigid, kelle põhitegevuse hulka kuulub lambakasvatus (Austraalia, Rumeenia, Suurbritannia, Norra jne). Lambavilla kompostimisega või selle lisamisega mulla hulka parandatakse mulla omadusi, vähendatakse mulla erosiooni ja läbikuivamist. (Daily & Daily, 2012).

4. Materjal ja metoodika

Töö autor viis läbi vähemväärtusliku villa vermi – ja tavakompostimiskatse, et võrrelda omavahel kaht kompostimisviisi.

Andmaks ülevaadet lambavilla kasvatamisest ja kasutusest, korraldas töö autor küsitluse kohalike lambakasvatajate seas, pügas lambaid (saamaks teada kui palju tekkib keskmiselt vähemväärtuslikku villa lamba kohta) ja sorteeris villa kvaliteediklassidesse. Töö katseline osa viidi läbi töö autori kodukohas, Vormsi saarel – seda eelkõige põhjusel, et kohalikud lambakasvatajad on huvitatud vähemväärtulikule villale alternatiivse käitlemisviisi leidmisest. Katseks vajalik materjal koguti Vormsi vallast.

Töö autor korraldas Vormsi vallas tegutsevate lambakasvatajate seas küsitluse (lisa 2), mille käigus uuriti lambakasvatajate tegevust seoses lambavilla kasvatamise, kasutamise ja käitlemisega. Lambakasvatajaid küsitleti 3-16. juunini 2013. Aastal nende kodudes või elektronkirja teel.

Lambavilla võimaliku lagunemise uurimiseks Eesti tingimustes seadis töö autor üles vermi – ja tavakompostimiskatsed Vormsi saarele. Vermikomposter ja kompostkast seati üles 10. juulil 2013. aastal ja katse kestis 90 päeva.

Uurimaks lammaste villa tootlikkust, pügas töö autor 26-28. augustil 2013. aastal ühe Vormsi valla lambakasvataja karja kuuluvat kolme lammast. Lambad valiti juhuslikkuse printsiibil. Saadud vill sorteeriti kvaliteediklassidesse ja seejärel kaaluti.

Kompostimiskatsete läbiviimiseks ehitas töö autor kaks kompostrit (lisa 1, joonis 2).

Vermikompostri valmistamiseks kasutati nõud mahtuvusega 0,04 m³, mõõtmetega 0,45x0,30x0,30 meetrit. Vermikompostri põhi isoleeriti silikooni ning kilega vältimaks vihmausside lahkumist katsest. Liigse niiskuse väljutamiseks tehti kompostri põhja avaused.

Kompostkasti valmistamiseks puuris töö autor puukastisti põhja ja seinadesse õhuaugud, tagamaks komposti aereeritust ja vältimaks liigniiskuse teket. Kompostkasti mahutavus oli 0,16 kuupmeetrit, mõõtmetega 0,26x0,5x1,23 meetrit.

Lambavilla lagunemise uurimiseks kasutati lagunemiskotikeste (*little-bag*) meetodit (Meyer, 1996). Töö autor õmbles 24 võrkkotti. Nendest 12 kotti (võrgu silma suurus 5 mm²) kasutati vermikompostimisel ja 12 kotti (võrgu silma suurus 2 mm²) tavakompostimisel kompostkastis. Igasse võrkkotti kaaluti 40 grammi lambavilla, kotid suleti ja märgistati.

Tagamaks kompostkastis komposti aktiivsem mullamikroorganismidega koloniseerimine, kasutas töö autor valmiskomposti. Kompostkasti süsiniku ja lämmastiku suhe oli 25/1 – sinna hulka ei arvestatud lambavilla süsiniku ja lämmastiku suhet.

Mõlemad kompostikastid vooderdati geotekstiiliga ning selle peale pandi 3 cm kruusa, millele pandi veel üks geotekstiilikiht. Vermikompostrisse lisati 28 kg valmiskomposti ning sinna inkubeeriti ka 12 katsekotti. Vihmaussid lisati katsesse 16. juulil. Vihmaussidena kasutati Vormsi saarelt kogutud sõnnikusse, et teha kindlaks, kuidas saab vermikompostimisega hakkama kohalik liik.

Tavakompostrisse pandi jäätmed kihiti (lisa 3, joonis 2). Esimese kihi moodustasid 2,5 kilogrammi aiajäätmeid, 0,2 kilogrammi saepuru, 0,2 kilogrammi ajalehetükke (suuruses 4x4 sentimeetrit) ja 4 kilogrammi valmiskomposti. Esimese kihi peale asetati lambavillaga täidetud 12 katsekotti. Teise kihi moodustasid 2 kilogrammi aiajäätmeid, 0,2 kilogrammi saepuru, 0,2 kilogrammi ajalehetükke, 2 kilogrammi aiajäätmeid ja 17 kilogrammi valmiskomposti. Mõlemad kompostrid kaeti pealt nii, et tagatud oleks õhu vaba liikumine, kuid samas oleks kompost kaitstud vihma eest.

Katseperioodi pikkuseks valiti 90 päeva. Iga 15 päeva järel eemaldati kompostrist katsekotte (korraga kaks) ja mõõdeti komposti temperatuuri (öösel kell 02:00 ja päeval kell 14:00) ning vajadusel lisati vett.

Kompostrist eemaldatud katsekotte kuivatati 70°C juures 24 tundi, peale mida eemaldati laboris üleliigne orgaaniline materjal. Massikadu leiti arvutuslikult.

Mulla niiskusesisalduse mõõtmiseks kasutati massikao meetodit. Mõlemast kompostrist kaaluti 20 grammi mulda, mida inkubeeriti 24 tunni jooksul inkubaatoris 105°C juures. Peale seda muld kaaluti ning leiti mulla kuivainesisaldus, millest omakorda arvutati välja mulla niiskusesisaldus.

Mulla happesuse mõõtmiseks kaaluti kolvikesse 10 grammi mulda, millele lisati 50 ml destilleeritud vett. Proovid segati ja neil lasti seista 24 tundi. Seejärel mõõdeti lahuse

lahuse pH, kasutades selleks multimeetrit WTW Multi 340i. Täpsuse huvides tehti igast vermikompostist 2 proovi mulla happesuse määramiseks.

Enamkasutatavad meetodid tahkete pinnaseproovide mikroorganismide uurimiseks on pinnase hingamisaktiivsuse mõõtmine süsihappegaasi eraldumise või hapniku neeldumise teel. (Brohon *et al.*, 2001). Meetod seisneb suletud süsteemis, kus mikroorganismide poolt tarbitud hapnik muudetakse süsihappegaasiks ja see seotakse absorbendi abil. Hapnikutarbe manomeetriline määramine põhineb suletud reaktsioonianumas rõhulanguse fikseerimisel. Täielikult orgaaniliste süsinikuühendute aeroobsel oksüdatsioonil tarbivad mikroorganismid hapnikku ning nende elutegevuse käigus vabaneb süsihappegaas. (Platen & Witz, 1999).

Substraadi mikroorganismide aktiivsuse määramiseks kasutati Saksamaa firma WTW OxiTop® manomeetrilist mõõtmisüsteemi. Süsteemi kuuluvad anumad süsihappegaasi siduva absorbendi jaoks, ühe liitri ruumalaga klaasist mõõtmisanumad, klambrid ja kummitihendid mõõtmisanumate sulgemiseks, mõõtmisanumate kaaned koos absorbendianumate kanduritega, OxiTop® mõõtepead (rõhumuutuse fikseerimiseks) ning OxiTop® kontrolleri OC 110. Kontrolleri abil saab määrata katsetingimused ja protsessi pidevalt jälgida. Peale tulemuste saamist kanti need arvutisse ACHAT OC tarkvara abil ning arvutamiseks kasutati programmi MS Excel.

$$BA = \frac{M_R(O_2)}{R \times T} \times \frac{V_{\text{õhk}}}{m_{Bt}} \times \Delta p \quad (2)$$

BA – hapnikutarve (mgO₂/kg KA)

MR (O₂) – hapniku molaarmass (32 000 mg/mol)

V_{õhk} – õhu ruumala mõõtmisanumas (liitrites (L))

R – universaalne gaasikonstant (83,14 L·mbar/mol·K)

T – mõõtmistemperatuur (K)

m_{Bt} – kuivaine mass mõõtmisüsteemis (kg KA)

Δp – rõhu langus mõõtmisüsteemis (mbar (1 mbar = 1hPa))

Mõõtmisüsteemis oleva õhu ruumala leidmiseks lahutati mõõtmisanuma üldruumalast, ilma mulla, absorbendianuma ja absorbendita) pinnaseproovi üldruumala ning füsioloogilise lahuse ruumala.

