



Rijksinstituut voor Volksgezondheid
en Milieu

Ministerie van Volksgezondheid,
Welzijn en Sport

Gezondheidsaspecten van het wonen nabij composteerbedrijven

Een literatuurstudie

RIVM rapport 609300028/2011

W.I. Hagens | S.A. Rutjes | M. Rutgers |

P.J.C.M. Janssen | P.H. Fisher | A. Dusseldorp



Rijksinstituut voor Volksgezondheid
en Milieu
*Ministerie van Volksgezondheid,
Welzijn en Sport*

Gezondheidsaspecten van het wonen nabij composteerbedrijven

Een literatuurstudie

RIVM Rapport 609300028/2011

Colofon

© RIVM 2011

Delen uit deze publicatie mogen worden overgenomen op voorwaarde van bronvermelding: 'Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM), de titel van de publicatie en het jaar van uitgave'.

W.I. Hagens
S.A. Rutjes
M. Rutgers
P.J.C.M. Janssen
P.H. Fischer
A. Dusseldorp

Contact:

Werner Hagens
centrum Gezondheid en Milieu / Inspectie-, Milieu en
Gezondheidsadviesing
werner.hagens@rivm.nl

Dit onderzoek werd verricht in opdracht van VWS, in het kader van V/609300
'Ondersteuning van GGD'en'

Rapport in het kort

Gezondheidsaspecten van het wonen nabij composteerbedrijven

Een literatuurstudie

Omwonenden van composteerbedrijven van GFT- en groenafval kunnen stankoverlast ervaren. Hierdoor kunnen omwonenden ongerust raken over de gezondheid. Gemeten concentraties chemische stoffen in de omgeving van deze bedrijven, zoals verschillende vluchtige organische stoffen, ammoniak en zwavelhoudende verbindingen, zijn zodanig laag dat het niet aannemelijk is dat gezondheidkundige grenswaarden worden overschreden. Over de gezondheidseffecten van bio-aerosolen (micro-organismen die worden verspreid door de lucht, zoals bacteriën en schimmels) die tijdens het composteerproces in de omgeving vrij kunnen komen, is weinig bekend. Vanwege de beperkt beschikbare studies is het vooralsnog niet mogelijk hierover conclusies te trekken.

Dit blijkt uit een literatuuronderzoek van het RIVM naar de gezondheidsaspecten van wonen in de buurt van composteerbedrijven van GFT- en groenafval. Hierbij is het composteerproces beschouwd, de mogelijk schadelijke effecten van stoffen en bio-aerosolen, en welke gezondheidseffecten in de buurt van deze bedrijven voorkomen.

Om meer duidelijkheid te krijgen over mogelijke risico's voor de gezondheid van bewoners in de buurt van composteerbedrijven zijn methoden nodig om de blootstelling aan bioaerosolen te meten. Daarnaast is het nuttig om een beoordelingskader vast te stellen op basis waarvan de mogelijke risico's van bio-aerosolen kunnen worden getoetst. Hiervoor kan worden aangesloten bij een nog op te stellen beoordelingskader voor gezondheidsaspecten bij de intensieve veehouderij.

Trefwoorden:

compost, gezondheid, geur, bio-aerosool, micro-organismen, GFT

Abstract

Health aspects associated with living in the vicinity of a compost company

A literature study

People living nearby companies that produce compost from plants vegetable, garden and fruit waste (GFT) may be exposed to unpleasant odours. This may lead to those residents becoming anxious about their health. The measured concentrations of chemical substances in the surroundings of these compost companies, such as various volatile organic substances, ammonia and sulphurated compounds, have been found are low and will not exceed the risk levels. Little is known with regard to the health effects of bio aerosols or airborne particles (micro-organisms that are spread through the air, such as bacteria and fungi) that may be released during the composting process. It is not possible to make any conclusions on this point, however, due to the limited number of studies available.

This has become clear from a literature study conducted by the National Institute for Public Health and the Environment (RIVM) into the health aspects of people living nearby companies producing GFT compost. The study covered the compost process, the possible harmful effects of substances and bio aerosols and looked at the health effects on people living in the vicinity of these companies.

In order to gain more insight into the possible health risks for people living nearby a compost company, methods are needed to measure the exposure levels of bio aerosols. In addition, it would be useful to set up an assessment framework on which the possible risks of bio aerosol exposure could be monitored. Such a framework could link up with a future assessment framework for health aspects associated with intensive livestock farming.

