

# Coöperatief Compostereren in Agro As de Peel

*Adviesrapportage*



HAS Kennistransfer en Bedrijfsopleidingen  
Onderwijsboulevard 221  
Postbus 90108  
5200 MA 's-Hertogenbosch  
Telefoon: (088) 890 36 37

Documenttitel: Coöperatief composteren in Agro As de Peel - Adviesrapportage  
Projectcode: 6773COO4

Opdrachtgever: Gemeente Uden  
Contactpersoon: Gea van den Berg

Projectleider: Mieke van Eerten-Jansen

Projectteam: Luuk Coopmans  
Cas Wilting

Plaats: 's-Hertogenbosch

Datum: 26 januari 2018

## Voorwoord

Voor u ligt het adviesrapport als resultaat van het project “Coöperatief composteren in Agro As de Peel”. In dit adviesrapport is antwoord gegeven op de vraag of op kleine schaal met lokale producten een kwalitatief hoogwaardig compostproduct te produceren is die als bodemverbeteraar kan worden ingezet binnen de projectgrens van Agro As de Peel. Hierbij willen wij de stakeholders van Agro As de Peel en in het bijzonder Gea van den Berg en Michiel Ytsma als opdrachtgevers bedanken voor de prettige samenwerking. De transparante en proactieve communicatie hebben wij als erg prettig ervaren. Daarnaast willen wij onze projectleider Mieke van Eerten-Jansen en projectexpert Dimitri Lamers, beide docenten aan HAS Hogeschool, bedanken voor de coaching en inhoudelijke bijdrage aan dit onderzoek. Ook willen wij via deze weg Ad Geerts bedanken als externe compostexpert voor de inhoudelijke bijdrage vóór, gedurende en na de praktijkproeven. Daarnaast willen wij Jos Verstraten en zoon Lucas Verstraten bedanken voor het beschikbaar stellen van de sleufsilos, materieel en alle uren die nodig zijn geweest voor de praktijkproeven. Tevens willen wij Koen Linders bedanken voor het parallel draaien van een compostproef op eigen terrein met blad materiaal.

Als laatste willen wij alle andere ondernemers bedanken die betrokken zijn of zijn geweest bij dit project.

Luuk Coopmans  
Cas Wilting

's-Hertogenbosch, 26 januari 2018

## Samenvatting

De primaire agrarische sector in Noordoost-Brabant is op zowel economisch, maatschappelijk als ecologisch gebied in beweging. Problemen waar de hoge zandgronden in de regio mee te kampen hebben, zijn continue vraag van nutriënten, uitspoeling van nutriënten, het jaarlijks afnemen van organische stof en afnemend waterbergend vermogen door missen van structuur. Het vernieuwen en circulair maken van de agrarische sector is daarom van essentieel belang voor de regio.

Agro As de Peel vormt samen met vijf gemeenten (Uden, Landerd, Mill/Sint-Hubert, Boekel en Sint-Anthonis), Waterschap Aa en Maas, het ZLTO, Brabantse Milieufederatie, HAS Hogeschool een consortium wat onderzoek doet naar het toekomstbestendig maken van de landbouw. Een van deze onderzoeken bekijkt de mogelijkheden om gebiedseigen groencompost in coöperatieve vorm te produceren en te gebruiken als bodemverbeteraar. Naast dat het toedienen van compost een zeer geschikte manier is om het organisch stofgehalte in de bodem te verhogen, wordt ook het waterbergend vermogen vergroot doordat structuur wordt toegevoegd aan de hoge zandgronden die Noordoost-Brabant rijk is. Ook heeft compost als voordeel dat het nutriënten langzaam vrijgeeft waardoor uitspoeling in oppervlaktewater wordt beperkt. Daarnaast draagt het toedienen van compost bij aan het klimaatprobleem, omdat koolstof wordt vastgelegd in de bodem.

Deze rapportage beschrijft het proces met bijbehorende resultaten die heeft geleid tot het beantwoorden van de volgende hoofdvraag: “Wat is de meest haalbare manier van coöperatief composteren om een kwalitatief hoogwaardig compostproduct te produceren, die als bodemverbeteraar ingezet kan worden, binnen de projectgrens van Agro As de Peel?”

Om antwoord te kunnen geven op deze hoofdvraag is in dit onderzoek een praktijkstudie gedaan naar de beste en meest rendabele manier van composteren op lokale schaal.

De reststromen die zijn gebruikt in dit onderzoek zijn: bermmaaisel van de Gemeente Sint Anthonis, bladresten van de Gemeente Sint Anthonis, komkommer resten van Tielemans Groentekwekerij te Boekel en slootveegsel van J. Verstraten te Westerbeek.

Voor het vervoeren, inzamelen en verwerken van groenresten moet voldaan worden aan de Nederlandse wet en regelgeving. Het is niet toegestaan om als particulier restmaterialen te vervoeren zonder de juiste vergunningen en certificaten. Ten tweede is het niet toegestaan restmateriaal van derden op eigen terrein in te zamelen en te verwerken. Als laatste is niet toegestaan om als particulier meer dan 600 m<sup>3</sup> restmateriaal te verwerken tot compost. In dit project wordt voldaan aan bovenstaande wet- en regelgeving door verkregen schriftelijke vrijstellingen, afgegeven door provincies en gemeenten.

De compostproef bestond uit een 5 tal verwerkingstechnieken van restmateriaal. Een bokashi hoop is opgestart volgens het “lasagne” principe. Bokashi is een vorm van anaerobe fermentatie. Dit wordt bereikt door het inkuilen van groen restmateriaal met toevoeging van microbacteriën, klei en zeeschelpenkalk als pH buffer. Vier composthopen van regulier composteren zijn opgestart, één hoop heeft geen toevoegingen gekregen, één hoop heeft alleen de toevoeging van microferm gekregen, één hoop is alleen met worteldoek afgedekt en één hoop heeft een combinatie van de laatste twee vormen gekregen. Deze vijf verschillende technieken zijn met elkaar vergeleken onder gelijkwaardige omstandigheden en een conclusie is getrokken wat de meest geschikte manier van composteren op lokale schaal is.

Alle vijf de hopen hebben hetzelfde ingaande materiaal. Dit is geanalyseerd op C/N verhouding, kiemkracht, vochtgehalte en organische stof. De composthopen zijn continu gemonitord op temperatuur middels temperatuurloggers. Gedurende de proefperiode zijn de composthopen, met uitzondering van de Bokashi hoop, wekelijks gekeerd en zijn wekelijks monsters genomen van de vier reguliere compost hopen. Deze monsters zijn geanalyseerd op het vochtgehalte, zodat de verandering hiervan zichtbaar is gemaakt.

Aan het einde van de proefperiode zijn de temperatuurloggers uitgelezen en zijn monsters genomen van alle vier de reguliere composthopen en van de Bokashi hoop. Deze monsters zijn geanalyseerd op dezelfde parameters als aan het begin van de proefperiode en als extra wordt de stabiliteit van elk product bepaald, middels het bepalen van het zuurstofverbruik, en zijn de gehalten aan zware metalen bepaald. Voor zware metalen geldt dat compost aan nationaal gestelde kwaliteitsnormen moet voldoen. Alle geanalyseerde monsters vielen binnen deze normen.

Alle composteringmethoden zijn middels een Multi-Criteria Analyse met elkaar vergeleken op de criteria: stabiliteit, kiemkracht, zware metalen en kosten/tijd. Regulier composteren zonder enige toevoegingen is in dit onderzoek het beste uit de test gekomen. Bokashi is van dermate slechte kwaliteit dat deze techniek meteen afviel bij het kiezen van een geschikte vorm van verwerken. De stabiliteit van de verschillende vormen van regulier composteren zitten zo dicht bij elkaar dat de kosten en de bewerkelijkheid van het opschalen van de compostering de doorslag hebben gegeven. Middels een combinatie van kosten en bewerkelijkheid kon de projectgroep concluderen dat regulier composteren zonder toevoegingen de beste optie bleek. Regulier composteren wordt dan ook geadviseerd toe te passen wanneer de keuze tot opschalen wordt gemaakt.

## Inhoud

Voorwoord .....	i
Samenvatting.....	ii
1 Inleiding .....	3
1.1    Aanleiding.....	3
1.2    Organische stof verhogen middels compost.....	4
1.3    Projectopzet .....	4
1.4    Leeswijzer .....	5
2 Materialen en methoden .....	6
2.1    Projectmethode.....	6
2.1.1    Wetgeving.....	6
2.1.2    Opzet compostproef.....	7
2.1.3    Analyses.....	9
2.1.4    Opschaling compostering.....	11
3 Resultaten.....	13
3.1    Temperatuur.....	13
3.2    Kiemkracht.....	14
3.3    C/N verhouding .....	15
3.4    Vochtgehalte .....	16
3.5    Organische stof Reguliere compostering .....	17
3.6    Zware metalen.....	18
3.7    Stabiliteit .....	19
3.8    Opschaling compostering.....	19
4 Conclusies, aanbevelingen en discussie .....	21
4.1    Conclusie deelvragen.....	21
4.2    Conclusie hoofdvraag .....	23
4.3    Aanbevelingen.....	24
4.3    Discussie .....	25
Bibliografie .....	26
Bijlagen .....	29
I:    Temperatuur verloop reguliere compostering.....	29
II:    Weergegevens Volkel gedurende proefperiode .....	33
III:    Meetrapportage .....	35

IV: Handleiding opzetten van de compostering.....	51
V: Kostenberekening opschalen van proefopstelling tot compostering van 600 m <sup>3</sup> .....	53
VI: Koen Linders.....	54

# 1 Inleiding

Zowel economisch, maatschappelijk als ecologisch is de primaire sector in Noordoost-Brabant in beweging. Dit brengt op alle gebieden uitdagingen met zich mee. Het vernieuwen en circulair maken van de agrarische sector is daarom essentieel voor de regio (Theije, 2017).

## 1.1 Aanleiding

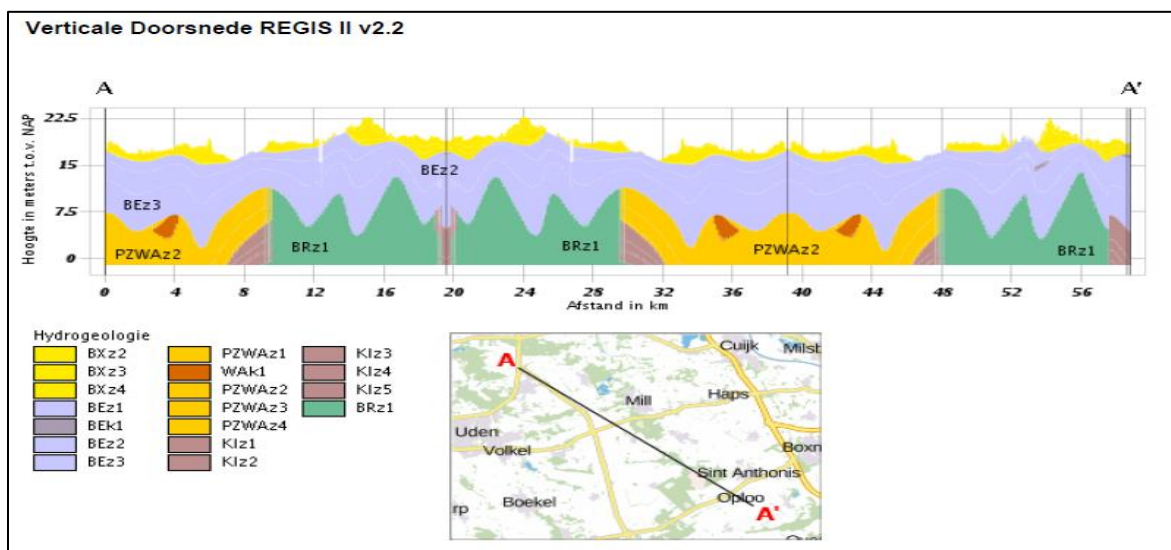
De gemeenten Boekel, Mill & Sint Hubert, Sint Anthonis, Landerd en Uden werken samen in de Agro As de Peel gebiedsopgave, zie Figuur 1. Dit agrarische productiegebied staat op de regionale agenda als proeftuin voor de transitie van de primaire landbouwsector. De vijf gemeenten werken samen met de centrale- en vijf lokale afdelingen van de Zuidelijke Land- en Tuinbouw Organisatie (ZLTO), de Brabantse Milieufederatie (BMF), HAS Hogeschool en Waterschap Aa en Maas aan een aantal veelbelovende innovatieve projecten die het gebied helpt te ontwikkelen tot proeftuin voor vernieuwende landbouw en de daarmee samenhangende landschapsontwikkeling/-verbetering (van Eerten-Jansen, Overleg afstudeeropdracht, 2017).



Figuur 1 Figuur 1 Gebiedsopgave Agro As de Peel (Custers, Janssen, Potters, & Tönnissen, 2017)

Binnen deze gebiedsopgave richt dit onderzoek zich op het coöperatief composteren van reststromen en zal middels een onderzoek op een proeflocatie onderzocht worden wat de meest geschikte manier is om kwalitatief goede compost te produceren die als bodemverbeteraar binnen de projectgrenzen ingezet kan worden.

Dit onderzoek richt zich niet op individueel advies voor de ondernemers, maar kijkt naar het collectief belang van de omgeving. De bodem binnen de projectgrens bestaat voornamelijk uit zandgronden. Figuur 2 geeft de dwarsdoorsnede van het gebied en laat dit duidelijk zien, de bovenste gele gronden vormen de formatie van Boxtel (BXz2 tot en met BXz4).



Figuur 2 Verticale doorsnede REGIS II v2.2 van het gebied Agro As de Peel (DINOLOKET, 2017)



De formatie van Boxtel bestaat uit zand, zeer fijn tot matig grof (105-300µm) maar bevat ook silt en leem (Schokker, de Lang, & al., 2005). Zandgronden zijn over het algemeen niet rijk aan nutriënten en missen de structuur om water en nutriënten vast te houden (Fraters, Boumans, van Leeuwen, & Reijs, 2007). Compost verhoogt het organisch stof gehalte en dat zorgt ervoor dat de structuur van de bodem verbetert (Meijering, 2017). Het verhogen van het organisch stofgehalte in de bodem is een meerjaren traject, resultaat is niet direct zichtbaar (Bodemacademie, 2016).

## 1.2 Organische stof verhogen middels compost

Om de kwaliteit van de landbouw in Noordoost-Brabant te behouden, zal de bodem toekomstbestendig gemaakt moeten worden. Een van de manieren van bodemverbetering is het toedienen van organische reststromen in de vorm van compost (Postma & Brinkman, 2015). Door het gebruik van compost als bodemverbeteraar zal op lange termijn de effectieve oogst toenemen (Custers, Janssen, Potters, & Tönnissen, 2017).

Compost heeft de eigenschap een groot gehalte effectieve organische stof te bevatten (Postma & Brinkman, 2015). Het gemiddelde organische stof gehalte van groen compost is 150 kg EOS/ton (Postma & Ros, 2017). Uit voorgaande onderzoeken blijken ondernemers in de regio te beschikken over landbouwgronden met een gemiddeld organisch stofgehalte van 3,7 % (Custers, Janssen, Potters, & Tönnissen, 2017). Door toebrengen van compost wordt het organisch stofgehalte in deze bodems verhoogd (Postma & Brinkman, 2015). Organische stof in de bodem zorgt voor structuur, waterbergend vermogen en het vasthouden en langzaam vrijkomen van nutriënten (WUR, n.d.).

Compost wordt gevormd uit organische reststromen. Middels composteren kunnen de reststromen binnen het gebied benut worden. Jaarlijks komen bij de gemeenten grote hoeveelheden blad- en snoeiafval vrij. Daarnaast komen bij verschillende ondernemers in de agrarische sector tijdens de productie organische reststromen vrij. Dit is in veel gevallen uiterst geschikt voor compostering. Naar aanleiding van de reeds uitgevoerde theoretische onderzoeken richt dit onderzoek zich op het in de praktijk opzetten van verschillende soorten composteringstechnieken.

## 1.3 Projectopzet

In dit project is getracht antwoord te geven op de hoofdvraag van dit onderzoek:

“Wat is de meest haalbare manier van coöperatief composteren om een kwalitatief hoogwaardig compostproduct te produceren, die als bodemverbeteraar kan worden ingezet, binnen de projectgrens van Agro As de Peel?”

Uit reeds uitgevoerde onderzoeken van HAS kennistransfer en bedrijfsopleidingen blijkt dat coöperatief composteren theoretisch haalbaar en rendabel is (Custers, Janssen, Potters, & Tönnissen, 2017). Dit project geeft invulling aan dit voorgaande onderzoek middels een praktische studie naar verschillende potentiële composteertechnieken. Daarnaast is in dit project de fundering gelegd voor de coöperatie en kenniskring tussen ondernemers in de regio. In dit onderzoek zijn de volgende onderzoeksvragen behandeld:

- *Wat is een coöperatie, welke verschillende vormen zijn er, en wat is de meeste geschikte coöperatie voor composteren in Agro As de Peel?*

- Wat zegt de wet en regelgeving over composteren van meerdere reststromen op één locatie, en waar dient deze aangepast te worden wanneer een dergelijke compostering wordt opgeschaald?
- Welke manieren van composteren zijn er?
- Welke reststromen zijn beschikbaar voor dit onderzoek vanaf 23 oktober en wat is de kwaliteit van deze reststromen? Gekeken naar hoeveelheid, samenstelling, periode van vrij komen, etc.
- Welke samenstelling van restproducten is het meest geschikt voor de proefcompostering?
- *Wat zijn de benodigdheden om te composteren op coöperatieve schaal? Materieel, kapitaal, voorzieningen, inzet van de ondernemer, etc.*
- Welke (technische) parameters hebben effect op de kwaliteit van de compostering? En in welke mate hebben deze effect op de kwaliteit van de geproduceerde compost?
- Hoe kan het composteringsproces gestuurd/beïnvloed worden? (Gekeken naar parameters en fysieke omstandigheden)
- Wat is de uiteindelijke compostkwaliteit (in relatie tot bodemtoepassingen)?
- *Hoe ziet de kosten baten analyse van de compostproeven eruit?*
- *Hoe kan er organisatorisch en financieel rendabel opgeschaald worden?*
- *Wat zijn de trends en ontwikkelingen op de markt van composteren?*
- *Hoe kan het coöperatief composteren een positieve invloed hebben op het imago van de agrarische sector binnen Agro As de Peel?*

De cursief gedrukte deelvragen zijn met een mondeling akkoord van de opdrachtgever niet behandeld door de projectgroep wegens wegvallen van een van de drie projectleden halverwege het project. De nadruk is gelegd op de rest van de deelvragen.

Parrallel aan dit onderzoek heeft Koen Linders een compostering met alleen bladafval gedraaid. Deze is op dezelfde manier opgezet zoals beschreven in hoofdstuk "3 Resultaten". De resultaten van deze proef zijn te vinden in de bijlage "VI: Koen Linders".