Mikroobse hingamisaktiivsuse määramiseks võeti igast kompostrist proov kogukaaluga 200 grammi (ühe proovi kaal 100 grammi). Kompostiproovid sõeluti läbi 2 mm sõela. Proov jaotati kahe mõõtmisanuma vahel (anuma maht 1 liiter), absorbendina kasutati ~0,5 teelusikatäit natroonlupja. Mõõtmisanumad suleti ja neile monteeriti külge mõõtepead. Hermeetiliselt suletud purgid asetati 96 tunniks 25°C juurde. Mõõtmistulemused kanti arvutisse ning neid analüüsiti.

Mikroobide biomassi kompostiproovides hinnati substraadi poolt indutseeritud hingamise (SIR) alusel (Öhlinger, 1996). Meetodi puhul eeldatakse, et mikroobide biomass on proportsioonis maksimaalse hapnikutarbimisega mikroobide poolt glükoosi lisamisel.

Mikroobide biomassi uurimiseks SIR-meetodil sõeluti mullaproovid (2mm sõelaga). Ühe proovi kaaluks oli 50 grammi, millele lisati 0,025 grammi glükoosi. Proovid tehti kahes korduses. Kompostiproovid pandi mõõtmisanumasse (anuma maht 1 liiter), absorbendina kasutati natroonlupja (~ 0,5 teelusikatäit). Mõõtmisanumad suleti ja mõõtepead monteeriti külge. Hermeetiliselt suletud purgid asetati 24 tunniks 22°C juurde. Saadud tulemused kanti arvutisse ja neid analüüsiti. Mikroobide biomassi süsiniku sisaldus arvutati seosest: $1 \text{ mg O}_2 \text{ g}^{-1}\text{h}^{-1} = 28 \text{ mg biomass C g}^{-1}$ (Öhlinger, 1996).

Andmetöötlust tegi töö autor ise programmiga MS Excel 2010. Sama programmiga on koostatud ka töös paiknevad joonised.

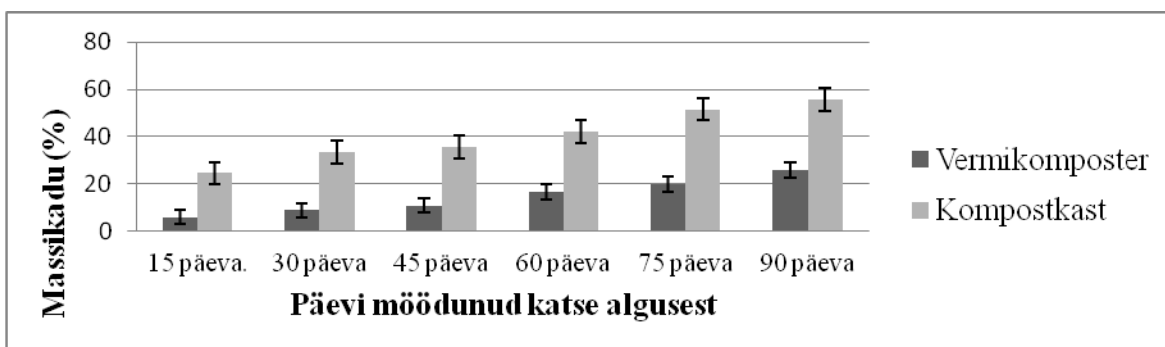
5. Tulemused

5.1. Kompostkatsete tulemused

Vähemväärtusliku lambavilla vermi – ja tavakompostimise võrdlemiseks viidi läbi katsed. Andmeid koguti lambavilla massikao, komposti happesusparameetrite, komposti niiskuse sisalduse, sõnnikuusside arvukuse ja mikroobikoosluse aktiivsuse kohta kompostis. Lisaks mõõdeti temperatuuri (õhus ja kompostrites).

5.1.1 Lambavilla massikadu

Joonis 1 illustreerib lambavilla massikadu vermi – ja tavakompostimisel. Esimesel väljavõtmisel oli lambavilla keskmine massikadu vermikompostimisel 15 päeva möödudes $6,0\pm 0,0\%$, 30 päeva möödudes $8,8\pm 0,4\%$, 45 päeva hiljem $10,8\pm 0,3\%$, 60 päeva möödudes $16,7\pm 1,1\%$, 75 päeva möödudes $19,9\pm 1,7\%$ ja 90 päeva möödudes $25,8\pm 3,2\%$. Tavakompostimisel oli lambavilla keskmine massikadu esimesel väljavõtmisel (15 päeva peale katse üles seadmist) $24,6\pm 0,6\%$, 30 päeva hiljem $33,4\pm 1,0\%$, 45 päeva hiljem $35,5\pm 0,9\%$, 60 päeva hiljem $42,2\pm 0,2\%$, 75 päeva hiljem $51,6\pm 1,1\%$ ja 90 päeva hiljem $55,6\pm 0,02\%$.

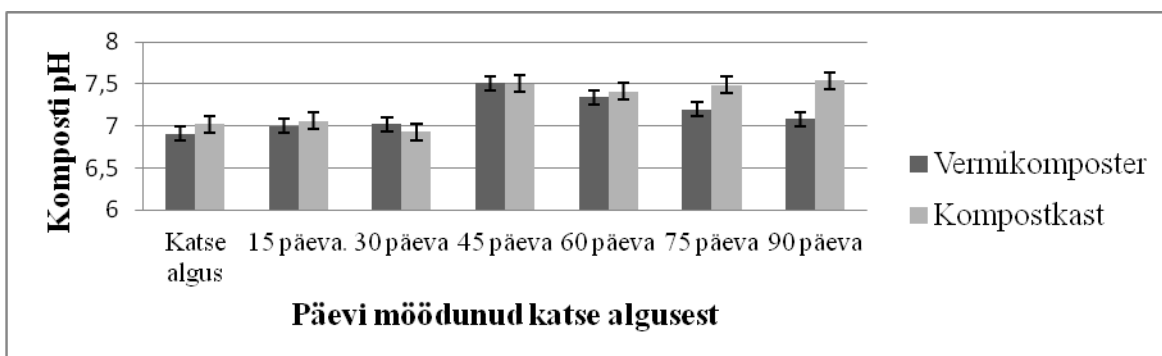


Joonis 1. Lambavilla massikadu vermi- ja tavakompostimisel (\pm SE)

5.1.2 Komposti happesusparameetrid

Komposti happesusparameetrit määrati iga 15 päeva järel. Mulla pH muutused katseperioodi jooksul illustreerib joonis 2. Katse alguses oli pH tase vermikompostis $6,91\pm 0,02$. 15 päeva möödumisel mõõdeti pH tasemeks $7,00\pm 0,06$, 30 päeva hiljem $7,02\pm 0,05$, 45 päeva hiljem $7,51\pm 0,09$, 60 päeva hiljem $7,34\pm 0,12$, 75 päeva hiljem $7,20\pm 0,08$ ja 90 päeval $7,08\pm 0,02$. Kompostikasti pH tase oli katse alguses $7,02\pm 0,02$. Kompostkastis mõõdeti 15 päeva peale katse algust pH tasemeks $7,06\pm 0,03$, 30 päeva järel

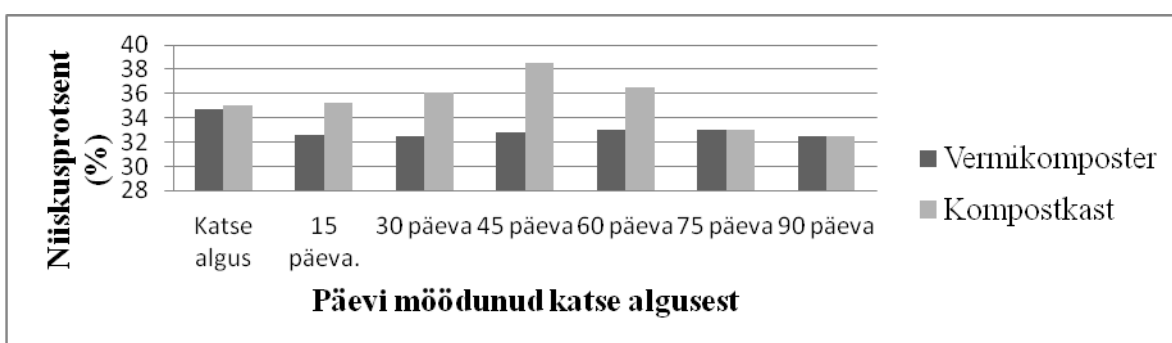
6,93±0,04, 45 päeva järel 7,50±0,07, 60 päeva järel 7,41±0,11, 75 päeva järel 7,49±0,10 ja 90 päeva järel 7,54±0,03.