## 1.4 Leeswijzer

De inleiding bevat de aanleiding, doelstellingen en hoofd- en deelvragen van dit onderzoek. Hoofdstuk 2 beschrijft de gebruikte methodes tijdens dit onderzoek. In hoofdstuk 3 zijn de resultaten gepresenteerd. Tevens zijn in dit hoofdstuk de resultaten bediscussieerd in de discussie. In hoofdstuk 4 zijn de deelvragen beantwoord en zijn resultaten tot een algehele conclusie gevormd. Deze conclusie geeft antwoord op de gestelde hoofdvraag en deelvragen. Dit is gedaan door een Multi Criteria Analyse uit te voeren. Deze keuze is gemaakt omdat de conclusie gebaseerd is op meerdere parameters met allen een andere weging. Deze algehele conclusie is weergegeven in een grafiek. Daarnaast zijn in dit hoofdstuk de aanbevelingen gepresenteerd. De bijlagen bevatten figuren en documenten ter ondersteuning van het rapport.

## 2 Materialen en methoden

Dit hoofdstuk beschrijft in chronologische volgorde hoe het project is uitgevoerd. Bepaalde keuzes en het beantwoorden van hoofd- en deelvragen staan hierin centraal. Indien nodig worden de middelen en diensten beschreven die zijn gebruikt tijdens dit project.

### 2.1 Projectmethode

De projectmethode schetst een beeld van het complete project. Aan de hand van de probleemstelling is in samenwerking met stakeholders, opdrachtgevers en experts een projectmethode geformuleerd. Deze is beschreven in het plan van aanpak.

#### 2.1.1 Wetgeving

Naast de praktische zaken, dienen verschillende beleidsmatige zaken geregeld te worden. De wet- en regelgeving welke betrekking hebben op dit project zijn hieronder beschreven.

##### ***Transport/inzamelen reststromen***

De wet NIWO beschrijft dat *“Voor bedrijven die zich in Nederland bezighouden met het vervoeren, inzamelen, handelen en/of bemiddelen van bedrijfsafvalstoffen over de openbare weg, is vermelding op de landelijke VIHB-lijst verplicht.”* (NIWO, 2017). Omdat afvalstoffen van verschillende ondernemers naar het bedrijvensterrein van J. Vestraten getransporteerd dienen te worden, betekende dit dat gecertificeerde transporteurs ingezet diende te worden. Omdat dit niet bij elk transport mogelijk was vanwege financiële middelen en beperkte hoeveelheden, is vrijstelling aangevraagd bij de provincie Noord-Brabant. Deze vrijstelling is gegeven op 26 oktober 2017 door Harrie Vissers.

##### ***Kwaliteit***

De uitvoering meststoffenwet beschrijft de wijze waarop compostproducten moeten worden geïnventariseerd voordat deze mogen worden toegepast op landbodems. Hoofdstuk 6, artikel 46, punt 7 van Uitvoeringsregeling Meststoffenwet:

Indien op een onderneming compost wordt geproduceerd of anderszins wordt behandeld, bevat de administratie behalve de gegevens, bedoeld in artikel 39, tweede en derde lid, van het besluit tevens gegevens over:

a. de hoeveelheid geproduceerde, behandelde compost; en

b. de gehalten aan droge stof, fosfaat en stikstof, het organisch stofgehalte en de hoeveelheden van de in bijlage II, onder tabel 3, bij het besluit opgenomen zware metalen. (Overheid, 2017)

Om na de duur van de proef een conclusie te kunnen trekken over de werking van de composttechnieken zijn voor, tijdens en na de proef verschillende analyses uitgevoerd op de verschillende parameters.

### Meststoffen

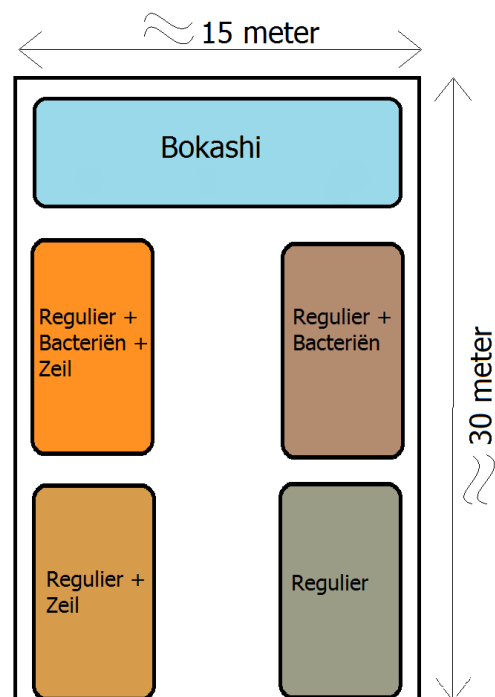
In dit project wordt niet gewerkt met dierlijke mestproducten. Hierdoor wordt voordeel behaald bij hoeveelheden uit te rijden compost. Wanneer de compost niet wordt voorzien van dierlijke mestproducten, hoeft de ondernemer maar 50 procent van het totale fosfaat in de compost mee te rekenen in de mestboekhouding (RVO, 2017). En de ondernemer hoeft maar 10 procent van het stikstof gehalte mee te rekenen in de mestboekhouding (CLM Onderzoek en Advies B.V., 2016).

#### 2.1.2 Opzet compostproef

In zowel digitale als fysieke kennisbronnen is een overvloed aan onderzoeksresultaten beschreven over verschillende technieken van composteren onder allerhande omstandigheden. Een eenduidig advies is hier echter niet over te formuleren, omdat de beschikbare reststromen binnen de projectgrenzen van Agro As de Peel en de aanwezige omstandigheden een unieke situatie veroorzaken. Na overleg met verschillende stakeholders, opdrachtgevers en projectexperts is ervoor gekozen om een composteringsproef op te zetten om een advies op maat te kunnen geven. Verschillende technieken die uit de literatuurstudie naar voren kwamen zijn in deze composteringsproef uiteengezet op één locatie zodat de omstandigheden exact gelijk waren.

In Figuur 3 is een schematische tekening weergegeven van de proeflocatie. In deze figuur zijn de composthopen niet op schaal getekend. De ideale

composthoop is minstens 1,5 meter hoog en 2,0 meter breed (van Dam, 2007) (Geerts A., 2017). De lengte van de composthoop is in deze geen parameter, zolang hij maar groter of gelijk is aan de breedte (Reinink, 2001). Tijdens het dimensioneren is rekening gehouden met de grootte van de sleufsilos en de beschikbare stroom restproducten. Dit houdt in dat elke composthoop ongeveer bestaat uit 15 kubieke meter restmateriaal. Aangezien de projectgroep vijf composthopen heeft





Figuur 3 Schematische weergave proefopstelling compostering (weergave is niet op schaal)

opgezet, betreft het totale volume ongeveer 75 kubieke meter restmateriaal. Dit betekent dat ruim wordt voldaan aan het plafond van 600 kubieke meter restmateriaal wat is vastgesteld door de Nederlandse overheid. Voor een handleiding voor de opzet van de composthopen zie bijlage "IV: Handleiding opzetten van de compostering".

### Samenstellen compost substraat

Als eerste is binnen de projectgrens van Agro As de Peel geïnventariseerd welke biologische restproducten beschikbaar waren en in welke kwantiteit. Dit is gedaan middels het netwerk wat is gecreëerd in voorgaande projecten van HAS kennistransfer en bedrijfsopleidingen (Custers, Janssen, Potters, & Tönnissen, 2017) (van Eerten-Jansen, Peeters, & Lamers, Bodemverbetering in Agro As de Peel door het gebruik van organische reststromen, 2016). Al snel bleek voldoende restmateriaal beschikbaar te zijn in de regio. Omdat voldoende restmaterialen beschikbaar bleken, is een Excel model opgesteld om een ideale samenstelling te creëren voor de compostproef. De twee belangrijkste parameters voor compost substraat zijn droge stof gehalten en C/N-verhouding. Het ideale compost substraat heeft een C/N-verhouding van 25-35 (Willekens, 2014) (Geerts A. , 2017) en droge stof gehalte van 40-60% (Willekens, 2014) (Geerts A. , 2017). Voor elk van de beschikbare organische reststromen is de C/N-verhouding en droge stof gehalte opgezocht in de literatuur en gebruikt in het Excel model. Door te variëren met hoeveelheden van elke organische reststroom in het uiteindelijke compost substraat kan men komen tot een compost substraat dat voldoet aan de ideale voorwaarden. In Figuur 4 zijn verschillende scenario's berekend. De groene kleur bij de C/N verhouding betekent dat deze verhouding ligt tussen de 25 en 35. Een oranje kleur in de kolom van de C/N verhouding betekent dat de waarde binnen een afwijking van 5 naar boven of naar beneden ligt. Alle andere waarden geven een rode kleur bij de C/N verhouding. De groene kleur in de kolom van het droge stof gehalte betekent dat de waarde zich bevindt tussen de 40% en 60%. Een oranje kleur geeft aan dat het droge stof gehalte zich bevindt binnen een 10% afwijking naar boven of beneden en overige waarden geven een rode kleur aan. De ingevoerde kubieke meters grondstoffen worden omgerekend naar kilogrammen middels het soortelijk gewicht van de desbetreffende grondstof, welke wederom is verkregen uit de literatuur en is afgestemd met composteringsexpert A. Geerts.

Rekenmodel compostproef											 	
	Materialen in m3									C/N verhouding	DS gehalte	
	zaagsel	houtsnippers	stro	mais	hooi	bladafval	mest vast rund	gras	Komkommerafval			som
situatie 1		10				10		50	5	75	44,9	19%
situatie 2						37,5		60	1,8	99,3	29,4	14%
situatie 3	10					20	25	40	5	100	45,1	21%
situatie 4		20		40	20	8				100	68,1	37%
situatie 5			25		50			25		100	27,3	49%

Figuur 4 Rekenmodel compostproef voorbeeld. Het mengsel van organische reststromen in situatie 5 geeft een ideaal compost substraat.

### *Keren van de composthoop*

De composthopen zijn de wekelijks gekeerd middels een shovel met voorlader. Middels deze voorlader zijn de hopen opgepakt en losgeschud, wat het mengen bevordert. Nadat de hopen waren gemengd, zijn ze terug gelegd in dezelfde 'rug' vorm als voorheen. Omdat de aanschaf en huur van nieuw materieel erg duur is, is ervoor gekozen om gebruik te maken van de aanwezige shovel met voorlader. Naast dat dit beter past binnen het budget van het project, is het ook een waardevolle waarneming of het keren met een shovel mogelijk is in deze setting. Middels deze waarnemingen kunnen adviezen gegeven worden naar de toekomst.

### **2.1.3 Analyses**

Om de kwaliteit van de geproduceerde compost te kunnen formuleren zijn verschillende analyses uitgevoerd. In deze paragraaf worden de verschillende parameters die iets zeggen over de compostkwaliteit uiteengezet. De monsters voor deze analyses zijn genomen volgens een opgesteld protocol van keurcompost (Certificeringscommissie Keurcompost, 2015). Een beschrijving van dit protocol en de wijze waarop deze is gebruikt in dit onderzoek is te vinden in bijlage "III: Meetrapportage". Om de kwaliteit van de analyses te kunnen garanderen, zijn alle analyses in duplo uitgevoerd.

### *Vochtgehalte*

Het vochtgehalte van de composthoop is van groot belang voor het optimaal verlopen van het compostingsproces. Het ideale vochtgehalte van een composthoop ligt tussen de 50% en 60% (Stadslandbouw) (Geerts A. , 2017). Middels een droge stof bepaling wordt het vochtgehalte in de composthopen bepaald. Dit gebeurt wekelijks, zodat de invloed van het wel en niet toevoegen van worteldoek kan worden bepaald. Voor de uitgebreide beschrijving van de droge stof bepaling zie bijlage "III.7 Meetrapportage vochtigheid".

### *Kiemkracht en Fytotoxiciteit*

Een van de belangen van de ondernemers is dat het geproduceerde compostproduct geen onkruiden meer bevat. Dit is naar voren gekomen tijdens de interviews met de ondernemers op 7 september 2017. Kiemkracht is aan te tonen door een kiemkracht test te doen. Middels het mengen van het restmateriaal met zuiver zand, in de verhouding 1:2, wordt de kiemkracht van de aanwezige onkruiden bepaald. De proefopstelling is in de KAS op het terrein van HAS Hogeschool geplaatst om de onkruidzaden onder gecontroleerde omstandigheden de kans te geven te kiemen. Dit proces wordt drie weken lang gemonitord, zoals te zien in Figuur 5. De test is in triplo uitgevoerd. Tevens wordt de fytotoxiciteit van het restmateriaal bepaald. In elke test zijn vijftig tuinkerszaden gepland. Door te bepalen hoe de groei is gevorderd en de kleur is veranderd van de tuinkers wordt een indicatie gegeven over de fytotoxiciteit van het restmateriaal. Hieruit kan de fytotoxiciteit worden uitgedrukt als procentuele kiemremming, relatief ten opzichte van het referentiesubstraat (Besluit, 2012). De kiemkracht en fytotoxiciteit proef is twee maal uitgevoerd. Aan het begin van het onderzoek met het mengsel van restmateriaal, en aan het einde van de proef met het geproduceerde compostproduct. Deze proef is uitgevoerd, zodat de afname en eventuele



*Figuur 5 Kiemkracht proef (tuinkers)*

aanwezigheid van fytotoxiciteit en kiemkracht van onkruidzaden kan worden uitgedrukt. Middels de volgende formule wordt de fytotoxiciteit berekend (emis, 2012):

$$\text{Fytotoxiciteit (\%)} \text{ voor verdunningsverhouding } 1 : z = \left( \frac{Kr - Ks}{Kr} \right) \cdot 100$$

met

Kr = kiemkracht van tuinkers in het referentiesubstraat

Ks = kiemkracht van tuinkers in het substraat

z = volume gedroogd wit zand per volumedeel ver analysemateriaal.

Voor de uitgebreide beschrijving van de fytotoxiciteit proeven zie bijlage "III.4 Meetrapportage kiemkracht & fytotoxiciteit".

### *Stabiliteit*

De stabiliteit van de compost geeft aan hoe ver de compost is uit gecomposteerd. Dit wil zeggen dat het compostproduct geen zuurstof meer verbruikt. Wanneer compost wat nog niet stabiel is, wordt uitgereden op het land kan dit zuurstof gaan onttrekken aan de bodem. Dit heeft een negatief effect op het bodemleven en de groei van gewassen (Louis Bolk Instituut, 2014).

De stabiliteit van het geproduceerde compostproduct wordt bepaald middels het meten van het CO<sub>2</sub> gehalte wat door de compost wordt geproduceerd wanneer dit nog niet stabiel is. Wanneer de meting onder de 1,5% valt na een periode van 4 uur, wordt de compost als stabiel beschouwd (Brewer & Sullivan, 2008). Deze proef wordt uitgevoerd met het compostproduct wat gedurende de acht weken durende proef is geproduceerd. Gekozen is om deze proef alleen aan het einde van de compostproef uit te voeren zodat bepaald wordt in welk stadium de compost zich bevind na een periode van acht weken.

Voor verdere uitleg van de stabiliteitsproef zie bijlage "III.5 Meetrapportage stabiliteit".

### *C/N ratio*

Om te bepalen of een kwalitatief hoogwaardig compostproduct is geproduceerd, is het van belang dat analyses gedaan worden om de kwaliteit van compost aan te tonen. Ten eerste is het van belang dat de juiste samenstelling van restmaterialen wordt gebruikt. Een rekenmodel is opgesteld om een basale inschatting te maken van de koolstof (C) / stikstof (N) ratio in het mengsel van restmateriaal, waarbij een C/N-verhouding van 25-35 wordt nagestreefd. Voor compost eindproduct is de gewenste C/N-verhouding 20:1 (Louis Bolk Instituut, 2014).

Om te bepalen wat de C/N ratio in het compost substraat is, is middels een organische stof bepaling het koolstof gehalte bepaald, zie bijlage "III.3 Meetrapportage C/N-Verhouding" voor een uitgebreide toelichting op de organische stof bepaling. Het koolstof gehalte wordt geschat op 58% van het organisch stof gehalte (NEN 5754, 2005). Deze proef is herhaald aan het einde van de composteringsperiode om te bepalen of het koolstof gehalte is gedaald gedurende het composteringsproces. Het bepalen van het stikstof gehalte in het restmateriaal is gedaan middels het protocol van de ruweiwit bepaling, deze is te vinden in bijlage "III.3 Meetrapportage C/N-Verhouding". Stikstof wordt middels de N-kjeldahl bepaling bepaald. Deze analyse is aan het begin en aan het einde van de proef uitgevoerd zodat eveneens de afname van stikstof aantoonbaar is gemaakt.

Voor de stikstofgehalte bepaling middels de N-kjeldahl bepaling is een gedroogd monster van 2 gram nodig. Omdat compost een erg structuur rijke samenstelling heeft is het nemen van een dermate klein monster risicovol. Om dit in te kaderen is middels een vijzel de compost verkleind om zo een meer representatief monster te verkrijgen. Daarnaast is de proef in duplo uitgevoerd om de onnauwkeurigheid deels weg te nemen.

### *Temperatuur*

De temperatuur van de composthoppen geeft een indicatie van het stadium waar het composteringsproces zich in bevindt. In het eerste stadium zal de temperatuur hoog oplopen, tot ongeveer 60 à 70°C. Op deze temperatuur is het materiaal niet aan het composteren, maar aan het pasteuriseren. Bij deze temperaturen worden onkruidzaden en pathogenen onschadelijk gemaakt. Wanneer de volledige hoop deze hoge temperatuur heeft bereikt, zal de temperatuur van de hoop geleidelijk dalen naar ongeveer 40 à 50°C. Bij deze temperatuur gaat zo min mogelijk stikstof verloren (Wageningen University). De temperatuur is continue gevolgd middels loggers welke in de composthoppen zijn geplaatst. Deze loggers geven een accuraat beeld van het temperatuurverloop in de composthoppen. Voor een verdere toelichting op het bepalen van het temperatuurverloop middels het gebruik van temperatuurloggers, zie bijlage "III.6 Meetrapportage temperatuur".

### *Zware metalen*

Voor het keuren van compost is het van belang dat het gehalte zware metalen wordt bepaald (Geerts A. , 2017). Zonder dat duidelijk is wat in de compost aanwezig is aan zware metalen mag deze niet worden uitgereden binnen een coöperatie (Overheid, 2017). De metalen in kwestie zijn: Cadmium, Chroom, Koper, Kwik, Nikkel, Lood, Zink en Arseen.