Joonis 2. Happesusparameeter vermi- ja tavakompostis (\pm SE)

5.1.3 Substraadi niiskusesisaldus

Komposti niiskusesisaldust määrati iga 15 päeva järel. Kompostrite niiskusesisalduse protsendilisi muutusi illustreerib joonis 3. Vermikompostis oli niiskusesisaldus katse alguses 34,7%. 15 päeva möödudes oli niiskusesisaldus vermicompostis 32,6%, 30 päeva möödudes 32,5%, 45 päeva möödudes 32,8%, 60 päeva möödudes 33,0%, 75 päeva möödudes 32,3% ja 90 päeva möödudes 32,5%. Kompostkastis oli katse algusest niiskusesisaldus 35,1%. 15 päeva möödudes oli niiskusesisaldus 35,3%, 30 päeva hiljem 36,1%, 45 päeva hiljem 38,6%, 60 päeva hiljem 36,6%, 75 päeva hiljem 33,0% ja 90 päeva hiljem 32,5%.



Joonis 3. Substraadi niiskusesisaldus (%) vermicompostis ja kompostkastis

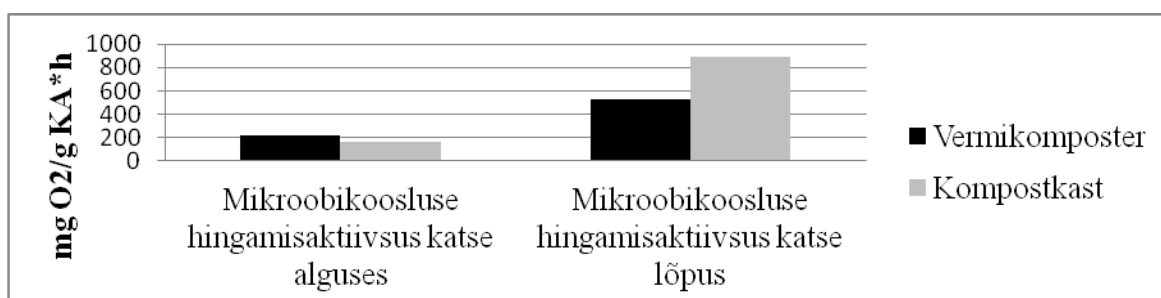
5.1.4 Sõnnikuusside arvukuse muutus

Lambavilla lagunemise uurimiseks vihmausside kaasabil lisati vermicompostrisse katse alguses 440 sõnnikuussi *Eisenia foetida*. Tegemist oli kohaliku liigiga. Katse lõppedes oli

elus 301 isendit ehk 68,4%. Katse jooksu vähenes vihmausside arv 139 isendi võrra ehk 31%.

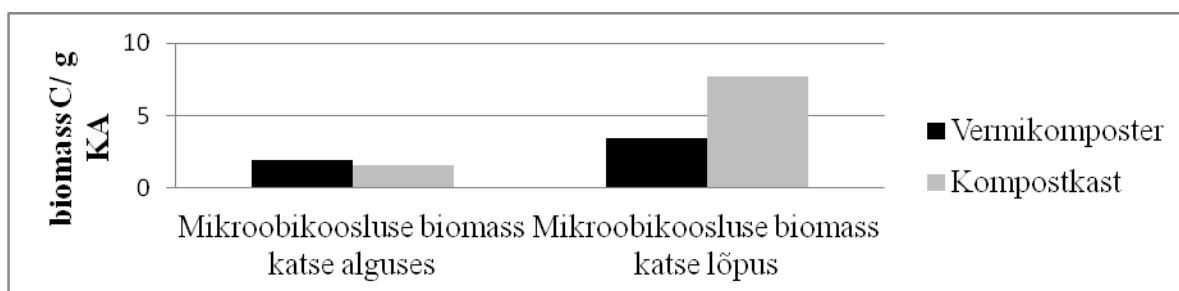
5.1.5. Mikroobikoosluse hingamisaktiivsus ja mulla mikroobne biomass vermi – ja tavakompostimisel

Joonisel 4 on välja toodud mikroobikoosluse hingamisaktiivsus katse alguses ja lõpus. Kompostkastis oli mikroobikoosluse hingamisaktiivsus katse alguses 159,9 mg O₂/g KA*h ja vermikompostis 217,5 mg O₂/g KA*h. Mikroobikoosluse hingamisaktiivsus kompostkastis oli katse lõpus 892,7 mg O₂/g KA*h ja vermikompostis 526,5 mg O₂/g KA*h.



Joonis 4. Mikroorganismide hingamisaktiivsus (mg O₂/gKA*h) vermi-ja tavakompostis katse alguses – ja lõpus

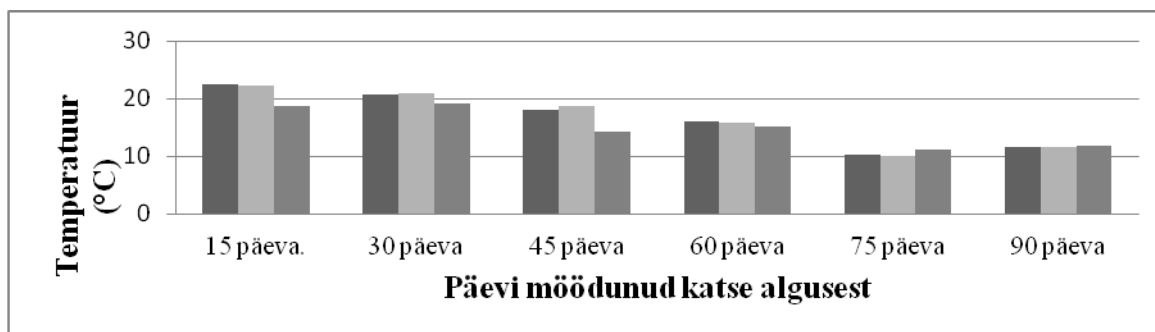
Joonisel 5 on välja toodud mikroobne biomass vermi – ja tavakompostimisel katse alguses ja lõpus, kus mustaga on märgitud vermikomposter ja halliga kompostkast. Kompostkastis oli katse alguses mikroobne biomass 1,5 mg biomass C/ g KA ja vermikompostis 1,8 mg biomass C/ g KA. Mikroobne biomass kompostkastis katse lõpus oli 7,7 mg biomass C/ g KA ja vermikompostis 3,4 mg biomass C/ g KA.



Joonis 5. Mikroobne biomass (biomass C/ g KA) vermi-ja tavakompostis katse alguses – ja lõpus

5.1.6. Temperatuur

Töö autor mõõtis temperatuuri vermi – ja tavakompostis, samuti kogus öise ja päevase õhutemperatuuri andmed (Joonis 6). Katse algusest 15 päeva möödudes oli keskmine õhutemperatuur 18,7°C, temperatuur vermikompostis oli 22,5°C ja kompostkastis 22,3°C. 30 päeva oli keskmine õhutemperatuur 19,1°C, temperatuur vermikompostis oli 20,8 °C ja kompostkastis 21,0°C. 45 päeva hiljem oli keskmine õhutemperatuur 14,2°C, temperatuur vermikompostis oli 18,1°C ja kompostkastis 18,8°C. 60 päeva hiljem oli keskmine õhutemperatuur 15,2°C, temperatuur vermikompostis 16,1 °C ja kompostkastis 15,8 °C. 75 päeva hiljem oli keskmine õhutemperatuur 11,1°C, temperatuur vermikompostis oli 10,3 °C ja kompostkastis 10,0 °C. 90 päeva hiljem mõõdeti keskmiseks õhutemperatuuriks 11,9°C, temperatuur vermikompostis oli 11,7 °C ja kompostkastis 11,5 °C.