Door gebrek aan apparatuur op HAS Hogeschool zijn de analyses voor zware metalen uitbesteed aan een gecertificeerd laboratorium. De analyses omtrent zware metalen zijn alleen aan het einde van de compostproef uitgevoerd. Deze keuze is gemaakt omdat het gehalte zware metalen nauwelijks afneemt tijdens het composteringsproces (Geerts A. , 2017).

#### **2.1.4 Opschaling compostering**

Gedurende de compostproeven zijn de gemaakte kosten en uren, om de compostering op te zetten en te laten draaien, bijgehouden. Om een beeld te geven van de eventuele kosten bij opschaling is een schaalberekening gemaakt met deze gegevens. De wettelijke maximale hoeveelheid van 600 m<sup>3</sup> compost is in deze berekening als maatstaaf gebruikt. De berekening van deze opschaling is te vinden in bijlage "V: Kostenberekening opschalen van proefopstelling tot compostering van 600 m<sup>3</sup>".



### 2.1.5 Multi Criteria Analyse

Voor het rangschikken van de resultaten is gekozen een Multi Criteria Analyse (MCA) uit te voeren. Middels een MCA wordt een conclusie getrokken welke is gebaseerd op verschillende parameters met alle verschillende wegingen. De opgedane kennis is door de projectgroep toegepast bij het bepalen van de weging. In deze MCA worden de vijf verwerkingstechnieken uiteengezet middels vier verschillende parameters: stabiliteit, kiemkracht, zware metalen en kosten/tijd. Deze vier parameters en bijbehorende wegingsfactoren zijn gekozen door de projectgroep als belangrijkste parameters na nauw contact met de ondernemers in de regio en composteringsexperts die betrokken zijn geweest in dit project. Figuur 6 geeft de behaalde score per parameter weer. De factor geeft aan in welke mate de parameter van belang is voor de ondernemers. Zo is te zien dat de kiemkracht van de geproduceerde compost zwaarder weegt dan het gehalte zware metalen en de stabiliteit. De kosten en tijd hebben de uiteindelijke doorslag gegeven in het bepalen van de scores. Deze factor is door de projectgroep bepaald middels ervaringen die het heeft opgedaan gedurende dit project. De verschillende composteertechnieken zijn ingedeeld van "1 tot 5", waarbij een "1" de beste score weergeeft. In de tabel zijn een aantal gelijke waarden toegekend. Gelijke waarden zijn toegekend aan resultaten die zo goed als gelijkwaardig zijn gebleken uit de meetresultaten. Dit is gedaan om grote verschillen in de uiteindelijke score te vermijden waar de meetresultaten nagenoeg gelijk zijn. Een scoreberekening waarbij het totaal aantal behaalde punten en de maximale score van 175 worden mee genomen, geeft score van "1" tot "10".

					175	
	Stabiliteit	Kiemkracht	Zware metalen	Kosten/ tijd		
<b>Factor</b>	5	10	5	15	Totaal	Score
Regulier	1	2	1	1	45	9,4
Regulier + zeil	1	3	1	2	70	8,0
Regulier + Zeil + Microbacterien	1	1	1	4	80	7,4
Regulier + Microbacterien	1	3	1	3	85	7,1
Bokashi	5	5	1	5	155	3,1

Figuur 6 Score tabel

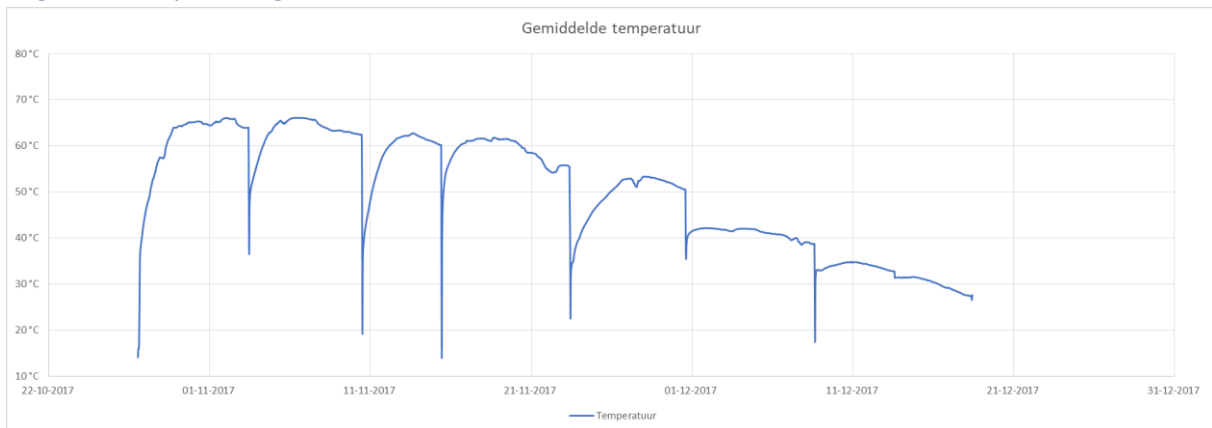
### **3 Resultaten**

In dit hoofdstuk worden de resultaten van de verschillende analyses en metingen gepresenteerd. Paragraaf 3.1 Temperatuur geeft de resultaten van het gemiddelde temperatuur verloop van de compostering weer. Paragraaf 3.2 Kiemkracht geeft de resultaten van de verschillende kiemkracht proeven weer. Paragraaf 3.3 C/N verhouding geeft de resultaten van de koolstof en stikstof bepalingen weer. Paragraaf

3.4 Vochtgehalte laat het verloop van de vochtgehaltenes in de verschillende composthopen zien. Paragraaf 3.5 Organische stof Reguliere compostering laat de afbraak aan organische stof zien in de verschillende composthopen. Paragraaf 3.6 Zware metalen geeft de resultaten weer van het uitbestede onderzoek naar zware metalen in het geproduceerde compostproduct. Paragraaf 3.7 Stabiliteit laat zien hoever de verschillende compostproducten zijn gecomposteerd.

### 3.1 Temperatuur

#### Reguliere compostering

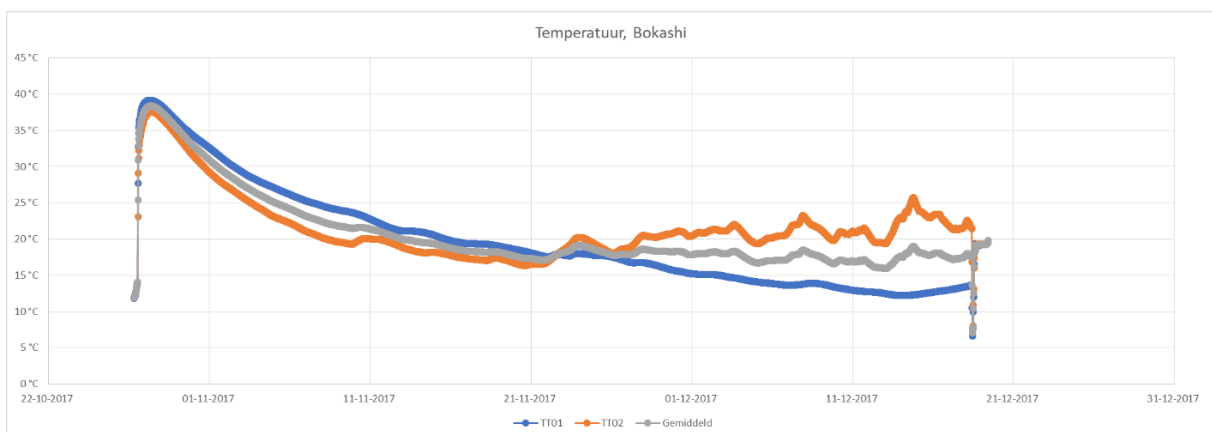


*Figuur 7 Gemiddeld temperatuur verloop composthopen*

Figuur 7 geeft het gemiddelde temperatuurverloop van de, reguliere, composthopen weer. Te zien is dat de temperatuur binnen 3 dagen het hoogste punt bereikt. De plotselinge daling van de temperatuur is te verklaren doordat de temperatuurloggers tijdens het keren de buitentemperatuur meten. Gekozen is voor een gemiddeld temperatuurverloop van de composthopen omdat het temperatuurverloop bij alle hopen overeen komt.

Gedurende het composteringsproces daalt de temperatuur geleidelijk. Dit is te verklaren doordat de bacteriële activiteit afneemt. De daling in temperatuur is tevens een gewenst effect. In bijlage "I: Temperatuur verloop reguliere compostering" zijn de volledige grafieken per composthoop te zien.

#### Bokashi



*Figuur 8 Temperatuur verloop, Bokashi*

Figuur 8 geeft het temperatuur verloop van de bokashi hoop weer. Te zien is de maximale temperatuur binnen een dag is bereikt. Dit is te verklaren door het achtergebleven zuurstof wat

wordt gebruikt door de aerobe bacteriën. Na het afnemen van het zuurstof gehalte is het de taak van de anaerobe bacteriën om het fermentatieproces in gang te zetten. Fermentatie van groenresten verloopt onder een lagere temperatuur. Dat is de reden dat de temperatuur daalt in de loop van de proef. De schommeling van één temperatuurlogger is niet te verklaren. Beide loggers zaten op een gelijke diepte van 60 centimeter in de hoop verwerkt en de hoop is pas blootgesteld aan zuurstof aan het einde van de proef.

### 3.2 Kiemkracht

Tabel 1 Kiemkracht en fytoxiciteit, start compostering

Tijd	Soort	Tuinkers ingezet	Avg. Kieming	Toename kieming	Fytoxiciteit	Onkruiden
Begin	Nul	50	19	nvt.	nvt.	0
	Regulier	50	31	nvt.	-39	0
	Bokashi	50	29	nvt.	-36	0
Eind	Regulier	50	41	10	-54	0
	Regulier + zeil	50	39	9	-53	0
	Regulier + microferm	50	39	9	-53	0
	Regulier + zeil + microferm	50	44	13	-58	0
	Bokashi	50	27	-2	-31	2
	Koen Linders (Blad)	50	30	nvt.	-37	2

Tabel 1 geeft de aantal ontkiemde tuinkersplantjes weer, de waarden zijn de gemiddelden van de in triplo uitgevoerde proef. De waarden boven de dubbele streep zijn van het begin van de compostering en de waarden onder de dubbele streep zijn van het materiaal wat 8 weken heeft gecomposteerd. Vanuit de ontkiemde plantjes kan middels de formule, weergegeven in 2.1.3 Analyses, de fytoxiciteit bepaald worden. Deze geeft een negatieve waarde, zoals te zien in bovenstaande tabel. Een negatieve waarde in de fytoxiciteit wil zeggen dat het materiaal geen negatief effect heeft op de kieming van de gezaaide tuinkers (emis, 2005). Een negatieve waarde van de fytoxiciteit wil zeggen dat het de kieming bevordert.

De kieming van de tuinkers is toegenomen voor alle vormen van regulier composteren, dit is te verklaren doordat de nutriënten na het composteren geleidelijk vrij komen en daardoor makkelijker door de planten opgenomen wordt (Postma & Brinkman, 2015). De fytoxiciteit is daarom bij de reguliere vormen van composteren lager geworden. De fytoxiciteit bij bokashi is echter toegenomen, tuinkers groeit minder goed in het eind materiaal dan in het beginmateriaal.

De laatste kolom van Tabel 1 geeft het gemiddelde aantal onkruiden weer welke na 3 weken waargenomen zijn. Te zien is dat alleen in de bokashi onkruiden zijn gegroeid. Deze onkruiden bestonden uit kleine paddenstoelen. Figuur 9 geeft een paddenstoel weer welke is gegroeid in het bokashi materiaal.



Figuur 9 Paddenstoel gegroeid in het bokashi materiaal

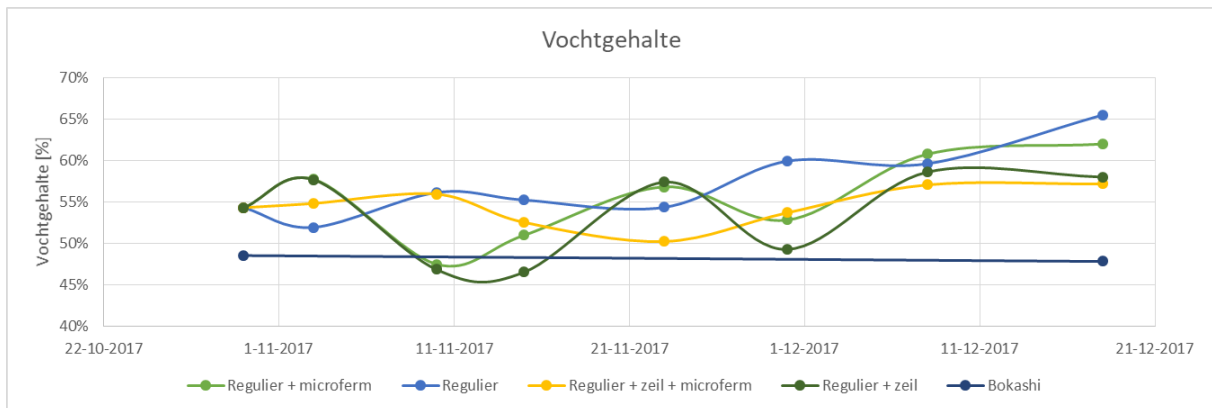
### 3.3 C/N verhouding

Tabel 2 C/N verhouding

Tijd	Soort	Koolstof [mg/g]	Stikstof [mg/g]	C/N Ratio
Begin	Regulier (meng monster)	143,33	10,98	<b>13</b>
	Bokashi	141,03	11,66	<b>12</b>
Eind	Regulier	127,21	11,10	<b>11</b>
	Regulier + zeil	132,30	12,04	<b>11</b>
	Regulier + bacteriën	130,06	14,58	<b>9</b>
	Regulier + zeil + bacteriën	121,51	10,28	<b>12</b>
	Bokashi	136,66	11,83	<b>12</b>

Tabel 2 geeft de gehalten stikstof en koolstof weer in het beginmateriaal en in het compostproduct. Middels deze waarden is de C/N ratio bepaald. Te zien is dat de C/N ratio in de reguliere composthoppen is gedaald. Dit is te verklaren doordat de bacteriën welke voor het composteerproces zorgen, koolstof hebben omgezet in koolstofdioxide (CO<sub>2</sub>). Door middel van een organische stof bepaling is het koolstof gehalte bepaald.

### 3.4 Vochtgehalte

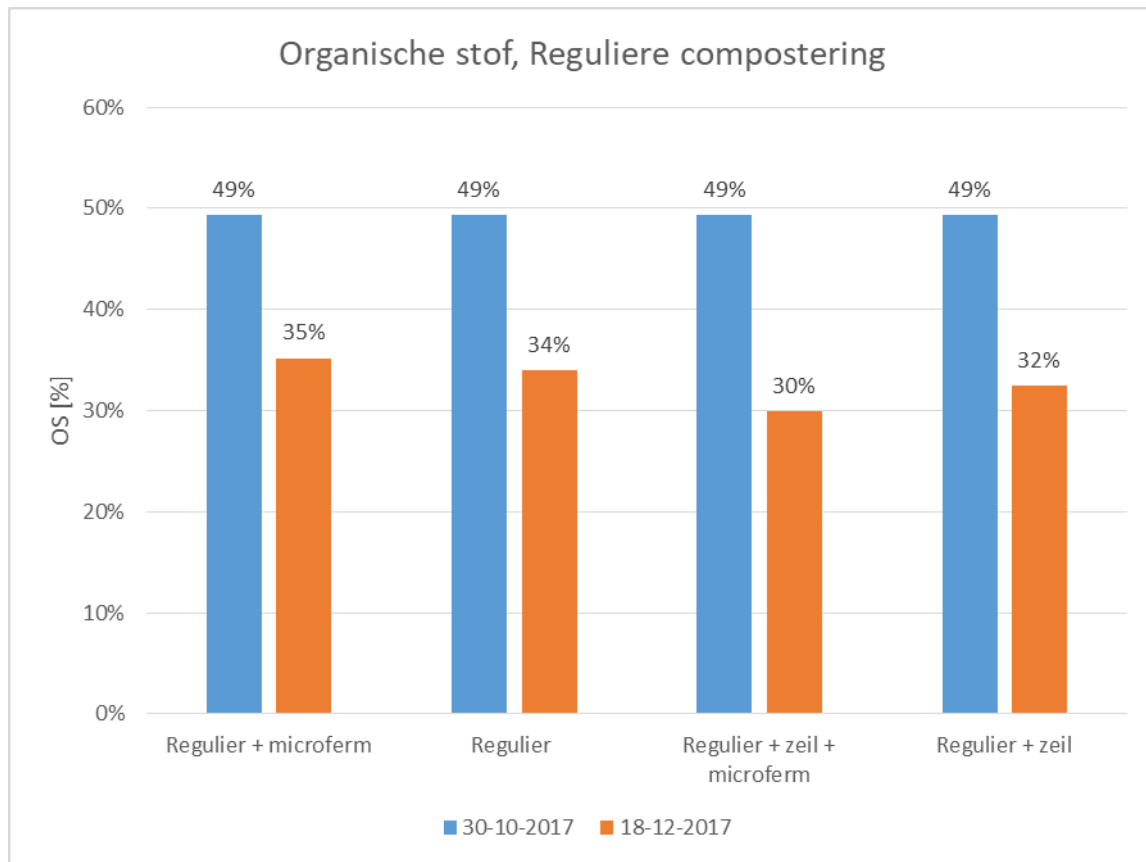


Figuur 10 Vochtgehalte, Reguliere vormen van composteren

Figuur 10 geeft het verloop van het vochtgehalte weer in de verschillende composthoppen. Te zien is dat het vochtgehalte schommelt. Dit is te verklaren door de regen- en sneeuwval in de periode dat de proef heeft plaatsgevonden, zie Figuur 21, Figuur 22, Figuur 23 en Figuur 24 in bijlage "II: Weergegevens Volkel gedurende proefperiode" voor de weercijfers van weerstation Volkel tijdens de proefperiode. Het vocht van de regen en de sneeuw is, deels, gemengd in de hoppen zodat het vochtgehalte is opgelopen. Het effect van de regen- en sneeuwval is het hoogst bij de vormen waar geen zeil (worteldoek) aan is toegevoegd. Dit is te verklaren doordat de sneeuw en regen een kleinere kans vinden om te infiltreren in de composthoppen. Het aanbrengen van worteldoek resulteert in een vochtgehalte wat, ten opzichte van het begin, niet is veranderd. Het vochtgehalte in de hoppen waar geen worteldoek aan is toegevoegd, is in beide gevallen gestegen.

De donkerblauwe lijn in Figuur 10 geeft het verloop van het vochtgehalte weer in de bokashi hoop. Te zien is dat het vochtgehalte nagenoeg gelijk is gebleven. Dit is te verklaren doordat de bokashi hoop luchtdicht wordt afgesloten.

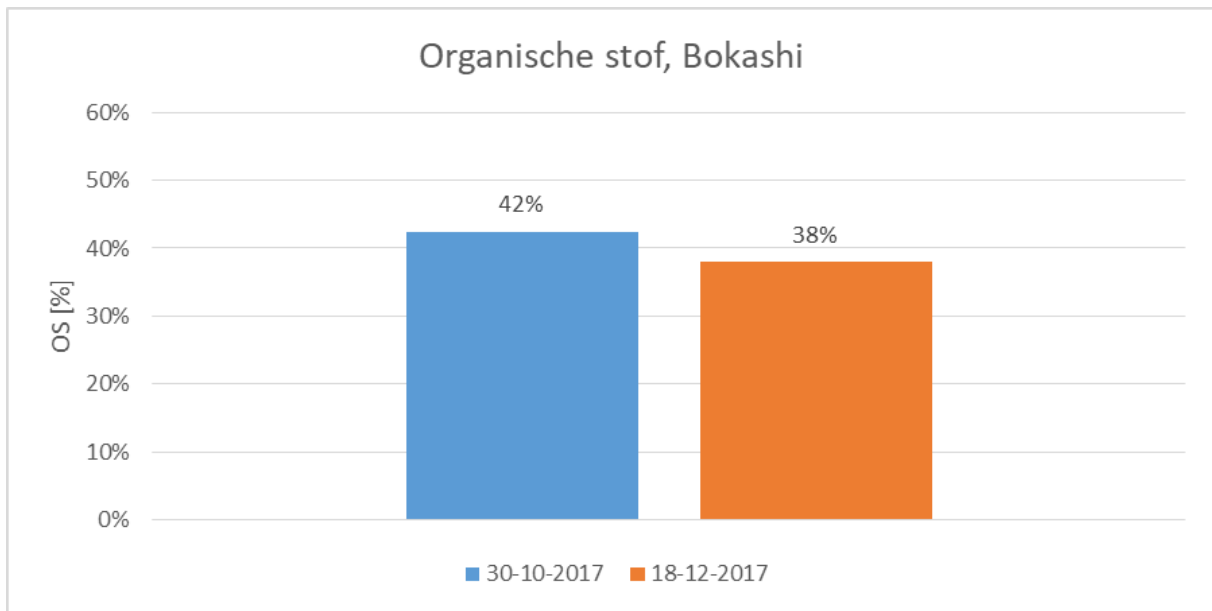
### 3.5 Organische stof Reguliere compostering



Figuur 11 Organische stof, reguliere compostering

Figuur 11 geeft de afname van het organisch stof gehalte weer in de reguliere compostering. De begin waarde (blauw) zijn allemaal gelijk (49%). De reden is dat één mix is gemaakt van de verschillende restmaterialen en deze is verdeeld over de vier verschillende composthoven. De afname van organische stof is te verklaren doordat micro-organismen, gedurende het composteringsproces, organisch materiaal omzetten in CO<sub>2</sub>, water en warmte. Tevens is te zien dat de afname bij de composthoven waar worteldoek aan toe is gevoegd, de afname van organische stof hoger is dan bij de reguliere vormen van composteren zonder de toevoeging van worteldoek.

## Bokashi



Figuur 12 Organische stof, bokashi

Figuur 12 geeft de afname in organische stof weer in de bokashi hoop. Te zien is dat de afname in organische stof in de bokashi hoop niet zo groot is als bij de verschillende vormen van regulier composteren, weergegeven in Figuur 11. Dit is te verklaren doordat bij bokashi de afbraak van organische stof wordt geremd (Kuenen, 2017).

### 3.6 Zware metalen

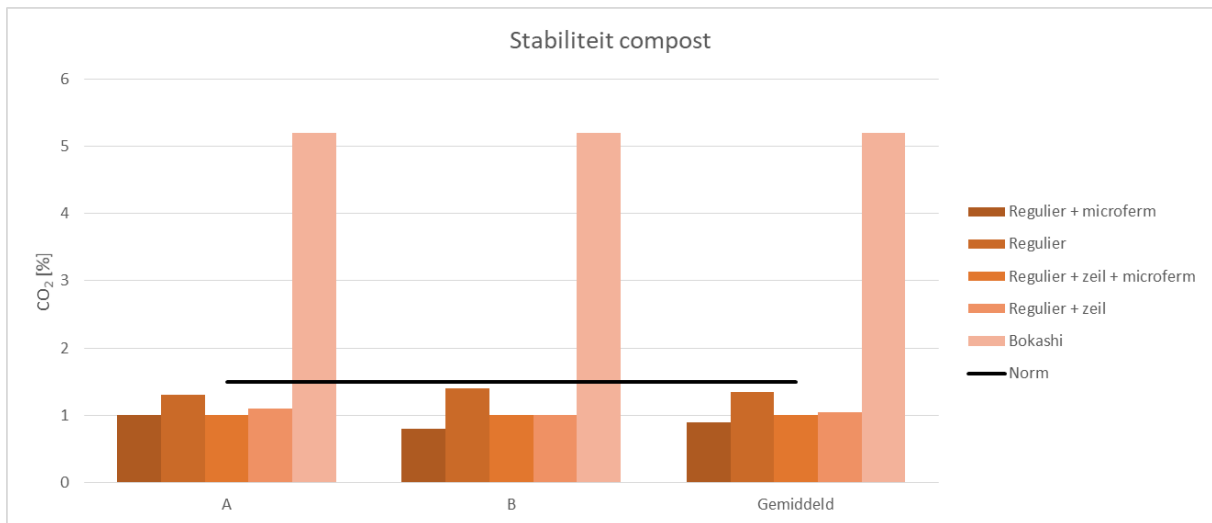
Tabel 3 Zware metalen in het compostproduct. De eenheid van de waarden is [mg/kg droge stof]

Naam	Arseen (As)	Cadmium (Cd)	Chroom (Cr)	Koper (Cu)	Kwik (Hg)	Nikkel (Ni)	Lood (Pb)	Zink (Zn)
Regulier + microferm	<5,0	0,48	6,6	12	<0,10	<5,0	12	75
Regulier	<5,0	<0,40	6,4	8,2	<0,10	<5,0	<10	51
Regulier + zeil + microferm	<5,0	0,44	6,4	12	<0,10	<5,0	12	72
Regulier + zeil	<5,0	0,44	6,6	12	<0,10	<5,0	12	73
Bokashi	<5,0	<0,40	6,4	12	<0,10	<5,0	11	58
<b>Norm</b>	<b>15</b>	<b>1</b>	<b>50</b>	<b>90</b>	<b>0,3</b>	<b>20</b>	<b>100</b>	<b>290</b>

Tabel 3 geeft de resultaten weer van de analyses op zware metalen. De groene kleur van de waarden geeft aan dat de waarden onder de norm vallen, een rode kleur geeft aan dat de waarde de norm overschrijden. Zoals te zien in bovenstaande tabel, vallen alle waarden binnen de norm.



### 3.7 Stabiliteit

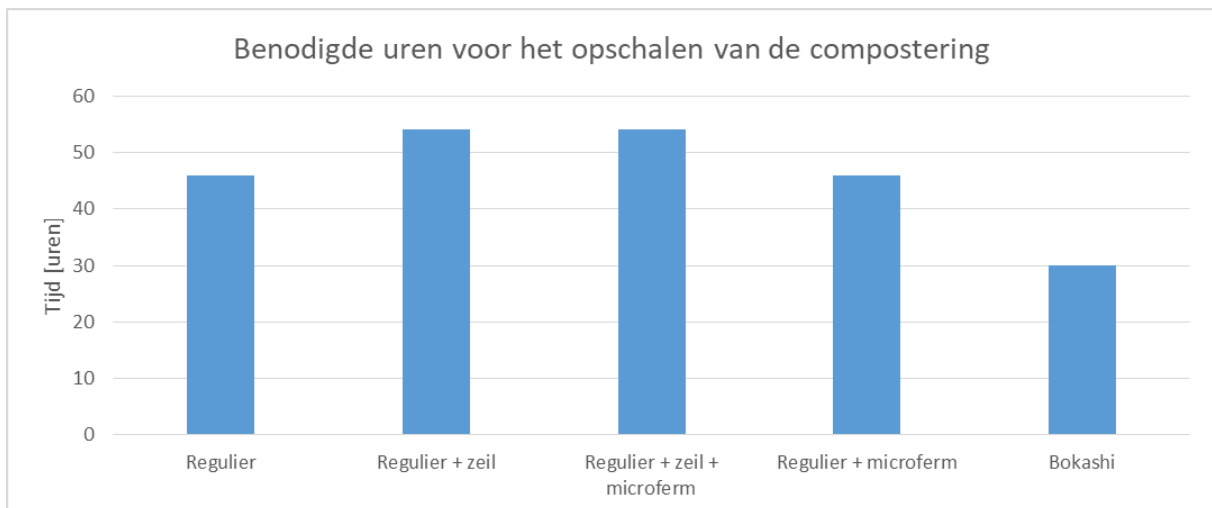


*Figuur 13 Stabiliteit van het eindproduct in duplo (De waarde van Bokashi zijn buiten meetbereik wat betekend dat ze >5,2% zijn)*

Figuur 13 geeft de stabiliteit van de verschillende eindproducten weer. Te zien is dat alle vormen van regulier composteren en het composteren van alleen bladafval, een stabiel product geven. Bokashi zit ver boven de gestelde norm van 1,5% CO<sub>2</sub>. Dit is te verklaren doordat bokashi een ‘halffabricaat’ is. Dat betekent dat na het fermenteren de afbraak van organische stof verder gaat wanneer bokashi in contact komt met de lucht (Branche Vereniging Organische Reststoffen, 2017).

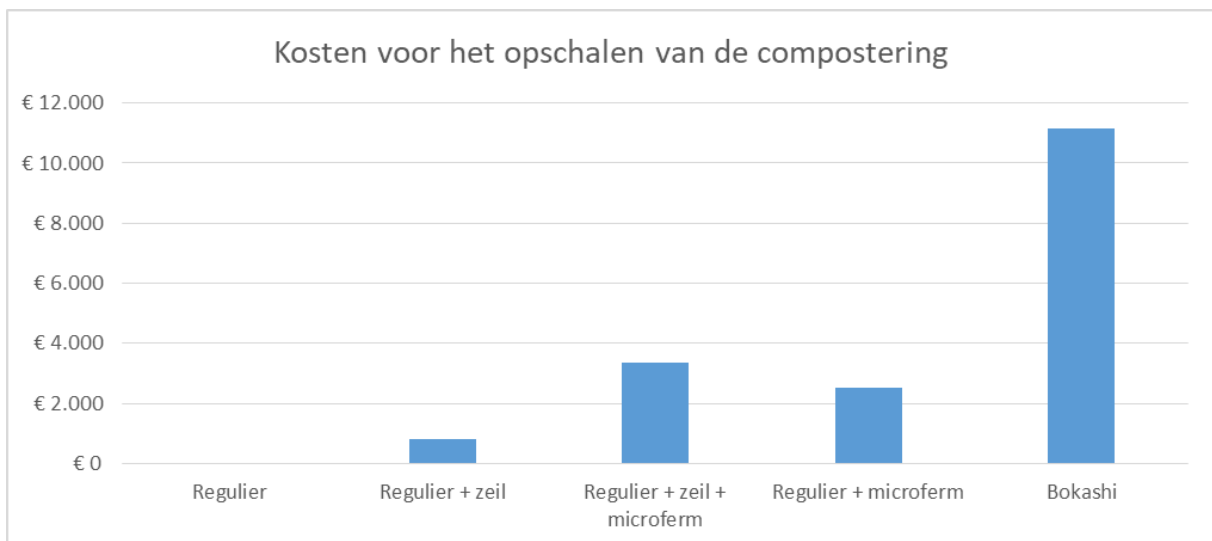
### 3.8 Opschaling compostering

De kosten en uren die verwacht worden bij het opschalen van de compostering zijn weergegeven in Figuur 14 en Figuur 15. De waarden zijn gebaseerd op een compostering van 600 m<sup>3</sup>. Dit is de maximale toegestane hoeveelheid restmateriaal wat op eigen terrein gecomposteerd mag worden. De kosten berekening is gemaakt middels gegevens uit de proeflocatie. De kosten van microferm, kleimineralen, zeeschelpenkalk, worteldoek en landbouwplastic zijn verkregen via Vlamings BV. De uren en kosten zijn een som van alle uren en kosten die gedurende 8 weken gemaakt worden. De kostenberekening die ten grondslag ligt aan de figuren hieronder is te vinden in bijlage “V: Kostenberekening opschalen van proefopstelling tot compostering van 600 m<sup>3</sup>”.



Figuur 14 Benodigde uren voor het opschalen van de compostering

In Figuur 14 is te zien dat bokashi het minste werk kost. Dit is te verklaren doordat het enkel ingekuild wordt. Dit is voor de ondernemers bekend en zal daarom minder tijd in beslag nemen. Het onderstoppen van de hopen met worteldoek neemt ook meer tijd in beslag dan bij de hopen waar dit niet van toepassing is.



Figuur 15 Kosten voor het opschalen van de compostering

In Figuur 15 is te zien dat voor bokashi de hoogste kosten in rekening worden gebracht. Dit is te verklaren door het groot aantal toevoegingen dat nodig is om een bokashi hoop op te starten. Verder is te zien dat voor regulier composteren zonder toevoegingen geen extra kosten in rekening worden gebracht. De kosten die gemaakt worden middels het gebruik van een trekker, shovel of andere landbouwmachine zijn niet berekend omdat deze voor elke ondernemer verschillend zijn. Wel zijn de uren die een ondernemer kwijt is voor het beheer van de composthopen meegenomen in de berekening, de resultaten hiervan zijn te zien in Figuur 14.

## 4 Conclusies, aanbevelingen en discussie

In dit hoofdstuk wordt antwoord gegeven op de deelvragen en wordt middels de algehele conclusie antwoord gegeven op de hoofdvraag.

### 4.1 Conclusie deelvragen

*Wat zegt de wet- en regelgeving over composteren van meerdere reststromen op één locatie, en waar dient deze aangepast te worden wanneer een dergelijke compostering wordt opgeschaald?*

De huidige wet- en regelgeving staat composteren van meerdere restmaterialen op één particuliere locatie niet toe. Dit staat beschreven in de wet NIWO.

*Welke manieren van composteren zijn er?*

Het composteren tot groencompost gebeurt enkel door het substraat te verkleinen, mengen en het op ruggen te rijden. Toevoegingen kunnen gedaan worden om het composteerproces te sturen. Zo kunnen beluchtingsvloeren en water sproeiers toegevoegd worden om te kunnen sturen op vochtigheid en zuurstof. Daarnaast kan de compostering ook afgedekt worden middels ademende zeilen of overkappingen. Voor deze proef is gekozen voor toevoegingen die voor handen zijn, of gemakkelijk te realiseren zijn voor de doelgroep, om zo de drempel tot composteren zo laag mogelijk te houden. Het toevoegen van lucht is in deze niet nodig omdat groen materiaal langzamer composteert dan GFT afval en daardoor is de natuurlijke luchtstroom door de composthoop voldoende. De toevoegingen die zijn mee genomen in dit onderzoek zijn: microbacteriën en worteldoek. Deze vier vormen van regulier composteren zijn vergeleken met bokashi welke ook onderzocht is door de projectgroep.

*Welke reststromen zijn beschikbaar voor dit onderzoek vanaf 23 oktober en wat is de kwaliteit van deze reststromen?*

De beschikbare reststromen voor het project zijn: bladafval van de Gemeente Sint Anthonis, bermmaaisel van de Gemeente Sint Anthonis, komkommerresten van Tielemans Groentekwekerij te Boekel en slootveegsel van J. Verstraten te Westerbeek. Van deze verschillende reststromen is een ideale mix gemaakt welke is onderzocht op kiemkracht, vochtgehalte, C/N verhouding en organische stof gehalte.

*Welke (technische) parameters hebben effect op de kwaliteit van de compostering? En in welke mate hebben deze effect op de kwaliteit van de geproduceerde compost?*

De parameters welke effect hebben op de kwaliteit van het compostproduct zijn de temperatuur, het vochtgehalte en de C/N verhouding. Wanneer de temperatuur niet op de gewenste 65°C is geweest, treedt geen hygiënisatie op. Dit betekent dat de aanwezige onkruidzaden niet zijn gedood en kunnen gaan kiemen wanneer de compost wordt uitgereden op het land. Wanneer het vochtgehalte niet tussen de gewenste 50 en 60% ligt, wordt de bacteriële activiteit niet hoog genoeg waardoor de temperatuur niet hoog genoeg zal oplopen. Dit zelfde geldt voor de C/N verhouding, welke tussen 25-35 moet liggen voor compost substraat.

*Hoe kan het composteringsproces gestuurd/beïnvloed worden? (Gekeken naar parameters en fysieke omstandigheden)*

In dit project is middels het toevoegen van microbacteriën en worteldoek gekeken of de compostering positief te beïnvloeden is. Gebleken is dat composteringen waarbij deze toevoegingen zijn gebruikt, vergelijkbare resultaten geven met een vorm van composteren waarbij niks is toegevoegd. Hieruit kan geconcludeerd worden dat de compostering niet tot nauwelijks gestuurd/beïnvloed kan worden middels het toevoegen van microbacteriën en worteldoek.

Het keren van de composthopen heeft effect op het vochtgehalte. Wanneer de composthopen een te hoog vochtgehalte hebben, is meer keren een van de oplossingen om dit gehalte te laten dalen.

Daarnaast kan middels het keren van de hoop een temperatuursdaling worden veroorzaakt.

Gebleken is dat het van belang is om de juiste mix van materialen te gebruiken. Het composteren van alleen bladafval, wat Koen Linders heeft gedaan, levert geen product van dezelfde kwaliteit als het composteren van een mengsel van meer reststromen.

*Wat is de uiteindelijke compostkwaliteit (in relatie tot bodemtoepassingen)?*

Het geproduceerde compostproduct, met uitzondering van bokashi, is van dermate goede kwaliteit dat het uitgereden kan worden op het land. De bokashi hoop heeft niet al het materiaal gefermenteerd.

## 4.2 Conclusie hoofdvraag

De vooraf geformuleerde hoofdvraag is hieronder weergegeven.

*“Wat is de meest haalbare manier van coöperatief composteren om een kwalitatief hoogwaardig compostproduct te produceren, die als bodemverbeteraar kan worden ingezet, binnen de projectgrens van Agro As de Peel?”*

Gekeken naar verschillende parameters, komt regulier composteren zonder toevoegingen het beste uit de verf. Het gemak van het enkel inkuielen van de Bokashi weegt niet op tegen het verschil in kosten en kwaliteit met regulier composteren. Dit is te zien in Figuur 16. De scores in deze grafiek zijn bepaald door te bepalen welke techniek het hoogst heeft gescoord op de parameters: Stabiliteit, Kiemkracht, Zware metalen en Kosten/tijd. De tabel met de behaalde score per parameter is te zien in bijlage “V: Kostenberekening opschalen van proefopstelling tot compostering van 600 m<sup>3</sup>”.