Joonis 6. Temperatuurid vermi – ja tavakompostis ning keskmine õhutemperatuur

5.2. Küsitluse tulemused

Töö autor viis 3. juunist kuni 16. juunini 2013. aastal läbi küsitluse, mille käigus uuris Vormsi valla lambakasvatajate tegevust seoses lambavilla kasvatamise, kasutamise ja huviga lambavilla kompostimise vastu.

Küsitluses osalesid kõik 7 Vormsi vallas tegutsevat lambakasvatajat. Lambakasvatajad saavad loomade karjatamise toetust. 2000. aastast peab saarel lambaid üks, 2004. aastal lisandus kolm, 2005. aastal lisandus üks, 2009. aastal lisandus üks ja 2011. aastal lisandus üks lambakasvataja (vt. lisa 2, küsimus 1 ja 3).

Küsitluses selgus, et Vormsis peetakse järgnevaid lambatõuge: soomelambad, Rootsi peenvillalambad, Gotlandi lambad, Eesti valgepealised ja mustapealised lambad, daala, torset, oxford-taun ja texsel (vt. lisa 2, küsimus 2).

Küsitluse tulemusena lisa 2, küsimus 4 on näha, et 2009 aastal oli Vormsi saarel 319 lammast, kellest pügati 313, 2010 aastal oli 295 lammast, kellest pügati 280, 2011 aastal oli 447 lammast, kellest pügati 374, 2012 aastal oli Vormsi saarel 447 lammast, kellest pügati 425 ja 2013 aastal oli 435 lammast, kellest pügati 276.

Küsimusele, mida tehakse kevadel pügatud villaga vastas 7-st lambakasvatajast 4, et vill tehakse lõngaks, padjatäiteks või villamatiks, 3 vastas, et vill jääb seisma, põletatakse või antakse tasuta ära (vt. lisa 2, küsimus 5).

Küsimusele, et mida tehakse sügisel pügatud villaga vastas 7-st 4 küsitluses osalenutest, et nad ei püga sügisel lambaid. 1 küsitluses osalenud lambakasvatajatest vastas et põletavad, jagavad või viskavad sügisese villa minema ja 2 vastas, et teevad lõnga või viltmatte (vt. lisa 2, küsimus 6).

Küsitluse küsimuste 5 ja 6 kokkuvõtte põhjelselgus, et aasta jooksul toodetud lambavillast lõnga, padjatäite või villamati valmistamiseks ainult 42,8% lambavillast. Ja ülejäänud 57,2% põletati, jagati või visati ära.

Küsimusele, et kas villakust eraldatakse vähemväärtuslikum vill vastas 7-st 2 eitavalt ja 5 jaatavalt ning nende sõnul läks vähemväärtuslik vill põletamisele või ära viskamisele (vt. lisa 2, küsimus 7).

Küsimusele, kas halva kvaliteediga villa võiks olla kasulikum väljund; vastas 7-st 6 jaatavalt ja 1 lambakasvataja eitavalt (vt. lisa 2, küsimus 8).

Küsimusele, kas lambakasvatajad on huvitatud antud töö tulemustest vastasid kõik 7 kasvatajat jaatavalt (vt. lisa 2, küsimus 9).

5.3. Lamba villatootlikkuse uurimise tulemused

Lammaste villatootlikkuse ja kvaliteedi uurimiseks, pügas töö autor Vormsi vallas kolm lammast, kes kuulusid ühe lambakasvataja karja. Kolmelt lambalt saadud vill sorteeriti ja kaaluti. Lammaste pügamisel selgus, et keskmiselt ühe lamba kohta tekib vähemväärtuslikku villa 0,5, parima kvaliteediga 1,4 ja keskmise kvaliteediga 0,4 kilogrammi.

Pügamisel ja küsitluses (vt. lisa 2, küsimus 4) saadud andmete põhjal koostas töö autor tabeli 2, kus tõi välja Vormsi vallas pügatavate lammaste keskmine näitaja viie aasta lõikes ja villaga seostuvad keskmised näitajad viie aasta lõikes.

Tabelis 1 on välja toodud, et viie aasta lõikes oli Vormsi vallas keskmiselt 333,8 pügatavat lammast, mis tegi ühe lambakasvataja kohta keskmiselt 47,6 lammast. Vähemväärtuslikku villa tekis keskmiselt viie aasta lõikes Vormsi vallas igal aastal 200,2 kilogrammi ja iga lambakasvataja kohta keskmiselt 28,6 kilogrammi. Lisaks põletati, anti ära või jätsid seisma, mis tegi Vormsi vallas keskmiselt 177,7 kilogrammi aastas ja ühe lambakasvataja kohta keskmiselt 25,3 kilogrammi. Praktilise rakenduseta lambavilla toodeti kokku Viie aasta lõikes keskmiselt 377,9 kilogrammi ja see tegi ühe lambakasvataja kohta 53,9 kilogrammi.

Tabel 1. Pügatavate lammaste ja lambavilla keskmised näitajad viie aasta lõikes

Lambavilla näitajad	Keskmine viie aasta lõikes	
	Vormsi vallas kokku (kg)	Ühe lambakasvataja kohta (kg)
Pügatavate lammaste arv	333,8	47,6
Vähemväärtuslik vill	200,2	28,6
Hea ja keskmise kvaliteediga lambavill, mis põletati, anti ära või jäeti seisma	177,7	25,3
Praktilise rakenduseta lambavilla kokku	377,9	53,9

6. Arutelu ja järeldused

Uurimaks vähemväärtusliku labavilla lagunemist kompostimisel, seadis töö autor 10. juulil 2013 üles vermi- ja tavakompostimise katsed. Katse kesti 90 päeva, mille jooksul võeti kuus korda kompostidest andmeid materjalikao, happesuse parameetrite, niiskussisalduse, vermi- ja tavakomposti sisetemperatuur ning öise ja päevase temperatuuri keskmine. Katse alguses ja lõpus koguti andmeid vihmausside ja mullamikroorganismide arvukuse kohta.

Vähemväärtuslik lambavill lagunes nii tava- kui ka vermikompostimisel vaatamata ebasoodsatele keskkonnatingimustele. Kiirem lagunemisprotsess toimus tavakompostimisel, kus vähemväärtusliku lambavilla massikadu oli $55,6 \pm 0,02\%$. Samuti olid seal katse lõpus kõrgemad mulla mikroobikooslust iseloomustavad näitajad – mikroobne hingamisaktiivsus oli $892,7 \text{ mg O}_2/\text{g KA}^*\text{h}$ ja mikroobne biomass $7,7 \text{ mg C/ g KA}$.

Vermikompostis oli massikadu väiksem kui kompostkastis. Katse lõpus oli vermikompostis lambavilla massikadu $25,8 \pm 3,2\%$. Samuti olid katse lõpus madalamad mikroobikooslust iseloomustavad näitajad – mikroobne hingamisaktiivsus oli $526,5 \text{ mg O}_2/\text{g KA}^*\text{h}$ ja mikroobne biomass $3,4 \text{ mg C/ g KA}$.

Märkimisväärne on asjaolu, et tavakompostimisel oli 15 päeva möödudes vähemväärtusliku lambavilla massikadu $24,6 \pm 0,6\%$. Autor järeldab, et nii suur massikadu toimus kompostkastis tavakompostimisel seetõttu, et katses oli materjali hulk suurem ja kuna katse üles seadmisel kasteti katset hoolikalt, siis hoidis suurem kogus materjali paremini niiskust.

Niiskuse sisaldus kompostkastis oli katse jooksul väga madal. Tavakompostimisel jääb optimaalne niiskusesisaldus 50-80% vahemikku (Kriipsalu, 2001; Olausson, 2003; Raudseping, 2010), kuid kompostkastis kõige kõrgem niiskuse sisaldus oli 38,6%. Kui katse alguses oli kompostkast materjaliga täidetud, siis katse käigus materjali maht vähenes. Töö autor järeldab, et kompostkasti mõõtmete ($0,26 \times 0,5 \times 1,23$ meetrit) ja materjali vähesuse tõttu ($0,16 \text{ m}^3$) tõttu kuivas katse kompostkastis kergemini. Autori järeldust toetab ka väide, et kindlustamaks orgaanilise aine kiiret lagunemist, ei tohiks materjali maht jääda alla 1 m^3 , et kompostimisprotsessi jooksul saaksid toimuda

termofaasid, mille tulemusena häviksid umbrohuseemned ning haigustekitajad (Olaussen, 2003).

Võrreldes algseisuga, oli katse lõpus vihmausside arvukus vähenenud 31%. Antud vähenemise põhjustas tõenäoliselt ebapiisav niiskusesisaldus kompostis. Vermikompostis jäi keskmine niiskusesisaldus 32% kuni 33% vahemikku, kuigi vihmaussidele sobiv niiskusesisalduse vahemik jääb 75-90% sisse (Dominguez, 2004). Töö autor järeltab, et iga 15 päeva möödudes vermikomposti katset kasta oli ebapiisav ning katseid oleks tulnud niisutada tihedamini või kasutada katsetes niiskust paremini hoidvat struktuurmaterjali (näiteks turvast (Applehof, 1997)).

Algsubstraadi pH oli neutraalse reaktsiooniga. 45 päeva möödudes hakkas vermikompostis komposti aluselisisus vähenema, kuigi vermikompostimisel peaks kompost muutuma happelisest aluseliseks (Raudseping, 2010). Kompostkastis muutusid katse jooksul happesusparameetrid pidevalt. Tavakompostis oli madalaimaks pH tasemeks 6,93 ja kõrgeimaks 7,54. Katse 60, 75 ja 90 päeval muutus katse aina aluseliseks. Katse aluseliseks muutumise võib siduda kompostimisprotsessi kiirenemisega alates 60. katsepäevast. Samuti on oma osa kanda ka mulla mikroorganismidel, kelle tegevus hoogustub aluselise mate pH väärtuste juures (Wong, 2001; Sundberg *et al.*, 2004)

Olenemate ebasoodsatest niiskustingimustest oli lagunemisprotsess tavakompostimisel üsna kiire – 90 päeva jooksul lagunes rohkem kui 50% materjalist. Mulla mikroorganismide arvukust võisid piirata ja seeläbi ka lagunemiskiirust mõjutada vihmaussid, kes kasutasid neid toiduks (Applehof, 1997). Autor eeldab, et kuna katses kasutati kohalikku metsikut sõnnikuussi, siis võib see olla põhjuseks, miks vermikompostimisprotsess aset leidis ning miks kõik vihmaussid ei hukkunud ebasoodsate niiskustingimuste tõttu. Antud väide vajab edasist uurimist.

2013 aasta seisuga oli Vormsi vallas 7 lambakasvatajat, kes kasvasid lambaid eesmärgiga hooldada maastikku. Tähelepanuväärne on see, et enamus Vormsis kasvatatavaid lambatõuge (va. Gotlandi lammas (Nõmmera & Jaama, 1943)) on aretatud lambavilla kasvatamiseks. Autor leiab, et lambakasvatajad ei ole teinud endale selgeks seda, millist tõugu lambaid oleks otstarbekas maastikuhooldse eesmärgil pidada.

Vormsi vallas toodetakse praktilise rakendusega lambavilla igal aastal keskmiselt 377,9 kilogrammi, millest 200,2 kilogrammi on vähemväärtuslik vill. Ühe lambakasvataja kohta

teeb see keskmiselt aastas 54 kilogrammi. Autor näeb siin võimalust kasutada kompostimist kui ühe viisi lambavilla käitlemiseks. Maailmas on riike, kelle põhitegevuse hulka kuulub lambakasvatus ning kes tegelevad lambavilla kompostimisega (CSIRO Wool technology, 1998; Daily & Daily, 2012). Ka Vormsi lambakasvatajate seas on olemas huvi lambavilla kompostimise vastu ning samuti soovitakse sellest toota kvaliteetset komposti, mida võimalusel saaks ka turustada.

Lagunemisprotsessi kiirus nii vermi – kui ka tavakompostimisel sõltub sellest, milline on substraadi niiskussisaldus – ja happesusnäitaja. Samuti on oluline see, et materjal oleks tagatud piisav õhustatus. Lagunemisprotsessi kiirusele mõjub positiivselt ka aktiivne mulla mikroobikooslus. Nii tava – kui ka vermikompostimise puhul tuleks silmas pidada, et kompostitava materjali maht oleks suurem kui 1 m³, et vältida kompostimisprotsessi mõjutatust välistingimustest.

2013. aastal Vormsi saarel läbi viidud katse, mille käigus hinnati vermi – ja tavakompostimist kui ühte võimalust vähemväärtusliku lambavilla käitlemiseks näitas, et vermi – ja tavakompostimine mõlemad on sobivad viisid lambavilla käitlemiseks. Autoril on alust arvata, et kasutades kohaliku sõnnikuussiliigi asemel kompostimiseks mõeldud vihmaussiliike ning tagades neile sobilikud elutingimused, võiks vermikompostimisprotsess olla kiirem kui tavakompostimisprotsess ning seega võiks olla huvi selle rakendamise vastu suurem. Antud väide vajab siiski edasisi uuringuid.

Kokkuvõte

Kompostimine on rohkete bioloogiliste protsesside kogum, mille läbiviijateks on mikroorganismid, kelle elutegevuse tulemusena valmib orgaanilisest jäätmest mullamineraalidega rikastatud huumuseline aine. Olulisteks keskkonnateguriteks kompostimisel on temperatuur, niiskusesaldus, õhustatus, happesus, samuti süsiniku ja lämmastiku suhe.

Antud magistritöö eesmärgiks oli uurida ja hinnata vähemväärtuslikku lambavilla lagunemist vermi- ja tavakompostimisel, selgitamaks välja käitlemisviisi sobivuse Eesti tingimustesse. Kirjanduse ja kogutud andmete põhjal on võimalik teha järgmised järeldused:

Antud magistritöö eesmärgiks on võrrelda vähemväärtusliku lambavilla lagunemist vermi – ja tavakompostimisel. Kuna töö autori kodukohas, Vormsi saarel oli olemas huvi lambavilla alternatiivsete kasutusviiside kohta, viidi kompostimiskatsed läbi Vormsi saarel pidades silmas kohalikke olusid. Töö eesmärgi täitmiseks püstitas töö autor järgnevad uurimisülesanded:

- Kompostimine – ja vermikompostimine on keskkonnasõbralikud meetodid biolagunevate jäätmete käitlemiseks. Protsessi edukaks läbiviimiseks on tähtis, et tagatud oleks nii mikroorganismide (tavakompostimisel) kui ka vihmausside ja mikroorganismide (vermikompostimisel) eluks sobivad tingimused;
- Lambavill on orgaaniline aine, milles on süsinikku ligikaudu 50%, vesinikku 7%, hapniku sisaldus jääb vahemikku 22-25%, lämmastiku sisaldus jääb vahemikku 16-17% ning väevli sisaldus jääb vahemikku 3-4%. Lambavilla omadused on tingitud villa keemilisest koostisest ja keerukast valgustruktuurist, samuti sõltuvad omadused lambatõust;
- Vormsi saar asub Lääne maakonnas ja on suuruselt Eesti neljas saar. Saarel elab 413 elanikku. Lambakasvatus kuulub vormsilaste põhiliste elatusallikate hulka. 2013. aasta seisuga oli saarel 7 lambakasvatajat (435 lammast), kes pidasid lambaid kultuurmaastike hooldamise eesmärgil;
- Nii vermi – kui ta tavakompostimine on mõlemad Eesti tingimustesse sobivad keskkonnasõbralikud käitlusviisid vähemväärtusliku lambavilla käitlemiseks.