*Figuur 16 Score van verschillende vormen van composteren en bokashi*

### 4.3 Aanbevelingen

In dit hoofdstuk zijn de aanbevelingen welke voortgekomen zijn uit het onderzoek geformuleerd.

- Voor het composteren op eigen terrein en op coöperatieve schaal wordt geadviseerd gebruik te maken van reguliere compostering zonder enige toevoegingen. Deze techniek brengt de minste kosten met zich mee en dat geeft de uiteindelijke doorslag in de keuze. De kwaliteit van de vier onderzochte vormen van regulier composteren geven een compostproduct van vergelijkbare kwaliteit.
- Geadviseerd wordt om meer onderzoek te doen naar de meest geschikte coöperatie vorm voor het composteren van groenresten binnen Agro As de Peel. Probeer gebruik te maken van de professionele composteerders. Zij hebben de kennis en vergunningen in huis en dit zijn de twee belangrijkste en lastigst te verkrijgen middelen.
- Wanneer toch voor een zelfstandige coöperatie gekozen wordt, is het van belang dat de kosten die daarmee gemoeid zijn duidelijk in kaart gebracht worden. De kostenberekening in dit onderzoek is gebaseerd op de kosten die gemaakt zijn met de proefcompostering. Wellicht vallen deze kosten lager uit wanneer in bulk ingekocht wordt. Tevens moeten de kosten voor een locatie, transport, vergunningen en materieel in deze berekening worden meegenomen.
- Wat betreft de wet- en regelgeving ziet de projectgroep nog wel een aantal beren op de weg voor de opdrachtgever en vervolgprojecten. Om te kunnen garanderen dat het idee van "coöperatieve compostering" een mogelijkheid heeft tot succes, zal de wet- en regelgeving moeten worden veranderd dan wel niet worden versoepeld. Waarbij de projectgroep gebruik heeft kunnen maken van vrijstellingen kan een agrariër dit niet. Nauw contact met de provincie is hierbij van groot belang.

## 4.3 Discussie

In deze paragraaf worden de behaalde resultaten ter discussie gesteld. Daarnaast worden zaken die betrekking hebben op eventuele vervolgstudies en of gebruik van deze rapportage ter discussie gesteld.

### 4.2.1 Resultaten

Gedurende de analyses van de verschillende compostproducten zijn een aantal onvoorziene omstandigheden opgetreden. Voor de stabiliteitsanalyse zijn twee klimaatkasten gebruikt die de compost op een constante temperatuur dienden te houden van 40 graden Celsius. Echter heeft de klimaatkast met de monsters van: regulier + zeil, regulier + microferm en regulier + zeil + microferm, in een klimaatkast gestaan waar de temperatuur enkel 30 graden was. Voorafgaand aan de proef zijn beide klimaatkasten opgewarmd tot 40 graden. Na 2 uur bleek de desbetreffende klimaatkast te zijn gezakt tot 30 graden. Deze geleidelijke temperatuuurdaling kan invloed hebben gehad op de resultaten van de stabiliteitsproef.

Bij de kiemkracht proef en fytotoxiciteit bepaling is een duur van 3 weken aangehouden. Deze duur is gekozen vanwege onoverkoombaar tijdsgebrek. Dit betekent dat het mogelijk is dat zaden niet gekiemd zijn die later wel kunnen kiemen. De projectgroep verwacht dat er geen actieve onkruidzaden achter zijn gebleven in het compostproduct van de reguliere composttechnieken, omdat dermate hoge temperaturen zijn bereikt.

### 4.2.2 Toekomst

Voor het keren van de composthoppen is een shovel met voorlader gebruikt. Deze shovel maakt in tegenstelling tot conventionele keermachines geen gebruik van een frees. Dit betekent dat de composthoppen mogelijk niet optimaal gekeerd zijn. Dit kan effect hebben op de compostering doordat verdichting en daarmee een gebrek aan zuurstof kan ontstaan. Visueel was dit niet zichtbaar, maar dat is geen garantie dat het niet heeft opgetreden.

Het mengen van het te composteren groene restmateriaal is voorafgaand aan de proefopstelling gedaan middels een voer-meng-wagen. Opnieuw wordt hier geen gebruik gemaakt van een frees waardoor het restmateriaal niet optimaal wordt gemengd. Hoewel het gros van de materialen goed gemengd leken te zijn, waren er zichtbaar "klompen" bermmaaisel aanwezig die niet mengde met andere materialen.

Daarnaast zijn voor de berekening van de opschaling de gegevens van de proefopstelling gebruikt. Deze gegevens zijn een op een vermenigvuldigd met de schaal die nodig is voor opschaling. Aannemelijk is dat bij opschalen het keren van de composthoppen relatief gemakkelijker wordt en daardoor minder tijd in beslag neemt. Dit geldt ook voor de gemaakte kosten. Wanneer materialen in bulk kunnen worden ingekocht kan de prijs wellicht lager worden.

De compostproef heeft gedraaid in de late herfst en het begin van de winter van 2017. De composthoppen zijn blootgesteld aan de weersomstandigheden van dit specifieke jaar. Elk jaar is anders, waardoor eventueel andere waarnemingen gedaan kunnen worden in andere jaargetijden. Echter is aannemelijk dat soortgelijke composteringen in warmere en drogere maanden even goed of zelfs beter presteren, mits het vochtgehalte op peil gehouden wordt, vanwege de hogere temperaturen.

## Bibliografie

- Besluit. (2012). *ANORGANISCHE ANALYSEMETHODEN/COMPOST - FYTOTOXICITEIT*. België: Belgisch staatsblad.
- Bodemacademie. (2016, 11). *De winst van groencompost*. Opgehaald van Website van bodemacademie: <http://bodemacademie.nl/wp-content/uploads/2016/11/Compost.pdf>
- Branche Vereniging Organische Reststoffen. (2017). *De Bokashi-hype ontrafeld*. Wageningen: BVOR.
- Brewer, L. J., & Sullivan, D. M. (2008). *A Quick Look At Quick Compost Stability Tests*. The JG Press, Inc. Opgehaald van <http://compostingcouncil.org/wp/wp-content/uploads/2014/02/1-QuickStabilityTests.pdf>
- Certificeringscommissie Keurcompost. (2015). *Beoordelingsrichtlijn Keurcompost versie 4.0*. Wageningen: Certificeringscommissie Keurcompost.
- CLM Onderzoek en Advies B.V. (2016). *De winst van groencompost*. Culemborg: CLM. Opgehaald van <https://www.clm.nl/uploads/nieuws-pdfs/Compost-min.pdf>
- Custers, B., Janssen, R., Potters, P., & Tönnissen, M. (2017). *Gebruik organische reststromen voor bodemverbetering*. 's-Hertogenbosch: HAS Kennistransfer en bedrijfsopleidingen.
- Dijk, A. v. (2017, Oktober). Docente Chemie HAS hogeschool. (C. W. Luuk Coopmans, Interviewer)
- DINOLOKET. (2017, september). *Ondergrondmodellen bekijken en aanvragen*. Opgehaald van [Dinoloket.nl: https://www.dinoloket.nl/ondergrondmodellen](https://www.dinoloket.nl/ondergrondmodellen)
- emis. (2005, Juli). Fytotoxiciteit. *Belgisch Staatsblad*, pp. 1-3. Opgehaald van [https://esites.vito.be/sites/reflabos/2012/Online%20documenten/CMA\\_2\\_IV\\_12.pdf](https://esites.vito.be/sites/reflabos/2012/Online%20documenten/CMA_2_IV_12.pdf)
- emis. (2012). *Fytotoxiciteit*. Belgisch Staatsblad. Opgehaald van [https://esites.vito.be/sites/reflabos/2013/Online%20documenten/CMA\\_2\\_IV\\_12.pdf](https://esites.vito.be/sites/reflabos/2013/Online%20documenten/CMA_2_IV_12.pdf)
- Fraters, B., Boumans, L., van Leeuwen, T., & Reijs, J. (2007). *De uitspoeling van het stikstofoverschot naar grond-en oppervlaktewater op landbouwbedrijven*. Bilthoven: RIVM.
- Geerts, A. (2017, september 18). Composteerexpert praktijkproeven. (L. H. L. Coopmans, Interviewer)
- Geerts, A. (2017, September 18). Opzetten compostering. (C. Wilting, L. Coopmans, & L. van Haaster, Interviewers)
- Huybrechts, D., & Vrancken, K. (2005). *Beste Beschikbare Technieken (BBT) voor composteer- en vergistingsinstallaties*. Gent: Wetenschappelijke Boekhandel J. STORY-SCIENTIA BVBA.
- KNMI. (2017, October - December). *Weergegevens van Volkel*. Opgehaald van Website van [weergegevens.nl](http://weergegevens.nl): <http://weergegevens.nl/averages.aspx?jaar=2017&maand=10&dag=27&jaar2=2017&maand2=12&dag2=18&station=375>

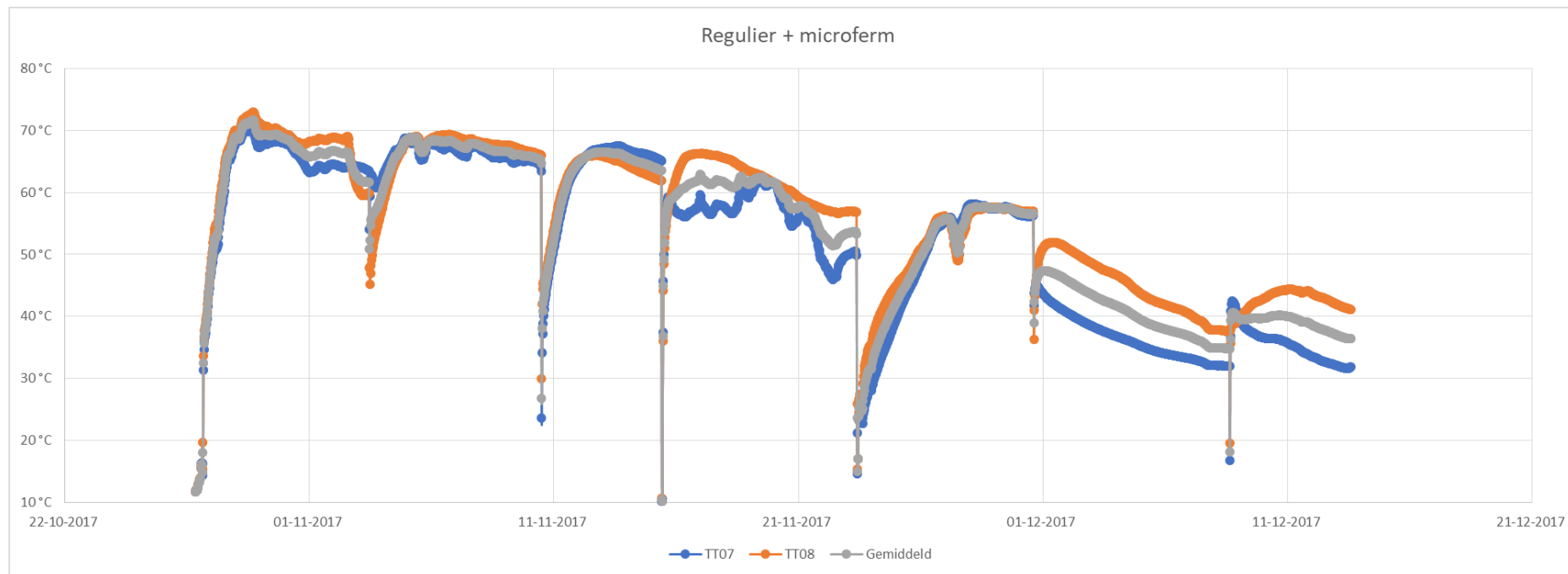


- Kueneen, K. (2017). Fermenteren van organisch materiaal. *Stad + Groen*, 94 - 99. Opgehaald van <http://www.mulderagro.nl/images/2017/Fermenteren%20van%20organisch%20materiaal.pdf>
- Lokven, M. v. (2017). *Eiwitbepaling via N-Kjeldahl*. S'-Hertogenbosch: HAS hogeschool.
- Louis Bolk Instituut. (2014). *Wat is goede compost?* Wageningen: Wageningen UR, Communication Services. Opgehaald van <http://edepot.wur.nl/326324>
- Meijering, L. (2017, December 2017). Zo verhoog je het gehalte organische stof. *Boerderij*. Opgehaald van <http://www.boerderij.nl/Akkerbouw/Achtergrond/2017/12/Zo-verhoog-je-het-gehalte-organische-stof-218930E/>
- (2005). *NEN 5754*. Nederlandse norm NEN.
- NEN, N. n. (2005). *NEN 5754 Bodem - Bepaling van het gehalte aan organische stof op massabasis in grond en waterbodem volgens de gloeiverliesmethode*. NEN.
- NIWO. (2017, November 10). *Afvalstoffen VIHB*. Opgehaald van Kwaliteit in transport begint bij de NIWO: <http://www.niwo.nl/pagina/112/aanvragen/afvalstoffen/vihb-registratie.html>
- Overheid. (2017, November 10). *Uitvoeringsregeling Meststoffenwet*. Opgehaald van Website van wetten.overheid: [http://wetten.overheid.nl/BWBR0018989/2017-11-10#search\\_highlight0](http://wetten.overheid.nl/BWBR0018989/2017-11-10#search_highlight0)
- Postma, R., & Brinkman, A. (2015). De waarde van compost als bodemverbeteraar. *Compost sleutel tot een vruchtbare bodem. Speciale uitgave BVOR-Nieuwsbulletin*, 8-11.
- Postma, R., & Ros, G. (2017). *Het gebruik van organische bodemverbeteraars in relatie tot het mestbeleid*. Wageningen: Nutriënten Management Instituut NMI B.V.
- Reinink, M. W. (2001). *De composttoilet in Nederland: een praktisch onderzoek naar de haalbaarheid van composttoiletten in Nederland*. Eindhoven: TU/eindhoven.
- RVO. (2017, Maart 20). *Berekenen werkelijk fosfaatgebruik*. Opgehaald van Rijksdienst voor Ondernemend Nederland: <https://www.rvo.nl/onderwerpen/agrarisch-ondernemen/mest-en-grond/gebruiksruimte-berekenen/fosfaat-gebruiksnorm-en-ruimte/berekenen-werkelijk-gebruik>
- Schokker, J., de Lang, F., & al., e. (2005, Mei). *Formatie van Boxtel*. Opgehaald van Website van DINOLoket: <https://www.dinoloket.nl/formatie-van-boxtel>
- Stadslandbouw. (sd). *Composteren Principes & praktijk*. Stadslandbouw.
- Theije, L. d. (2017). *Proeftuin voor vernieuwing in voedsel- en biobased productie*. Opgeroepen op September 5, 2017, van Website van Agri Food Capital: <http://www.agrifoodcapital.nl/nl/projecten/id-3333/agro-as-de-peel/>
- UR, W. U. (2016). *Compostpower! -GFT geschikt voor beheersing van planenziekten?-*. Wageningen: UR.

- van Dam, A. M. (2007). *Composteren van organisch afval*. Bennekom: Drukkerij Modern.
- van Eerten-Jansen, M. (2017, September 11). Overleg afstudeeropdracht. (L. Coopmans, L. van Haaster, & C. Wilting, Interviewers)
- van Eerten-Jansen, M., Peeters, S., & Lamers, D. (2016). *Bodemverbetering in Agro As de Peel door het gebruik van organische reststromen*. 's-Hertogenbosch: HAS Kennistransfer en Bedrijfsopleidingen - project 6655COO4.
- Wageningen University. (sd). *Compostpower!* Wageningen: WUR. Opgehaald van [https://www.wur.nl/upload\\_mm/b/e/0/af502704-8a1e-4538-9820-b8e8d1e0aa92\\_Handleiding%20Experiment%20Compostpower\\_leerling.pdf](https://www.wur.nl/upload_mm/b/e/0/af502704-8a1e-4538-9820-b8e8d1e0aa92_Handleiding%20Experiment%20Compostpower_leerling.pdf)
- Wageningen University. (sd). *Compostpower! -GFT geschikt voor beheersing van plantenziekten?-*. Opgehaald van [https://www.wur.nl/upload\\_mm/b/e/0/af502704-8a1e-4538-9820-b8e8d1e0aa92\\_Handleiding%20Experiment%20Compostpower\\_leerling.pdf](https://www.wur.nl/upload_mm/b/e/0/af502704-8a1e-4538-9820-b8e8d1e0aa92_Handleiding%20Experiment%20Compostpower_leerling.pdf)
- Willekens, K. &. (2014). *Wat is goede compost?* . Opgehaald van BioKennis: [//libraby.wur.nl/WebQuery/wurpubs/fulltext/326324](http://libraby.wur.nl/WebQuery/wurpubs/fulltext/326324)
- WUR. (sd). *Organischesofbeheer - Organische stof*. Opgehaald van Hanboek Boem en Bemesting: <https://subsites.wur.nl/nl/handboekbodemenbemesting/Handeling/Organische-stofbeheer/Organische-stof.htm>