Summary

Decomposition of lambswool under composting – and vermicomposting

Composting is a complex of numerous biological processes, conducted by microorganisms who throughout their life produce soil mineral enriched humic matter from organic waste. The most important environmental factors for composting are temperature, moisture content, aeration, acidity, proportion of carbon and nitrogen etc.

The objective of this master thesis is to investigate and evaluate the decomposition of less valuable wool using vermicomposting and standard composting, in order to ascertain the suitability of management method in conditions in Estonia. Based on the literature and the gathered data, the following conclusions can be made:

- Composting – and vermicomposting are both environmentally friendly methods for waste management. Environmental conditions have to be sufficient for successful decomposition.
- Lambswool is an organic compound, which consists 50% of carbon, 7% of hydrogen, 22-25% of oxygen, 16-17% of nitrogen and about 3-4% of sulphur. The properties of lambswool depend on chemical composition, the structure of the protein and also about the breed.
- The island of Vormsi is in Lääne County. In the year 2013, the number of sheep farmers in Vormsi parish, who raised sheep with the purpose of landscape upkeep, was 7 (435 sheep). Most of the sheep farmers raise crossbreed sheep, therefore the high quality of wool, meat and leather of the offspring can not be guaranteed. Approximately 166,9 kilograms of less valuable wool was produced in the parish of Vormsi in 2013. It could be used to improve the fertility of the soil.
- Despite the unsuitable environmental conditions, the wool decomposed well using both vermicomposting and composting. Composting and vermicomposting both are suitable for the use of wool waste management.

Tänuõnad

Autor tänab oma juhendajat, Msc. Jane Peda, kes oli kannatlik ja abivalmis ning vastas kõigile tööga seotud küsimustele.

Autor tänab Kristel Järvet, kes aitas koguda andmeid Vormsis kasvatava lambavilla kohta ning andis katse läbiviimiseks kompostmulda.

Autor tänab kõiki Vormsi lambakasvatajaid (Ants Valm, Elle Puurmann, Toomas Mätlik, Olger Berggreni, Lia Ostpenkot, Eha Salus ja Ahto Kokki), kes osalesid küsitluses ja andsid teavet lammaste, lambavilla ja lambakasvatuse kohta.

Autor tänab Toivi Hännit, Mikk Varblast ja Raul Põderit, kes andsid matejali vermi- ja tavakompostri valmistamiseks.

Autor tänab Msc. Mall Mehikut, kes aitas töö autorit tõlketöös. Lisaks tänab, Msc. Ene Sarapuud nõuannete eest.

Töö autor tänab oma perekonda ja sõpru toetava suhtumise eest.

Kasutatud materjalid

Applehof, M. 1997. Worms Eat My Garbage. Flower Press. USA. p. 162.

Barter, G. 2005. Aiapidamine. Varrak. London. 271 lk.

Beer, J. 2011. Worm Facts. <http://www.bucketofworms.co.uk/worms.html> (28.05.2014)

Brohon, B., Delolme, C., Gourdon, R. 2001. Complementarity of bioassays and microbial activity measurements for the evaluation of hydrocarboncontaminated soils quality. *Soil Biology & Biochemistry*. 33. 883-891 lk

Chen, Y. 2012. Sewage Sludge Aerobic Composting Tehnology Research Progress.. *AASRI Procedia*. 1. 339-343 lk.

CSIRO Wool Technology. 1998.
http://www.ecorecycle.sustainability.vic.gov.au/resources/documents/Utilising_Wool_Scoring_Wastes_as_a_Resource_%281998%29.pdf (31.05.2014)

Daily, B., Daily, R. 2012. Putting life back into the soil – humus compost. MILGADAR A NSW. Australia. 10 lk.

Dalefoot Compost. 2013. Wool compost.
<http://www.dalefootcomposts.co.uk/products.htm> (31.05.2014)

Dominguez, J. 2004. State of the Art and New Perspectives on Vermicomposting Research. Rmt: *Earthworm Ecology*, edited by Edwards, C. A., Second Edition, CRC Press: USA, 402-421 lk.

Edwards, C. A. 2004. *Earthworm Ecology*. CRC Press. USA. 389 lk.

Edwards, C.A. 2010. Edwards, C. A., Arancon, N. Q. 2004. The Use of Earthworms in the Breakdown of Organic Wastes to Produce Vermicomposts and Animal Feed Protein. Rmt: Edwards, C. A. *Earthworm Ecology*. CRC Press. USA. 448 lk.

Edwards, C.A., Dominguez, J., Nauhauser, E.F. 1998. Growth and reproduction of *Perionyx excavatus* (Perr.) (Megascolecidae) as factors in organic waste management. *Biol Fertil Soils*. 155–161 lk.

EV Keskkonnaministeerium. 2005. Biolagunevate jäätmete käitlemine.
<http://www.envir.ee/orb.aw/class=file/action=preview/id=103261/> (29.05.2014)

Filsinger, J. D. 2013. Worm Composting. Wriggling recyclers transform kitchen scraps into compost. <http://www.finegardening.com/how-to/articles/worm-composting.aspx?id=80084> (30.05.2014)

- Habib, G., Siddiqui, M.M., Mian, F. H., Jabbar, J., Khan, F. 2001.** Effect of protein supplements of varying degradability on growth rate, wool yield and wool quality in grazing lambs. *Small Ruminant Research*. 41. 247-256 lk.
- Kallam, L., Tomasberg, L., Veskimägi, L. 2010.** Taasleitud vilt. Ajakirjade kirjastus. Tallinn. 199 lk.
- Kriipsalu, M. 2001.** Jäätmeraamat. „Ehitame” kirjastus. Tallinn. 101 lk.
- Lavelle, P., Spain, A. V. 2001.** Soil Ecology. Kluwer Academic Publishers. Dordrecht/Boston/London. 654 lk.
- Lember, A. 2013.** Saaremaa lambakarjades esineb rohkelt parasiithaigusi. Saarte hääl. 29. sept. 2013
- Lowenfels, J., Lewis, W. 2006.** Teaming with Microbes. A Gardener`s Guide to the Soil Food Web. Timber Press. 196 lk.
- Lynch, D.H., Voroney, R. P., Warman, P.R. 2006.** Use of ¹³C and ¹⁵N natural abundance techniques to characterize carbon and nitrogen dynamics in composting and compost-amended soil. *Soil Biology & Biochemistry*. 30. 103-114 lk.
- McGill, W. B., Cole, C. V. 1981.** Comparative aspects of cycling of organic C, N, S and P through soil organic matter. *Geoderma*. 267-286 lk.
- Mehta, C.M., Palni, U., Franke-Whittle, I.H., Sharma, A.K. 2013.** Compost: It`s role, mechanism and impact on reducing soil-borne plant diseases. *Waste Management*. 34. 607-622 lk.
- Meyer, E. 1996.** Methods in soil zoology. Schinner, F., Öhlinger, R., Kandeler, E. R. Margesin (Eds.). *Methods in soil Biology (Springer Lab Manual)*. Springer Verlag. Berlin. p. 313–382
- Munnoli, P. M., Teixeira da Silva, J. A., Bhosle, S. 2010.** Dynamics of the Soil-Earthworm-Plant Relationship: A Review. Global Science Books. India. 21 lk
- Nag, A. 2008.** Textbook of agricultural biotechnology. Raj Press. New Delhi. 260 lk.
- Nõmmera, E., Jaama, K. 1943.** Lambavill. „Agronom“ kirjastus. Tallinn. 129 lk.
- Olaussen, I. 2003.** Kompost. Greif-trükikoda. Stockholm. 101 lk.
- Pearson, J., Lu, F., Gandhi, K. 2013.** Disposal of wool scouring sludge by composting. <http://www.fibre2fashion.com/industry-article/market-research-industry-reports/disposal-of-wool-scouring-sludge-by-composting/disposal-of-wool-scouring-sludge-by-composting1.asp>. (31.05.2014)
- Perez-Losada, M., Eiroa, J., Mato, S., Dominguez, J. 2005.** Phylogenetic species delimitation of the earthworms *Eisenia fetida* (Savigny, 1826) and *Eisenia andrei* (Bouche

, 1972) (Oligochaeta, Lumbricidae) based on mitochondrial and nuclear DNA sequences. *Pedobiologia*. 49. 317-324 lk.

Pichtel, J. 2005. Waste Management Practices. Municipal, Hazardous and Industrial. Boca Raton: CRC Press Taylor and Francis Group. 663 lk.

Pilipovic, M. 1995. Wool Feasibility study. SRZ Milan Pilipovic Prijedor. Sarajevo. 45 lk.

Platen, H., Witz, A. 1999. Application of analysis no 1: Measurement of the respiration activity of soils using the OxiTop® Control measuring system. Basic principles and process characteristic quantities. Wissenschaftlich- Technische Werkstätten GmbH & Co. Germany

Põllumajanduse Registrite ja Informatsiooni Amet. 2013. Toetuste saajad. http://www.pria.ee/et/toetused/valdkond/loomakasvatus/loomade_karjatamise_toetus_2013/ (31.05.2014)

Raudseping, M. 2010. Kompost ja kompostimine. Maaleht. Tallinna Raamatutrükikoda. 77 lk.

Reynolds, J.W., Dindal, D.L. 1977. The Earthworms (Lumbridea and Sparganophilidea) of Ontario. The Hunter Rose Company. Toronto. 27 lk

Rodriguez, L., Ceriello, M. I., Garcia-Albiach, V., Villaseñor, J. 2012. Domestic sewage sludge composting in a rotary drum reactor: Optimizing the thermophilic stage.. *Journal of Environmental Management*. 112. 284-291 lk.

Rynk, R., T. L. Richard. 2001. Compost Utilization in Horticultural Cropping Systems. „CRC Press LLC” kirjastus, 2001. Florida. 94 lk.

Selden, P., DuPont, M., Sipes, B., Dinges, K. 2005. Composting Worms for Hawaii. <http://scholarspace.manoa.hawaii.edu/bitstream/handle/10125/2350/HG-46.pdf?sequence=1> (31.05.2014)

Sundberg, C., Smars, S., Jönsson, H. 2004. Low pH as an inhibiting factor in the transition from mesophilic to thermophilic phase in composting. *Bioresource Technology*. 95. 145-150 lk.

Svärd, S., Hammerman, M. 2010. Märkmeid ja aastaarve vormsilaste ajaloost. Stockholm. 24 lk.

Vormsi valla kodulehekül. 2013. Avasta Vormsi. <http://vormsi.ee/avasta-vormsi/> (31.05.2014)

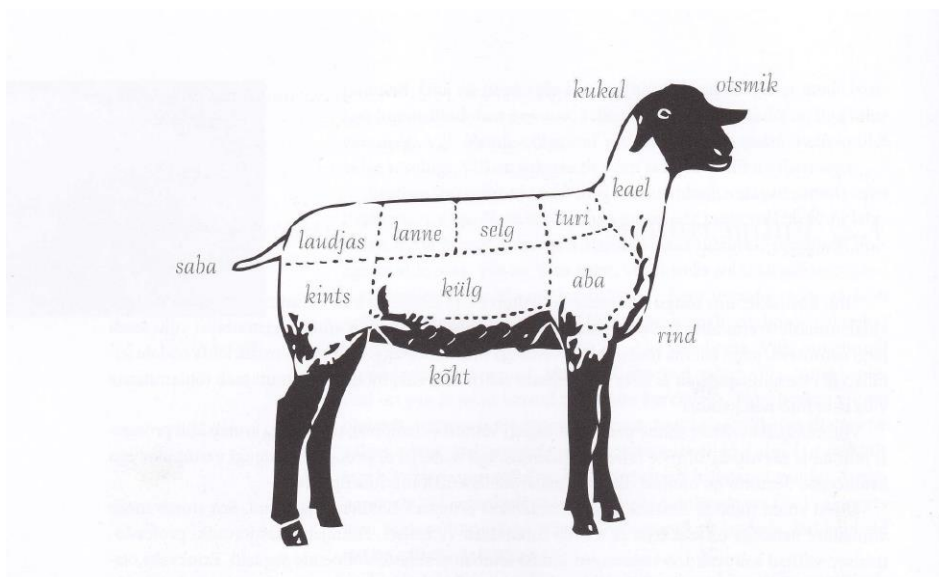
Wong, J.W.C., Mak, K.F., Chan, N.W., Lam, A., Fang, M., Zhou, L.X., Wu, Q.T., Liao, X.D. 2001. Co-compost of soybean residues and leaves in Hong Kong. – *Bioresource Technology*. 76. 99-106 lk.

Öhlinger, R., 1996. Soil Respiration by titration: Schinner, F., Öhlinger, R., Kandeler, E., Margesin, R. (Eds.), *Methods in soil biology*. Springer-Verlag, Berlin. 94-97 lk

Zorn, M. I., Van Gestel, C. A. M., Eijsackers, H. 2005.The effect of *Lumbricus rubellus* and *Lumbricus terrestris* on zinc distribution and availability in artificial soil columns. *Biology and Fertility of Soils*. 41. 212-215 lk.

Lisad

Lisa 1



Joonis 1. Lamba villaku sorteerimine (Kallam *et al*, 2010)



Joonis 2. Vermkomposter (nr.1) ja kompostkast (nr.2) katseplatsil. (Maarja Koppelmaa isiklik pildikogu)

Küsitluslehtede analüüs

Küsitluslehe eesmärk: Uurida, mis ajast praegused lambakasvatajad lambaid peavad ja milliseid tõuge peetakse; kas peetav kari saab lisatoetust; milline on karja suurus ning niidetavate lammaste arv. Mis tehakse niidetud villaga ja kas ning kuidas kasutatakse vähemväärtuslikku villa.

Sihtgrupp: Vormsi vallas tegutsevad lambakasvatajad

Osalejate arv: 7

Läbi viidud ajavahemikul: 3. juuni 2013-16. juuni 2013

Läbi viia: Maarja Koppelmaa

1. Millal hakkasite lambaid pidama?

Lambakasvataja	Nr. 1	Nr. 2	Nr. 3	Nr. 4	Nr. 5	Nr. 6	Nr. 7
Algusaasta	2000	2004	2004	2004	2005	2009	2011

2. Millist tõugu lambaid peate?

Lambakasvataja	Lambatõug
Nr. 1	Soomelambad, rootsi peenvillalambad, gotlandi lambad, Eesti valgepealised lambad
Nr. 2	Eesti mustapealine lammas
Nr. 3	Ristandid
Nr. 4	Eesti mustapealine ja ristandid
Nr. 5	Daala, torset, oxford-taun
Nr. 6	Texel, daala
Nr. 7	Eest musta- ja valgepealised lambad

3. Kas karjale taodeldakse lisatoetust ? Millist?

Lambakasvataja	Toetuse nimetus
Nr. 1	(PRIA) Loomade karjatamise toetus
Nr. 2	(PRIA) Loomade karjatamise toetus
Nr. 3	(PRIA) Loomade karjatamise toetus
Nr. 4	(PRIA) Loomade karjatamise toetus
Nr. 5	(PRIA) Loomade karjatamise toetus
Nr. 6	(PRIA) Loomade karjatamise toetus
Nr. 7	(PRIA) Loomade karjatamise toetus

Lisa 2

4. Andmed lambakarja suuruse ja pügatavate lammaste kohta aastate lõikes

Aasta	Lammaste arv	Pügatavate lammaste arv
2009	319	314
2010	295	280
2011	447	374
2012	447	425
2013	435	276

5. Mida tehakse kevadel niidetud villaga?

Lambakasvataja	Vastus
Nr. 1	Tehakse lõngaks ja viletsam pannakse põõsaste alla
Nr. 2	Jääb seisma
Nr. 3	Villapatju ja vilti
Nr. 4	Jagan tasuta ära või põletan
Nr. 5	Osaliselt lõngaks ja ülejäänud prügimäele
Nr. 6	Tehakse lõngaks või antakse ära
Nr. 7	Mitte midagi

6. Mida tehakse sügisel niidetud villaga?

Lambakasvataja	Vastus
Nr. 1	Tehakse lõngaks ja villamatiks
Nr. 2	Ei niida
Nr. 3	Ei püga
Nr. 4	Jagan tasuta ära või põletan
Nr. 5	Lõngaks ja villamatiks
Nr. 6	Ei püga
Nr. 7	Ei püga