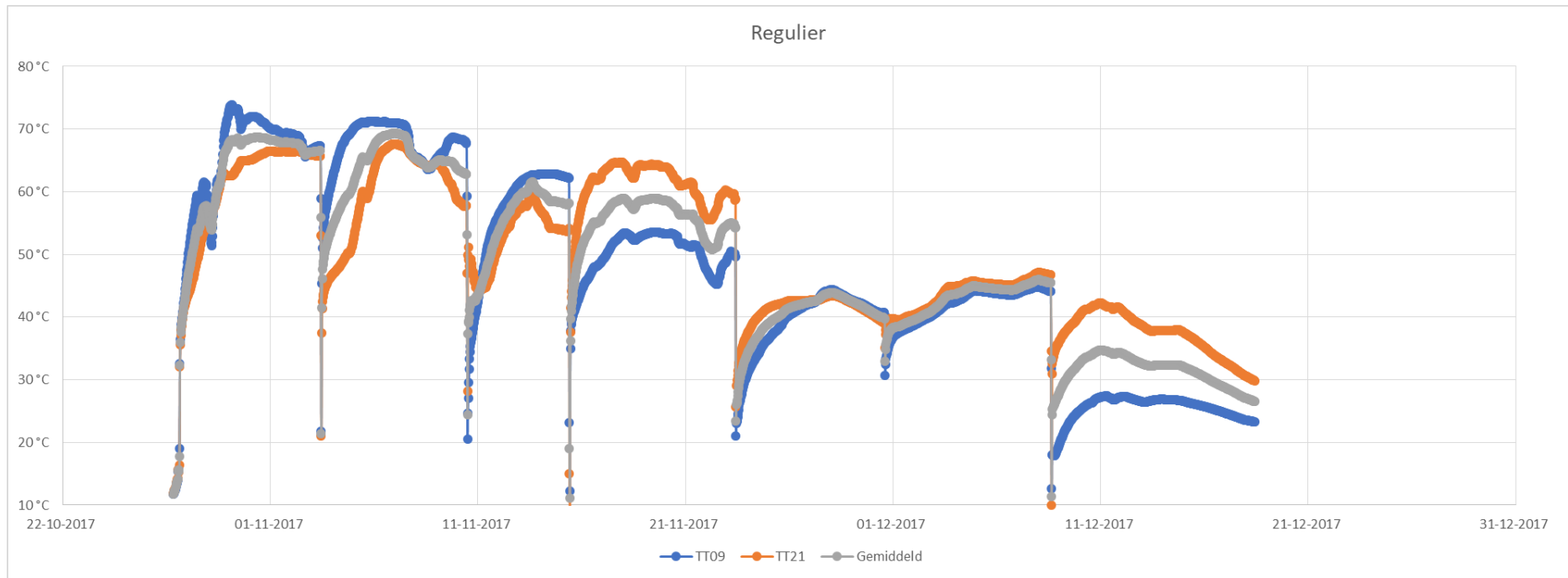
## Bijlagen

### I: Temperatuur verloop reguliere compostering



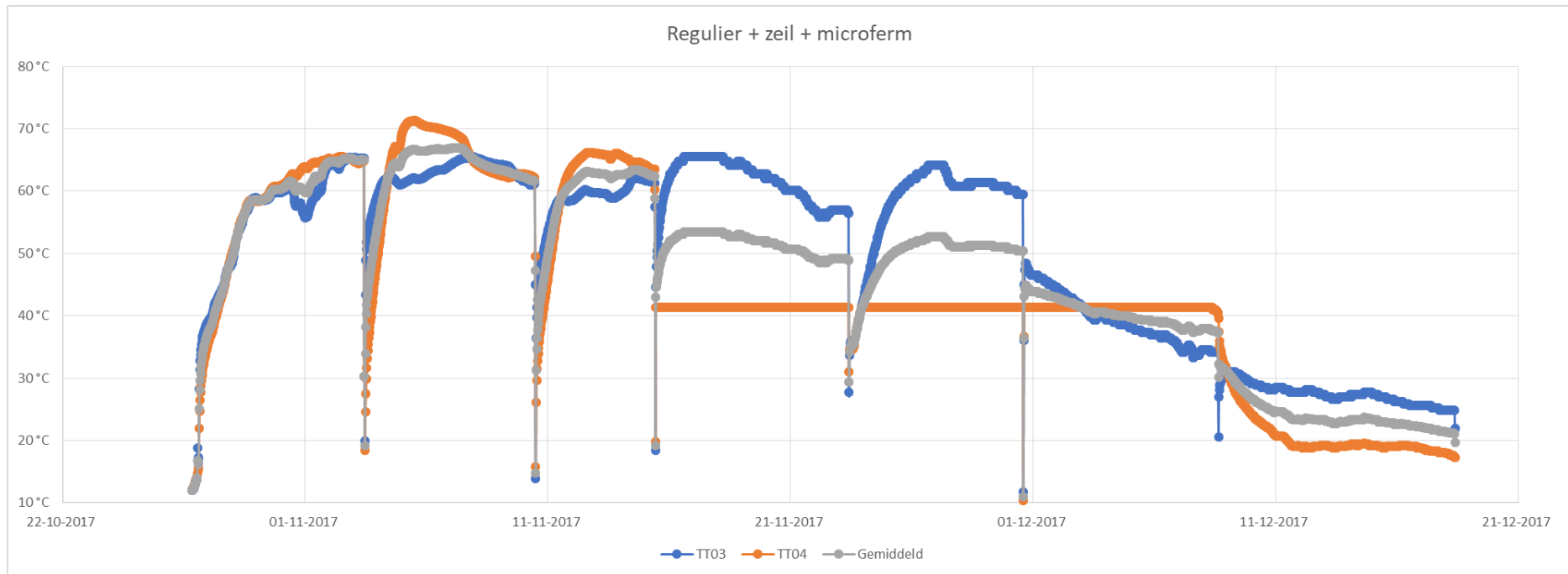
*Figuur 17 Temperatuur verloop, Regulier + microferm*

Figuur 17 geeft het temperatuur verloop in de composthoop, met als extra toevoeging microferm, weer. De blauwe en oranje lijn geven de temperatuur metingen van de twee verschillende loggers weer. De grijze (middelste) lijn geeft het gemiddelde temperatuur verloop van deze composthoop weer. TT07 en TT08 zijn de namen van de temperatuurloggers welke gebruikt zijn bij het bepalen van de temperatuur in deze composthoop.



*Figuur 18 Temperatuur verloop, Regulier*

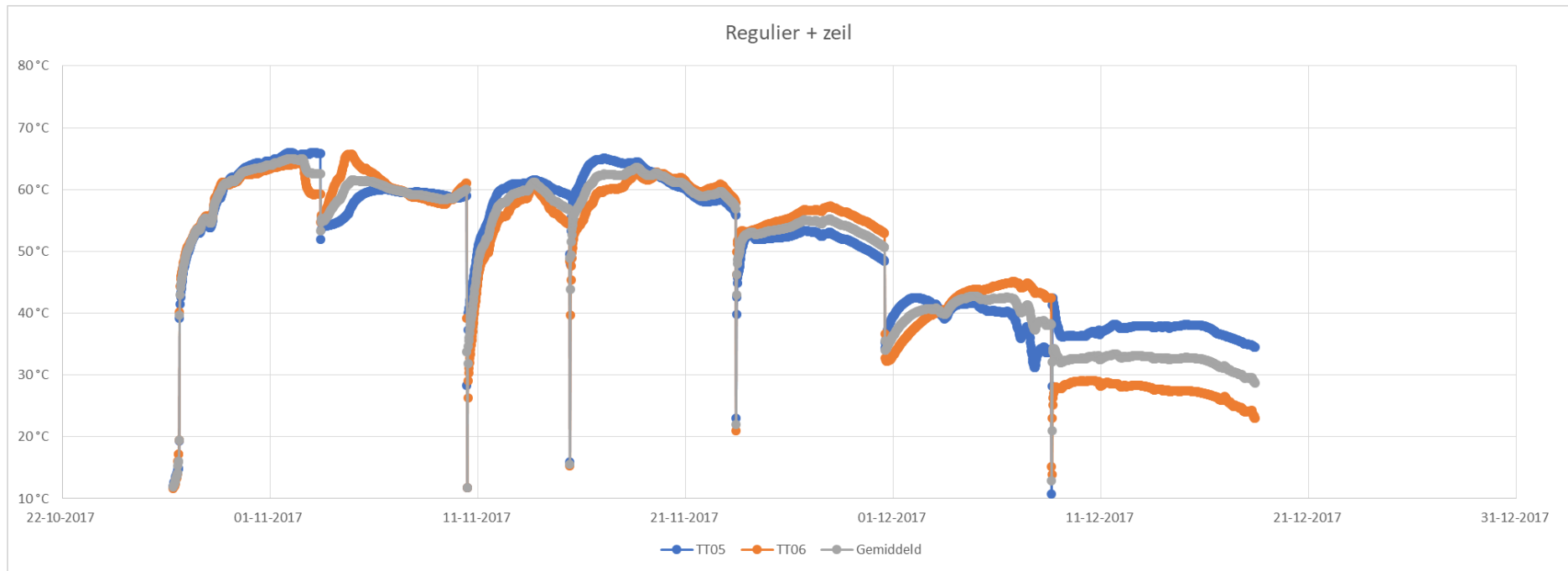
Figuur 18 geeft het temperatuur verloop in de reguliere composthoop weer. De blauwe en oranje lijn geven de temperatuur metingen van de twee verschillende loggers weer. De grijze (middelste) lijn geeft het gemiddelde temperatuur verloop van deze composthoop weer. TT09 en TT21 zijn de namen van de temperatuurloggers welke gebruikt zijn bij het bepalen van de temperatuur in deze composthoop.



*Figuur 19* Temperatuur verloop, Regulier + worteldoek + microferm

Figuur 19 geeft het temperatuur verloop in de reguliere composthoop, met als extra toevoeging het worteldoek en extra bacteriën, weer. De blauwe en oranje lijn geven de temperatuur metingen van de twee verschillende loggers weer. De grijze (middelste) lijn geeft het gemiddelde temperatuur verloop van deze composthoop weer. TT03 en TT04 zijn de namen van de temperatuurloggers welke gebruikt zijn bij het bepalen van de temperatuur in deze composthoop.

Te zien is dat de temperatuurlogger TT04, de oranje lijn, na drie maal keren niet meer boven de 43 graden uitkomt. Dit is te verklaren door een defecte temperatuurloggers. De loggers zijn gewisseld na drie weken. De logger welke is terug geplaatst werkte niet naar behoren. Bij het berekenen van het gemiddelde temperatuur verloop, Figuur 7, is deze temperatuurlogger niet meegenomen.



*Figuur 20 Temperatuur verloop, Regulier + worteldoek*

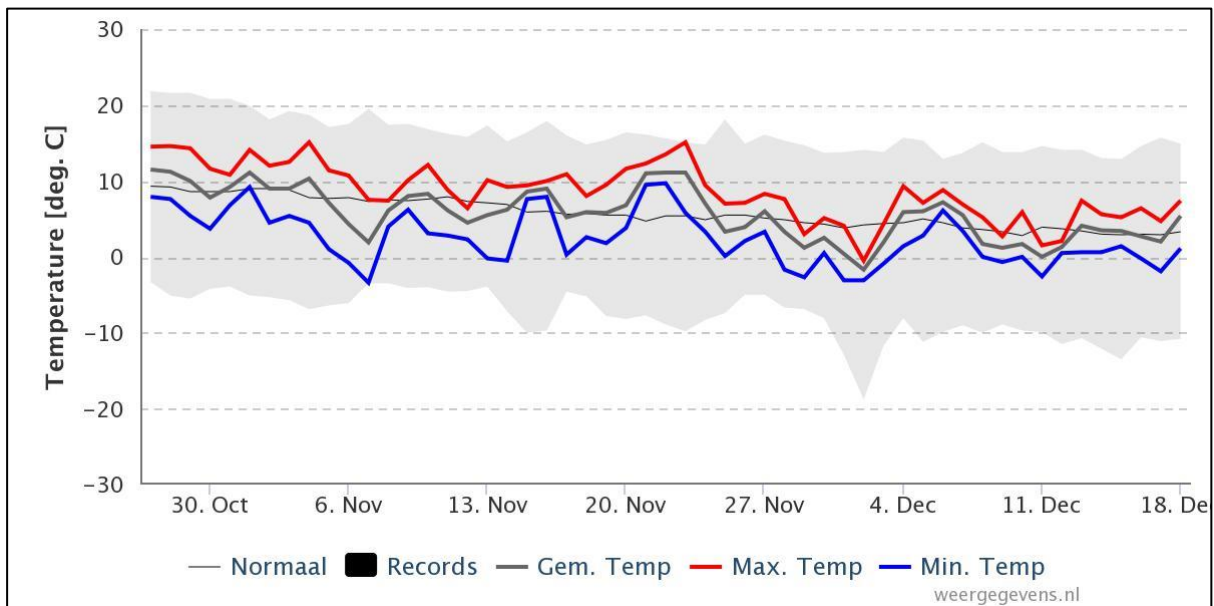
Figuur 20 geeft het temperatuur verloop in de reguliere composthoop, met als extra toevoeging het worteldoek, weer. De blauwe en oranje lijn geven de temperatuur metingen van de twee verschillende loggers weer. De grijze (middelste) lijn geeft het gemiddelde temperatuur verloop van deze composthoop weer. TT05 en TT06 zijn de namen van de temperatuurloggers welke gebruikt zijn bij het bepalen van de temperatuur in deze composthoop.

## II: Weergegevens Volkel gedurende proefperiode

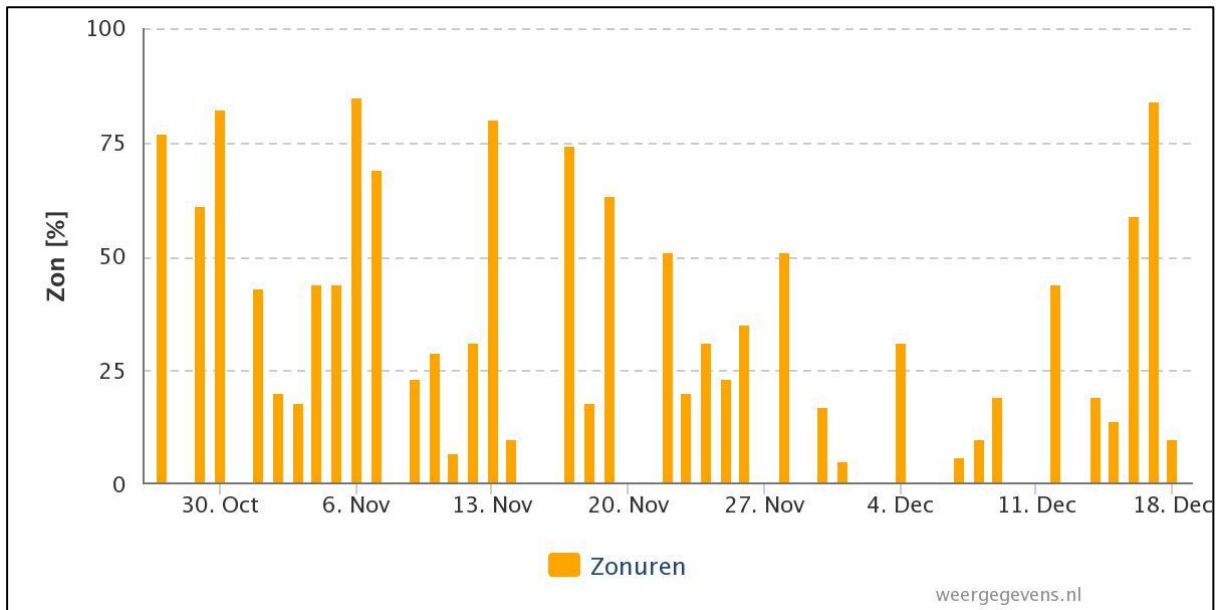
Het dichtstbijzijnde weerstation van het KNMI is in Volkel. Hier worden van elke dag de weergegevens verzameld en verwerkt tot een overzicht. Zo worden de temperatuur (Figuur 22) de zonuren (Figuur 23) en de neerslag in millimeters (Figuur 24) bijgehouden. Figuur 21 geeft een overzicht van de gemiddelde weercijfers in Volkel ten opzichte van het normale weer. Te zien is dat het een natte periode is geweest met een regenval die 43mm hoger is dan normaal.

Het weer over deze periode van 53 dag(en) was:											
TEMP.					NEERSLAG/ZON				STATISTIEKEN		
Gemid.	Normaal	Afwijking	Hoogste	Laagste	Zonneschijn (uur):	Som	Normaal	Afwijking	Hellmangetal:		
Max.: 8.6	8.6	0.0	15.1	-0.5	125.1	114.5	+10.6		Ijsdagen:	1	
Gemid.: 5.7	5.7	0.0	11.5	-1.7	Neerslag (mm):	155.7	112.7	+43.0	Vorst dagen:	13	
Min.: 2.4	2.5	-0.1	9.7	-3.4	Neerslaguren (uur):	137.2	117.3	+19.9	Warmtegetal:	0.0	
WIND					Percen.	Normaal	Afwijking	Tropische dagen:			
Gemid.	Snelheid	Kracht	Uurgem.	Windstoot	Richting	Zonnepercentage (%):	26.5	24.6	+2.0	Zomerse dagen:	0
Max.	4.0 m/s	3 bft	14.0 m/s	24.0 m/s					ADS-dagen:	2	

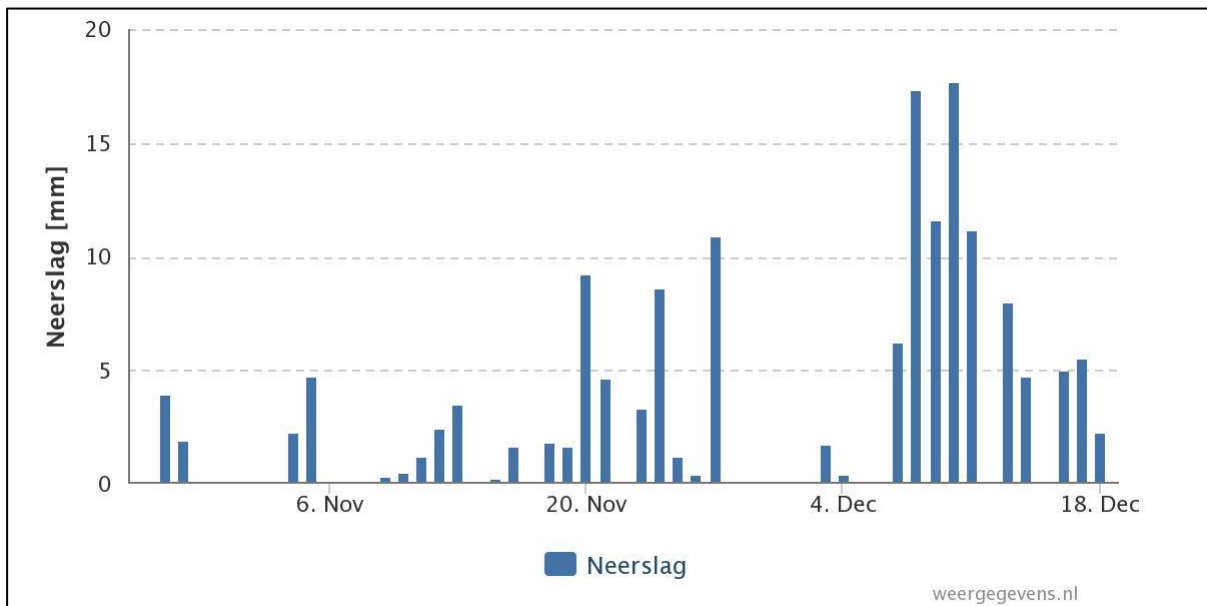
Figuur 21 Weercijfers Volkel 27 oktober tot en met 18 december 2017 (BRON: (KNMI, 2017))



Figuur 22 Temperatuur verloop in Volkel 27 oktober tot en met 18 december 2017 (BRON: (KNMI, 2017))



Figuur 23 Zonuren in Volkel 27 oktober tot en met 18 december 2017 (BRON: (KNMI, 2017))



Figuur 24 Neerslag in Volkel 27 oktober tot en met 18 december 2017 (BRON: (KNMI, 2017))



### III: Meetrapportage

#### III.1 Inleiding

Om een gedegen advies te kunnen geven aan het einde van dit project, dient de projectgroep een aantal parameters te monitoren, zowel gedurende als na het uitvoeren van de proeven. In deze meetrapportage worden de manieren van meten en analyseren uiteengezet van de benoemde parameters uit HOOFDRAPPORTAGE. Frequentie, manier van meten en de verantwoordelijke personen worden in deze rapportage toegelicht. De effecten en risico's van de parameters zijn beschreven in de HOOFDRAPPORTAGE. In deze meetrapportage zal aan de hand van dezelfde volgorde van parameters uiteengezet worden hoe deze gemeten werden. De analyse van de genomen monsters vond plaats op de HAS hogeschool. Waar en hoe dit plaatsvindt is beschreven in deze rapportage.