7. Kas villakust eraldatakse vähemväärtuslik vill?

Lambakasvataja	Vastusevariandid	
	Jah	Ei
Nr. 1	Jah. Pannakse põõsaste alla	
Nr. 2		Ei
Nr. 3	Jah. Põletatan või viskan ära	
Nr. 4		Ei
Nr. 5	Jah. Prügimäele	
Nr. 6	Jah. Põletan või viskan ära	

Nr. 7	Jah. Läheb hävitamisele	
--------------	-------------------------	--

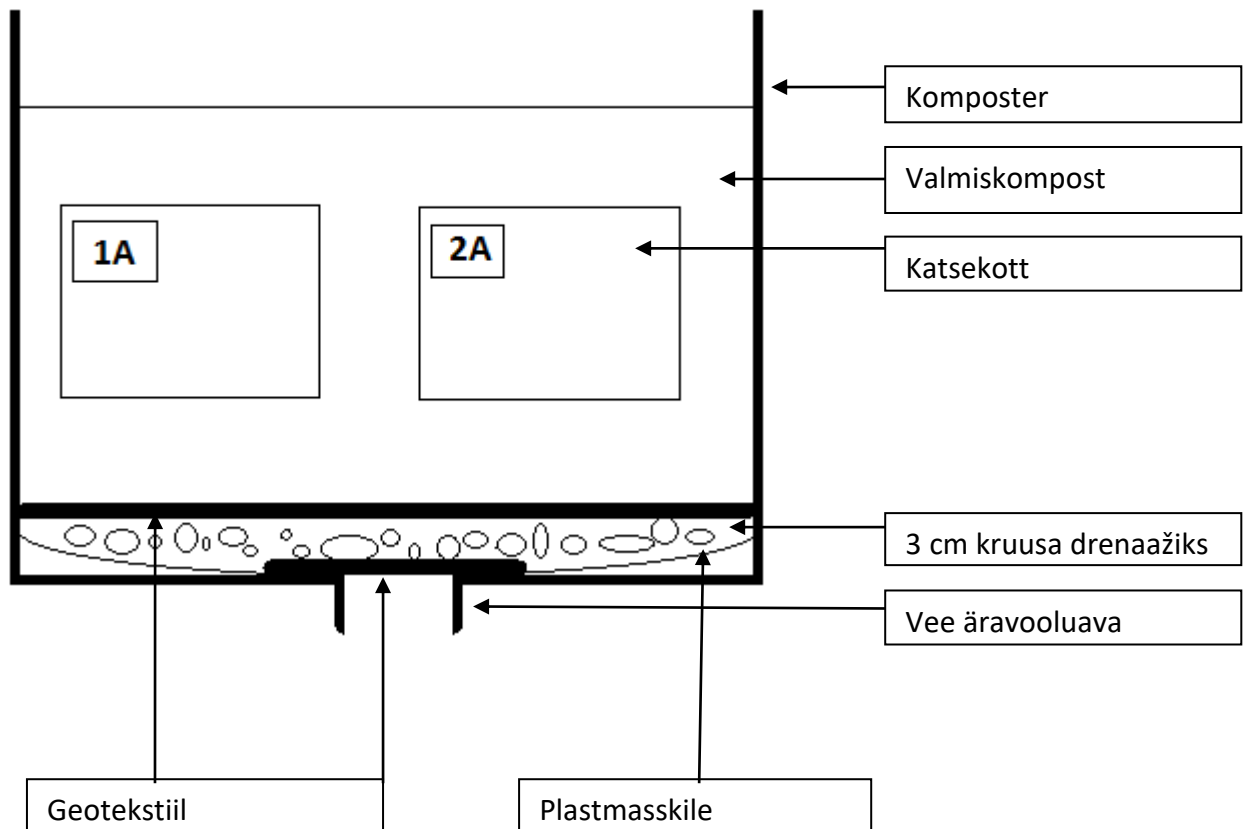
Lisa 2

8. Kas Te leiate, et vähemväärtuslikul villal võiks olla kasulikum väljund?

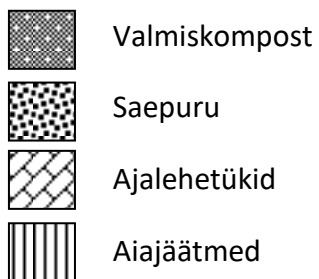
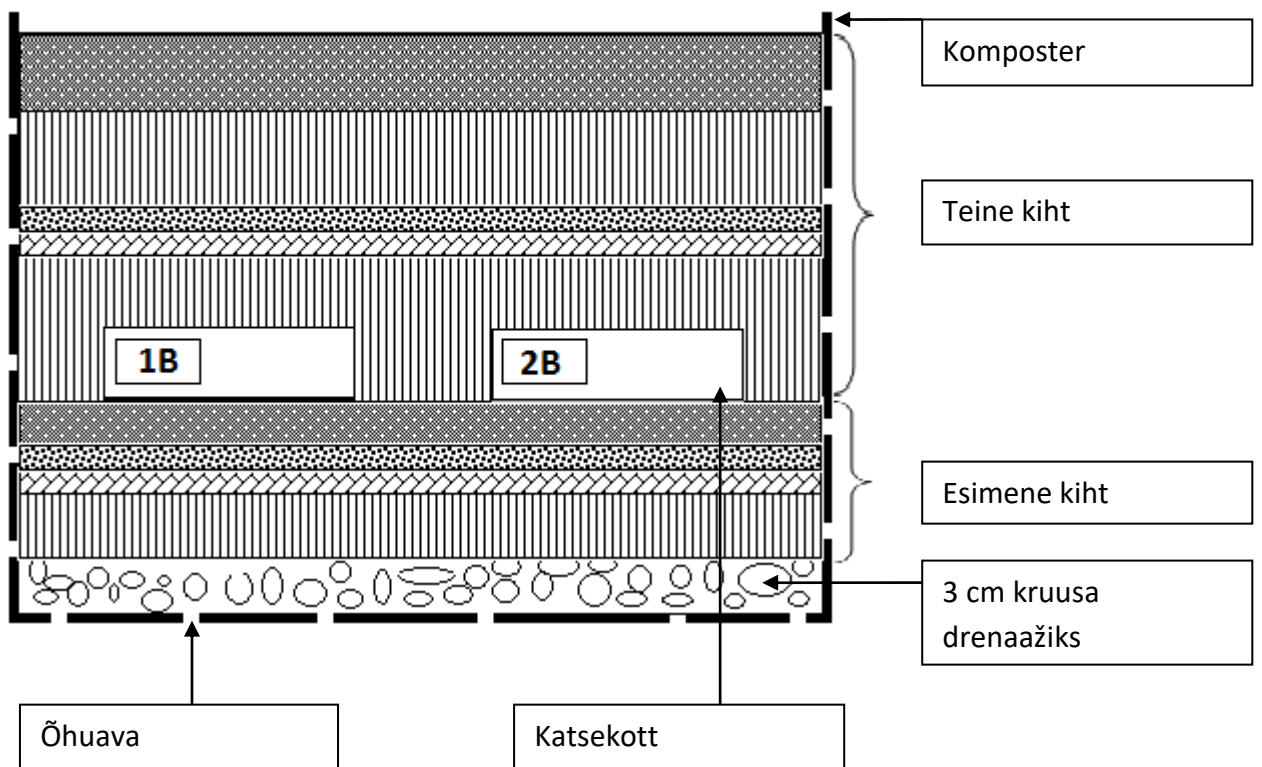
Lambakasvataja	Vastus	
	Jah	Ei
Nr. 1	Jah	
Nr. 2	Jah	
Nr. 3	Jah	
Nr. 4	Jah	
Nr. 5		Ei
Nr. 6	Jah	
Nr. 7	Jah	

9. Kas Te olete huvitatud antud magistritöö tulemustest?

Lambakasvataja	Vastus	
	Jah	Ei
Nr. 1	Jah	
Nr. 2	Jah	
Nr. 3	Jah	
Nr. 4	Jah	
Nr. 5	Jah	
Nr. 6	Jah	
Nr. 7	Jah	



Joonis 1. Vermikompostreer eestvaates ja katsekottide paigutus



Joonis 2. Kompostkast ja katsekottide ning orgaanilise jätme kihtide paigutus kompostris