#### III.2 Methode

Deze rapportage maakt onderscheid tussen 7 verschillende parameters, en daarmee 7 verschillende meetrapportages. Per parameter wordt een hoofdstuk: *Materiaal & methode* geschreven. Hierdoor zijn de meetrapportages apart van elkaar te lezen. Deze rapportages worden gedocumenteerd als ondersteuning bij de voorbereiding en tijdens de metingen en proeven. Daarnaast dient deze rapportage als kwaliteitsborging van de eindrapportage. Middels deze rapportage borgt de projectgroep dat de metingen op een planmatige en gestructureerde manier worden uitgevoerd. De personen die verantwoordelijk zijn voor specifieke taken worden middels deze rapportage tijdig en correct ingelicht. Hiermee wordt de kans op eventuele tegenslagen en daarmee tijdverlies geminimaliseerd.

Deze meetrapportage bestaat uit deelrapportages per parameter. De parameters die worden toegelicht staan beschreven in Tabel 4.

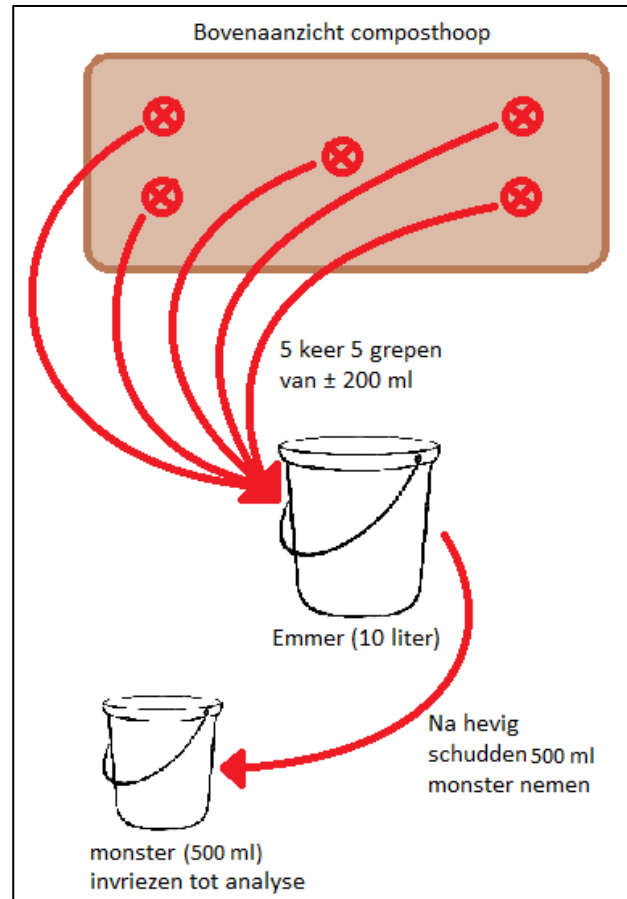
Tabel 4 Parameters

<b>Parameter</b>	<b>Frequentie van meten</b>	<b>Wie?</b>	<b>Manier van meten</b>
<b>C/N verhouding</b>	2 maal. Bij opstart en na beëindiging van de proef.	Het projectteam neemt monsters en analyseert deze in de Milieuhal op HAS Hogeschool.	De koolstof (C) wordt gemeten door middel van een organische stof bepaling en de aanname dat organisch stof voor 58% uit koolstof bestaat (bron). De stikstof (N) wordt bepaald door middel van een N-kjeldahl bepaling. Door middel van deze meting zullen alle gebonden en ongebonden stikstofmoleculen worden bepaald.
<b>Kiemkracht &amp; fytotoxiciteit</b>	2 maal. Bij opstart en na beëindiging van de proef	Het projectteam neemt monsters en analyseert deze in de Kas op HAS Hogeschool.	De compost wordt op een bed van scherp zand gebracht en in de KAS op het terrein van de HAS geplaatst. Onder gecontroleerde omstandigheden wordt tuinkers geplant. Gedurende de groei van de tuinkers wordt de kiemkracht van onkruid in het compostmonster bepaald. De kiemkracht wordt vergeleken met de waarde bekomen in een referentiesubstraat

			(zuiver zand). Hieruit kan de fytotoxiciteit worden uitgedrukt als procentuele kiemremming, relatief t.o.v. het referentiesubstraat (Besluit, 2012).
<b>Stabiliteit</b>	2 maal. Bij opstart en na beëindiging van de proef	Het projectteam neemt monsters en analyseert deze in de Milieuhal op HAS Hogeschool.	De stabiliteit van de compost wordt gemeten middels het zuurstofverbruik van het eindproduct. Het compostproduct wordt in een luchtdichte fles gebracht en op het juiste vochtgehalte gebracht. Hiermee wordt het compostingsproces aangewakkerd. Na 24 uur wordt de luchtfractie uit de fles gemeten. De verhouding zuurstof tegenover CO2 dient ongeveer gelijk te zijn aan de verhouding in de buitenlucht. Wanneer dit zo is, kan aangenomen worden dat de compost "Stabiel" is.
<b>Temperatuur</b>	Wekelijks voor- en nadat hopen worden gekeerd.	J. Verstraten meet voor en na het keren van de hoop de temperatuur met behulp van een thermometer welke door het projectteam is verstrekt.	Een thermometer wordt in de hoop gestoken zodat dat de temperatuur van de kern gemeten wordt.
<b>Vochtigheid</b>	Wekelijks na keren van de hopen.	J. Verstraten neemt wekelijks een monster in een door het projectteam verstrekt monster potje.	Een homogeen monster wordt genomen en opgeslagen in lucht/vochtdichte container. Deze wordt bevroren opgeslagen. D.m.v. een droogstofbepaling wordt het vochtgehalte bepaald.

### III.2.1 Monstername

Om de betrouwbaarheid van de monstername en daarmee de meetresultaten te kunnen garanderen, worden alle monsters op een en dezelfde manier genomen. Voor de bemonstering van composthoop is een protocol opgesteld door Keurcompost (Certificeringscommissie Keurcompost, 2015). Dit protocol schrijft voor dat vijf monsters genomen dienen te worden van elk ongeveer 200 ml. In dit onderzoek is gekozen, na overleg met projectexpert D. Lamers, om een aantal kleinere monsters op verschillende plaatsen in de composthoop te nemen voor een totaal monster van 5 liter. Dit moet gebeuren na het keren zodat de hoop al gemengd is. Na het nemen van een 5 liter monster, dient deze gehomogeniseerd te worden door voor tien seconden te schudden met de emmer. Na het homogeniseren wordt van dit monster, één homogeen monster van 500 milliliter genomen. Wanneer de projectgroep niet aanwezig is, zal de monsternemer de monsters ingevroren bewaren zodat het compostingsproces wordt stop gezet. Deze monstername zal gelden voor alle hopen van regulier composteren. Omdat de Bokashi-hoop luchtdicht is afgedekt, zullen enkel monsters tijdens de opstart en bij het beëindigen van de proef genomen worden. Deze zullen op dezelfde manier uitgevoerd worden als bij de reguliere composthopen. Een schematische weergave van de monstername is te zien in Figuur 25 Monstername. De monsters worden opgehaald door de projectgroep en geanalyseerd in het lab op de HAS Hogeschool. Alle monsters die in deze rapportage worden beschreven worden volgens dezelfde manier verkregen.



Figuur 25 Monstername

### III.3 Meetrapportage C/N-Verhouding

Middels deze meting wordt de verandering in C/N verhouding van vóór na de composteringsproef aangetoond. De koolstof (C), wordt apart van de stikstof (N) gemeten. De koolstof wordt gemeten middels een organisch stofgehalte proef. Hiervoor wordt een verassingsoven in de milieuhal gebruikt. De stikstof wordt gemeten middels een N-Kjeldahl bepaling (Dijk, 2017). Omdat een deel van de stikstof gebonden aanwezig is, zal deze middels een destructie gemeten worden. Deze destructiemeting wordt uitgevoerd in het chemielaboratorium van de HAS hogeschool.

#### III.3.1 Materiaal & methode


##### Methode Koolstof (C)

Voorafgaand aan de organisch stofbepaling wordt een droge stofbepaling uitgevoerd. Deze bepaling is verder toegelicht in bijlage: "III.7 Meetrapportage vochtigheid". De koolstofbepaling wordt uitgevoerd middels een organisch stofbepaling. Hiervoor wordt een monster in een verassingsoven gebracht. Middels deze verassingsoven wordt het monster verhit tot 800 graden Celsius totdat al het organische materiaal is verbrand. Door voorafgaand aan de bepaling het totale gewicht van het monster te meten, kan het organische stofgehalte bepaald worden. Hiervoor wordt het anorganische materiaal na de proef gemeten en afgetrokken van het totaal begin gewicht. Omdat niet alleen het koolstof wordt verast, dient ook rekening gehouden te worden met stikstof en andere materialen die onder deze temperaturen verbranden. De literatuur stelt hiervoor een factor van 0,58 om het koolstofgehalte te berekenen (NEN, 2005). In Tabel 5 zijn de gebruikte materialen voor de koolstofbepaling weergegeven.

##### Materiaal Koolstof (C)

Tabel 5 Materialen Koolstofbepaling

Materieel	Doel	Afbeelding
<b>Verassingsoven</b>	Middels de verassingsoven wordt al het organisch materiaal verbrand totdat enkel het anorganische materiaal overblijft.	
<b>Weegschaal</b>	Middels de weegschaal worden de kroesjes en het monster voorafgaand en na het onderzoek gewogen om zo het organisch stofgehalte te kunnen berekenen. Deze weegschaal kan tot 3 decimalen achter de komma meten.	
<b>Kroesjes</b>	Kroesjes zijn nodig om in de verassingsoven het monster vast te houden. Het gewicht van de kroesjes wordt voorafgaand aan de proef	

	gewogen middels de weegschaal.	
<b>Kroezentang</b>	Deze kroezentang wordt gebruikt om de kroesjes te hanteren in en rondom de verassingsoven.	

### Methode N-Kjeldahl bepaling

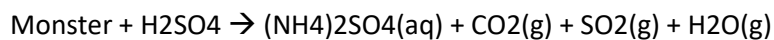
Het stikstofgehalte wordt omgerekend naar het eiwitgehalte. Dit is mogelijk omdat stikstof in biologische monsters vrijwel uitsluitend in eiwit voorkomt en het stikstofgehalte in eiwitten een vast gegeven is in de biologie. Eiwitten (of proteïnen) zijn opgebouwd uit aminozuren. Deze aminozuren bevatten één of meer stikstofatomen (meestal een NH<sub>2</sub> groep). Het eiwitgehalte wordt berekend uit het stikstofgehalte, door dit te vermenigvuldigen met een bepaalde factor (eiwitfactor) die afhankelijk is van de aminozuursamenstelling van het eiwit (Lokven, 2017).

De bepaling bestaat uit drie stappen:

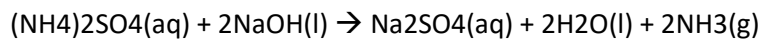
- Eerst worden met behulp van geconcentreerd zwavelzuur, in combinatie met katalysatoren, alle organische verbindingen afgebroken tot koolstofdioxide, water en ammoniumzouten. De eerste twee verlaten als gas het reactiemengsel, de laatste wordt in de vorm van ammonium NH<sub>4</sub><sup>+</sup> in de destructiebuis gehouden.
- Na afkoelen wordt door toevoegen van een geconcentreerde natronloog (natriumhydroxide) het ammonium omgezet in ammoniak, dat vervolgens in een stoomdestillatie overgebracht wordt naar een boorzuoroplossing.
- De over gedestilleerde ammoniak reageert met een deel van het boorzuur. In een titratie met zoutzuur wordt vervolgens de gereageerde hoeveelheid boorzuur vastgesteld.

### **Principe**

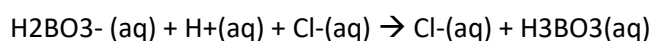
- *Destructie:*




- *Destillatie:*



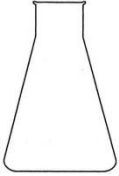

- *Titratie:*



## Werkwijze

Actie	Benodigheden	Uitvoering
<b>Wegen</b> 	Monster Analytische balans	Leg een weegpapiertje op de analytische balans en stel het gewicht op nul (Tarra).
		Meng het gedroogde monster goed door. Weeg eerst het weegpapiertje ( $m_1$ )(g). Weeg daarna respectievelijk  2,000 tot 2,500 g bij een geschat eiwitgehalte van 0-5% 1,000 tot 1,500 g bij een geschat eiwitgehalte van 5-10% 0,500 tot 1,000 g bij een geschat eiwitgehalte van 10-15%  monster op het weegpapiertje. Noteer het gewicht van het afgewogen monster( $m_2$ )(g).
		Breng het monster over in een destructiebuis. Weeg het weegpapiertje terug en noteer het gewicht ( $m_3$ )(g).
	Destructiebuis	Plaats de destructiebuis in de houder voor 20 destructiebuisen. Vul eventuele lege plekken op met lege destructiebuisen (dit is vanwege de afzuiging).

Actie	Benodigheden	Uitvoering
<b>Destructie</b>	Kjeltabiet Dispenser zwavelzuur	Voeg één kjeltabiet(2) toe aan de destructiebuis. Voeg 20 ml zwavelzuur(1) toe aan de destructiebuis. Zwenk het monster en het zwavelzuur.
	Destructieblok (380°C)	Plaats de houder met 20 destructiebuisen op de lift van het voorverwarmde (380 °C) destructieblok. Plaats het afzuigblok op de destructiebuisen. Laat de destructiebuisen via de lift in het destructieblok zakken. Verwarm de buizen voor 1,5 uur op 380 °C. (Voorkom temperaturen boven de 400 °C om ontleding van stikstof tot N <sub>2</sub> (g) te voorkomen).
		Na 1,5 uur verwarmen kan de houder met 20 destructiebuisen verwijderd worden om af te koelen. Laat de buizen uitdampen. <b>(LET OP!! Zwaveldamp is giftig)</b>
	Dispenser demiwater	Voeg langzaam 10 ml demiwater toe aan de destructiebuis als deze afgekoeld is. <b>(LET OP!! Het zuur en watermengsel kan direct gaan koken)</b>

Actie	Benodigheden	Uitvoering <b>VOER DIT UIT IN DE ZUURKAST!</b>
	Erlenmeyer 300 ml Dispenser boorzuur Indicator	Voeg 50 ml boorzuur(4) in een erlenmeyer van 300 ml. Voeg 3 druppels indicator(5) toe aan het boorzuur. Plaats de erlenmeyer met boorzuur op het plateau in de destillatie apparatuur. Zorg ervoor dat het slangetje goed in de oplossing zit.
	Destillatie apparatuur	Plaats de destructiebuis in de destillatie apparatuur. Zorg ervoor dat het systeem gasdicht aansluit zodat er geen verlies van $\text{NH}_3$ optreed.
	Natronloog	Voeg natronloog(3) toe tot er geen reactie meer optreed. Zorg ervoor dat je genoeg toevoegt om een basische oplossing te krijgen. <b>(LET OP!! Het zuur en base mengsel reageert heftig. Sluit altijd de beschermkap)</b>
		Destilleer het mengsel in de destructiebuis met stoom voor 5 minuten.
	Demiwaterfles	Na 360 seconden is de destillatie klaar. Spoel het slangetje dat in de erlenmeyer met boorzuur heeft gezeten goed af met demiwater om eventueel achtergebleven druppels af te spoelen. Bewaar de erlenmeyer op een veilige plek. Deze hebben we nog nodig.
	Kjeldahlafval afvalvat	Het mengsel in de destructiebuis moet afgevoerd worden in het daarvoor bestemde Kjeldahlafval afvalvat. Giet de inhoud van de destructiebuis in het Kjeldahlafval afvalvat. <b>(LET OP!! De destructiebuis is heet van het destilleren. Trek warmtehandschoenen aan)</b>

Actie	Benodigheden	Uitvoering
<b>Titratie</b>	Automatische buret	Titreer het mengsel in de erlenmeyer terug tot het omslagpunt (kleuromslag) met zoutzuur(6). Noteer het verbruik ( $V_{\text{HCl}}$ ) (ml) van het zoutzuur. Noteer de concentratie ( $c_{\text{HCl}}$ ) (mol/l) van het gestelde zoutzuur.



## Berekening

$m_{\text{monster}}$  =  $m_2 - (m_3 - m_1)$   
 $m_1$  = Ingewogen massa monster (g)  
 $m_2$  = Correctie inweegpapiertje (g)

$$\%N = \frac{V_{\text{HCL}} * C_{\text{HCl}} * M_{\text{N}} * 10^{-3}}{m_{\text{monster}}} * 100\%$$

$\%N$  = Percentage stikstof (%(m/m))  
 $V_{\text{HCl}}$  = Verbruik zoutzuur titratie (ml)  
 $C_{\text{HCl}}$  = Concentratie zoutzuur (mol/l)  
 $M_{\text{N}}$  = Molmassa stikstof (g/mol)  
 $m_{\text{monster}}$  = Ingewogen massa monster (g)

## Materiaal N-Kjeldahl bepaling

In onderstaande tabel (1.0) staan de reagentia die bij deze analyse gebruikt worden. Hier staan tevens ook de gevaren en persoonlijke beschermingsmiddelen in (Lokven, 2017).

	Reagentia	GHS	H-zinnen	PBM's
1	Zwavelzuur 96% H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>		H314	ZK, ZHS
2	Kjeltab		H411	HS
3	Natronloog (Natriumhydroxide) 32% NaOH		H314	ZK, ZHS
4	Boorzuur 40 g/l H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>		H360	
5	Tashiro indicator		H225 - H302 - H371	
6	Zoutzuur 0,1000 mol/l HCl – gestelde concentratie			

Gebruik naast beschermende kleding en veiligheidsbril altijd de voorgeschreven persoonlijke beschermingsmiddelen (PBM's).

ZK = Zuurkast  
GB = Gelaatbescherming  
HS = Handschoenen  
ZHS = Zuurbestendige handschoenen

## Monstervoorbehandeling

- Gemengd homogeen monster. Het homogeniseren van een de monsters gebeurt middels het verkleinen met een vijzel.

### III.4 Meetrapportage kiemkracht & fytotoxiciteit

Op 7 september is de projectgroep een viertal ondernemers in de regio langs gegaan om de plannen voor te leggen en de wensen van de ondernemers te formuleren. De bezochte ondernemers waren Koen Linders van Flowers for You and I, Jos Verstraten van Melkveebedrijf Verstraten bv., René Tielemans van Tielemans Groentekwekerij en Henric van Dijk van Bronlaak. Uit deze interviews kwam naar voren dat de kiemkracht van het compostproduct een belangrijke parameters is. De kiemkracht geeft de hoeveelheid kiembare zaden aan die aanwezig zijn in het compostproduct. Een te grote hoeveelheid kan zorgen voor onkruidverspreiding en daarmee een daling in opbrengst van gewassen. Om dit risico te tackelen, voert de projectgroep een kiemkracht proef uit om aan te tonen hoeveel kiembare zaden aanwezig zijn vóór het composteringsproces en erna. Daarnaast wordt de compost gecontroleerd op fytotoxische stoffen.

#### III.4.1 Materiaal & methode

In de KAS van HAS Hogeschool, wordt een proefopstelling opgezet waarbij in triplo de kiemkracht per composteringstechniek wordt gemeten. Deze proef zal 3 keer worden uitgevoerd: aan het begin, halverwege en aan het eind van de proef. Middels deze 3 metingen wordt een trendlijn uitgezet die visueel de daling in kiemkracht aangeeft.



#### Methode


In een gecontroleerd klimaat (de KAS) worden per composteringstechniek, 3 bakken gevuld met 600 ml scherp zand. Hierin worden per pot 30 tuinkers zaadjes gepland. Deze worden voorzien van een dunne laag compost substraat (start) of compost product (eind). De potten worden bevochtigd met 100 ml water per pot. Na een week worden de potten verzameld. Per pot wordt geteld hoeveel tuinkerszaden zijn gekiemd en hoeveel onkruidzaden zijn gekiemd. Hieruit wordt benaderd wat de kiemkracht van de compost is. In Tabel 6 zijn de gebruikte materialen voor de kiemkracht en fytotoxiciteit proeven weergegeven.

Bij een slechte kieming van de tuinkers kan aangenomen worden dat fytotoxische stoffen aanwezig zijn in de compost. Deze stoffen remmen het kiemingsproces van zaden en zijn daarom niet wenselijk in de compost (Besluit, 2012).

#### Materiaal

Tabel 6 Materiaal kiemkracht en fytotoxiciteit proeven

<i>Materieel</i>	<i>Doel</i>	<i>Afbeelding</i>
<i>Plastic pot</i>	Hierin worden de tuinkerszaden geplant.	
<i>Scherp zand</i>	Scherp zand wordt als "neutrale" ondergrond gebruikt. Hierin zitten geen andere kiembare zaden waardoor de proef betrouwbaar is.	

<i>water</i>	Water als berekening van de zaden. Hierdoor zal het kiemproces van de tuinkers zaden starten.	
<i>Tuinkers zaden</i>	Tuinkers zaden worden geplant omdat deze relatief snel ontkiemen en groeien. Perfect dus voor deze proefopstelling.	

### III.5 Meetrapportage stabiliteit

Het stadium waarin de compost zich bevindt, is van belang voor het moment van uitrijden. Wanneer compost niet volledig stabiel/uit gecomposteerd is, onttrekt dit zuurstof aan de bodem en zal dit niet bevorderlijk zijn voor het gewas en bodemleven (Branche Vereniging Organische Reststoffen, 2017). De stabiliteit is bepaald door het meten van de CO<sub>2</sub> productie van het eindproduct. Compost wordt stabiel bevonden wanneer de CO<sub>2</sub> productie in een tijdsbestek van vier uur onder de 1,5% is (Brewer & Sullivan, 2008).

#### III.5.1 Materiaal & methode

In de milieuhal van HAS Hogeschool wordt een proefopstelling opgezet waarbij in duplo de stabiliteit per composteringstechniek wordt gemeten. Deze proef wordt alleen aan het einde van de compostproef uitgevoerd. Middels deze metingen wordt een staafgrafiek opgesteld waardoor visueel wordt gemaakt welke composteringstechniek het meest stabiele product heeft gecreëerd.

#### Methode




In een klimaatkast in de milieuhal op HAS Hogeschool worden per composteringstechniek twee flessen van 5 liter gevuld met 660 gram vochtig compostmateriaal. De klimaatkast wordt ingesteld op 40°C zodat de bacteriële activiteit toeneemt (Wageningen University). De flessen worden afgesloten met een septum met een gat er in. Dit gat dient afgeplakt te worden met tape zodat geen gas kan ontsnappen. Na voor een periode van vier uur in de klimaatkast te hebben gestaan wordt de toename in CO<sub>2</sub> gemeten middels kitagawa buisjes met een bereik van 0,1% – 5,2%. De gemeten waarden worden opgenomen in Excel en verwerkt tot een overzichtelijke grafiek.

Dit onderzoek is ook uitgevoerd op het bokashi materiaal. Bokashi is een andere vorm van verwerking van groen materialen en gebeurt volgens het principe van fermentatie. Wanneer bokashi op het land uitgereden wordt, wordt het organische stof verder afgebroken en onttrekt het zuurstof uit de bodem (Postma & Brinkman, 2015). Hierdoor zal bokashi een hogere CO<sub>2</sub> productie aangeven in de stabiliteitsproef. In Tabel 7 zijn de gebruikte materialen voor de stabiliteitsproef weergegeven.

## Materiaal

Tabel 7 Materiaal stabiliteitsproef

<i>Materieel</i>	<i>Doel</i>	<i>Afbeelding</i>
<i>Glazen fles</i>	Hier wordt de compost geplaatst.	
<i>Septum</i>	Afsluiten van de fles.	
<i>Tape</i>	Het afplakken van het gat in het septum.	
<i>Doppen met gat</i>	Het vastzetten van het septum op de fles	
<i>Klimaatkast</i>	Temperatuurregeling van de proef.	

<p><i>Weegschaal</i></p>	<p>Afwegen van de juiste hoeveelheid compost.</p>	
<p><i>Kitagawa buisjes</i></p>	<p>Metten van het CO<sub>2</sub> gehalte.</p>	
<p><i>Kitagawa gasmeter</i></p>	<p>Metten van het CO<sub>2</sub> gehalte.</p>	

### III.6 Meetrapportage temperatuur

Temperatuur is een belangrijke parameter van het composteringsproces. Hier is het keren namelijk van afhankelijk. Om te bepalen hoe het temperatuur verloop van de composthopen eruit ziet, zijn twee temperatuurloggers in elke hoop geplaatst. Deze loggers meten elk half uur de temperatuur en slaan deze op. Middels het uitlezen van de loggers op HAS Hogeschool worden de resultaten geanalyseerd.

#### III.6.1 Materiaal & methode

De temperatuurloggers worden middels een schroef bevestigd op een bezemsteel, hierna worden ze ingetaped zodat ze extra bevestigd zitten. Het is van belang dat ze goed bevestigd worden, zodat ze op een eenvoudige manier uit de hopen worden verwijderd tijdens het keren van de hopen. In Figuur 26 is een temperatuurlogger weergegeven.



Figuur 26 Temperatuurlogger

De loggers worden in de hopen gebracht onder een diagonale hoek op een diepte van ongeveer 60 centimeter. Dit is het midden van de hoop.

Na vier weken worden de loggers, in de reguliere composthopen, vervangen zodat het temperatuur verloop wordt bepaald. De twee loggers in de bokashi hoop blijven zitten tot het einde van de compostproef.

Ten tweede wordt middels een handthermometer de temperatuur opgenomen. Dit is om te bepalen of de hopen in plaats van één keer in de week, twee keer in de week gekeerd worden. Wanneer de temperatuur in de 4<sup>de</sup> week nog rond de 65 à 70°C uitkomen, wordt twee maal in de week gekeerd tot het einde van de praktijkproef?.

### III.7 Meetrapportage vochtigheid

Voor zowel de Bokashi, als de reguliere compostproef is een optimale vochtigheid nodig. Het optimale droge stofgehalte ligt tussen de 40 en 50 procent (Willekens, 2014) (Geerts A. , 2017). Vocht is voor de Anaerobe en Aerobe bacteriën naast koolstof de belangrijkste parameter om te kunnen gedijen (UR, 2016). Door middel van droogstofbepalingen wordt in deze praktijkopzet de vochtigheid van de composthoopen gemonitord. Bij iedere kering van de hoop wordt door J. Verstraten, toezichthouder van de compostproef, een homogeen litermonster van elke hoop (behalve Bokashi) genomen. Deze monsters worden in de milieuhal van HAS Hogeschool geanalyseerd.



#### III.7.1 Materiaal & methode



##### Methode

Het monster wordt in een vooraf gewogen & genummerd kroesje gebracht. Ook het totale gewicht van dit monster inclusief kroesje wordt gemeten en genoteerd. Dit gevulde kroesje wordt in de droogstoof van 105 graden Celsius geplaatst. Na 1 dag wordt het monster uit de droogstoof gehaald met een kroesjestang om vervolgens 10 minuten te kunnen afkoelen. Wanneer het monster is afgekoeld wordt het monster inclusief kroesje gewogen op een weegschaal. Deze weegschaal heeft een bereik tot 3 decimalen achter de komma. Het gewicht van het vooraf gewogen lege kroesje wordt van de totaal som afgetrokken waardoor enkel het droogstof wordt berekend. Bijvoorbeeld: gewicht gedroogd monster in kroesje (214,234 Gram) – gewicht leeg kroesje (100,654) = 113.580 gram droge stof. Middels het vergelijken van dit droge stof gewicht met het ongedroogde monster, wordt het droogstofpercentage berekend. Bijvoorbeeld: droge stof gewicht (113.58) / ongedroogde monster (280.236) = 0,405 x 100% = 40,5 % droogstof gehalte. In Tabel 8 is een overzicht weergegeven van alle benodigde materialen.

##### Materiaal

Tabel 8 Materiaal droge stof gehalte bepaling

Materieel	Doel	Afbeelding
<b>Droogstoof</b>	Middels de droogstoof wordt al het vocht verdampt uit het monster, waardoor enkel het droge stof overblijft.	
<b>Weegschaal</b>	Middels de weegschaal worden de kroesjes en het monster voorafgaand en na het onderzoek gewogen om zo het droogstofgehalte te kunnen berekenen. Deze weegschaal kan tot 3 decimalen achter de komma meten.	

<b>Kroesjes</b>	Kroesjes zijn nodig om in de verassingsoven het monster vast te houden. Het gewicht van de kroesjes wordt voorafgaand aan de proef gewogen middels de weegschaal.	
<b>Kroezentang</b>	Deze kroezentang wordt gebruikt om de kroesjes te hanteren in en rondom de droogstoof.	



## IV: Handleiding opzetten van de compostering

### Opzetten van de hoop:

#### Bokashi

- Leg landbouwplastic met een afmeting van ongeveer 30 x 5 m op de grond.
- Zet de hoop op volgens het lasagne principe en voeg bij elke laag van 50 cm een gelijke hoeveelheid kalk, klei en bacteriën toe zodat de berekende hoeveelheid allemaal gebruikt wordt. Zorg ervoor dat de hoop aan een lange zijde van het landbouwplastic ligt.
- Druk de hoop aan met de voorlader van de shovel.
- Dek de hoop af met het landbouwplastic en plaats zand op de rand. Dit zorgt voor de luchtdichte afwerking.

#### Regulier composteren

- De composthoop moet worden opgezet op een rug. Deze rug moet ongeveer een hoogte hebben van 1,5 meter, een breedte van 2 meter en de lengte maakt niet uit.
- Breng, waar nodig, bacteriën aan. (Ongeveer 2 liter per kubieke meter restmateriaal)
- Dek de hopen af met worteldoek waar nodig en leg zandzakken op de rand om dit tegen te houden.

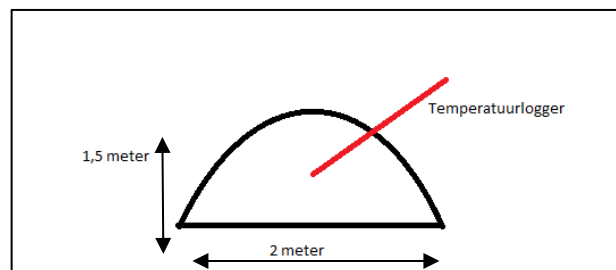
### Keren van de hoop:

Alle hopen worden op hetzelfde moment gekeerd, behalve de bokashi, die wordt niet gekeerd. Het keren gebeurt elke vrijdag middels een shovel met voorlader.

### Temperatuur meten:

Direct voor en direct na het keren wordt de temperatuur gemeten. (Geldt alleen voor Koen Linders)

Bij Jos Verstraten worden temperatuur loggers in de hoop geplaatst. Voor het keren dienen deze verwijderd te worden en na het keren weer worden teruggeplaatst. De temperatuur loggers moeten diagonaal worden geplaatst in de kern van de hoop. In Figuur 27 is een schematische weergave van het plaatsen van de temperatuurlogger te zien. Het meten van de temperatuur wordt gedaan met een eenvoudige compostthermometer te zien in Figuur 28.



Figuur 27 Plaatsing temperatuurlogger



Figuur 28 Compostthermometer

### Bepalen vochtigheid:

Het juiste vochtgehalte is van belang voor het meest efficiënt composteren van restmaterialen. Het gewenste vochtgehalte ligt tussen de 50% en 60% (Huybrechts & Vrancken, 2005). Voor het bepalen van dit vochtgehalte bestaat een eenvoudige methode die grofweg het juiste vochtgehalte bepaald. Deze methode wordt de knijptest genoemd. De bedoeling is dat in een hand compost geknepen wordt. Loopt het water tussen de vingers door is de compost te vochtig en dient vaker gekeerd te worden of droger materiaal zoals houtsnippers of stro toegevoegd te worden. Valt de compost uit elkaar in de handen, het blijft geen vast balletje na het knijpen, is de compost te droog en dient water toegevoegd te worden aan de composthoop. Blijft de compost als vast balletje in de hand liggen, is de compost van juiste vochtigheid (Willekens, 2014). Zie Figuur 29 voor een voorbeeld van een knijptest.



*Figuur 29 Knijptest (BRON: (Willekens, 2014))*

## V: Kostenberekening opschalen van proefopstelling tot compostering van 600 m<sup>3</sup>

Kostenberekening voor opschaling naar een compostering van 600 m<sup>3</sup> ingangsmateriaal per jaar. Dit is de maximale hoeveelheid toegestane compost die een particulier mag huisvesten. De kosten van microferm in de opschaling zijn berekend met de prijzen per 20 liter, deze kost €42,10 en per kubieke meter substraat is 10 liter microferm nodig. De kosten van klei in de opschaling zijn berekend met de prijzen per zak van 25 kilogram, deze kost €19,80 en per kubieke meter substraat is 10 kilogram nodig. Dit zelfde geldt voor kalk, deze kost per zak van 25 kilogram €11,85. De kosten van landbouwplastic zijn aangenomen op €0,29 per m<sup>2</sup>. De kosten van worteldoek zijn aangenomen op €0,51 per m<sup>2</sup>. Al deze prijzen zijn afkomstig van Vlaming's B.V.. De tijd die nodig is om de hopen op te zetten is gebaseerd op de tijd die nodig is geweest de hopen op te zetten in de proefopstelling. De bewerkelijkheid van de hopen is bijgehouden door L. Verstraten. De uitwerking van deze berekening is weergegeven in Tabel 9.

Tabel 9 Opschalen proefopstelling tot compostering van 600 m<sup>3</sup>

600 m <sup>3</sup>	Actie's	Tijd [uren]	Microferm	Klei	Kalk	Worteldoek (zeil) [m <sup>2</sup> ]	Kosten worteldoek [€]	Landbouwplastic [m <sup>2</sup> ]	Kosten landbouwplastic [€]	Kosten totaal	
										Tijd [uren]	Kosten [€]
<b>Regulier</b>	Opzetten	30	nvt.	nvt.	nvt.	nvt.	nvt.	nvt.	nvt.	46	0
	Keren	16									
<b>Regulier + zeil</b>	Opzetten	30	nvt.	nvt.	nvt.	1600	€ 816,00	nvt.	nvt.	54	€ 816,00
	Keren	24									
<b>Regulier + zeil + microferm</b>	Opzetten	30	€ 2.526,00	nvt.	nvt.	1600	€ 816,00	nvt.	nvt.	54	€ 3.342,00
	Keren	24									
<b>Regulier + microferm</b>	Opzetten	30	€ 2.526,00	nvt.	nvt.	nvt.	nvt.	nvt.	nvt.	46	€ 2.526,00
	Keren	16									
<b>Bokashi</b>	Inkuilen volgens lasagne principe	30	€ 2.526,00	€ 4.752,00	€ 2.844,00	nvt.	nvt.	3600	€ 1.044,00	30	€ 11.166,00

## VI: Koen Linders

In deze bijlage worden de resultaten en conclusies van de compostering van Koen Linders behandeld. Deze compostering heeft alleen blad van de gemeente Sint Hubert als ingaand materiaal gebruikt. Het opzetten van de compostering is volgens hetzelfde principe gebeurt als in de compostering bij J. Verstraten, zoals beschreven in Bijlage "IV: Handleiding opzetten van de compostering".

### VII.1 Resultaten

Tabel 10 geeft de resultaten van het compostproduct gemaakt van bladmateriaal van Koen Linders weer ten opzichte van het compostproduct van de Reguliere compostering. Te zien is dat het product van Koen Linders stabiel uit de test komt dan het compostproduct geproduceerd tijdens de reguliere compostering.

*Tabel 10 Resultaten Koen Linders ten opzichte van Reguliere compostering*

	<b>Koen Linders</b>	<b>Regulier</b>
<b>Vochtgehalte</b>	55%	65%
<b>Organische stof gehalte</b>	37%	34%
<b>Fytotoxiciteit</b>	-37	-54
<b>Stabiliteit</b>	0,95	1,35
<b>C/N verhouding</b>	13	11
<b>Onkruiden</b>	2	0

### VII.2 Discussie

Tijdens de stabiliteitsproef is visueel waargenomen dat het bladmateriaal niet helemaal is verteerd en compost heeft gevormd. Dit is te verklaren door een mono-stroom stroom aan restmateriaal, wat niet een ideaal substraat is voor bacteriën. Door de lage activiteit verloopt het composteerproces niet optimaal.

### VII.3 Conclusie

Uit de resultaten is geconcludeerd dat het gebruik van een monogame stroom aan restmateriaal niet geschikt is voor compostering. Door het niet optimaal verlopen van het composteerproces is de kiemkracht niet afgenomen zoals bij de reguliere compostering het geval is