Key words:

compost, health, odour, bio aerosols, micro-organisms, GFT

Inhoud

Samenvatting—9

1 Inleiding—11

- 1.1 Aanleiding—11
- 1.2 Verschil tussen GFT en groenafval—11
- 1.3 Afbakening—11
- 1.4 Aanpak—12

2 Compost en het decompositieproces—13

- 2.1 Wat is composteren?—13
 - 2.1.1 Materialen die gecomposteerd kunnen worden (uitgangsmateriaal)—13
 - 2.1.2 De rol van micro-organismen—14
- 2.2 Fasen in het composteerproces—14
- 2.3 Factoren in het composteerproces—15
 - 2.3.1 Micro-organismen—15
 - 2.3.2 Vochtigheid—15
 - 2.3.3 Temperatuur—15
 - 2.3.4 Zuurgraad—16
 - 2.3.5 Beluchting—16
 - 2.3.6 Deeltjesgrootte—16
 - 2.3.7 Wormen—16
- 2.4 Verspreiding van stoffen naar de omgeving—16
- 2.5 Composteren in Nederland—17

3 Emissie van stoffen tijdens compostering van afval—19

- 3.1 Beschikbare informatie samengevat—19
- 3.2 Concentraties stoffen in de omgeving—19
- 3.3 Risico's gemeten stoffen—20
- 3.4 Geurhinder bij composteerbedrijven—21
- 3.5 Conclusie—21

4 (Pathogene) micro-organismen in compost—23

- 4.1 Beschikbare informatie samengevat—23
- 4.2 Aanpak/afbakening—23
- 4.3 Bio-aerosolen—24
- 4.4 Soorten micro-organismen in compost—24
 - 4.4.1 Bacteriën—24
 - 4.4.2 Schimmels—24
 - 4.4.3 Virussen—25
 - 4.4.4 Parasitaire protozoa—25
- 4.5 Respiratoire pathogenen en toxines in compost—25
 - 4.5.1 Bacteriën—25
 - 4.5.1.1 Legionella—25
 - 4.5.1.2 Mycobacteriën—26
 - 4.5.1.3 Overige respiratoire bacteriën—26
 - 4.5.2 Schimmels—26
 - 4.5.3 Toxines—27
- 4.6 Groei en afsterving van micro-organismen in compost—27
- 4.7 Afsterving in bio-aerosolen—27
- 4.8 Studies naar verspreiding rondom composteerbedrijven—28
- 4.9 Gezondheidsrisico's—28
 - 4.9.1 Bekende gezondheidsrisico's—28

4.9.2 Kennishiaten bij het duiden van de gezondheidsrisico's—29

5 Gezondheidseffecten bij omwonenden van composteerbedrijven—31

5.1 Beschrijving van de literatuur—31

5.2 Beschouwing van de literatuur—32

6 Conclusies en vervolgonderzoek—33

6.1 Samenvattende conclusie literatuuronderzoek—33

6.2 Beantwoording van de onderzoeksvragen—33

6.3 Richting voor vervolgonderzoek—34

Literatuur—35

Bijlage 1: GFT-composteerinstallaties in Nederland—41

Bijlage 2: Wet- en regelgeving GFT en groencomposteren in Nederland—43

Bijlage 3: Compostering van groenafval (overgenomen uit de NeR)—45

Bijlage 4: GFT-compostering (overgenomen uit de NeR)—53

Bijlage 5: Samenvatting van studies naar de emissie van chemische stoffen tijdens compostering van afval—59

Bijlage 6: Gezondheidskundige grenswaarden—67

Samenvatting

Omwonenden van composteerbedrijven in Nederland uiten regelmatig hun bezorgdheid bij de GGD'en over de gezondheidsrisico's van het wonen in de buurt van deze bedrijven. De GGD'en hebben het centrum Gezondheid en Milieu (cGM) van het RIVM gevraagd of er informatie bekend is over de gezondheidsrisico's van het wonen nabij composteerbedrijven. Daarom is een literatuurstudie uitgevoerd naar wat bekend is over de aanwezigheid van chemische stoffen en micro-organismen rondom composteerbedrijven, en over het vóórkomen van gezondheidsklachten bij omwonenden. Dit is beperkt tot omwonenden van composteerbedrijven waar groenafval en/of Groente-, Fruit- en Tuinafval (GFT) wordt verwerkt.

Chemische stoffen

De beschikbare onderzoeken over de emissie van chemische stoffen en geuren laten zien dat de aard van het verwerkte afval (bv. tuinafval versus huishoudelijk GFT-afval) zal leiden tot verschillen in geëmitteerde stoffen en concentraties. Bij compostering van tuinafval zijn terpenen te verwachten. Deze stoffen zijn verantwoordelijk voor de waargenomen lichte, als 'compostachtig' aangeduide, geur rond de bedrijven. Bij compostering van voedselafval komen naast terpenen ook sulfiden en azijnzuur vrij. Gezien de gemeten concentraties van de diverse gevonden stoffen lijkt de kans gering dat in de omgeving van composteerbedrijven gezondheidskundige grenswaarden worden overschreden. Een aantal stoffen, vooral de zwavelverbindingen, kunnen wel tot geuroverlast in de omgeving leiden.

Bio-aerosolen

Voor blootstelling van omwonenden aan bio-aerosolen van composteerbedrijven is vooral verspreiding door de lucht van belang. Uit de beschikbare onderzoeken over de verspreiding van bio-aerosolen rondom composteerbedrijven valt een algemeen beeld af te leiden tussen een afname in de concentratie bio-aerosolen in de omgevingslucht met een toenemende afstand tot het composteerbedrijf. Echter, blootstellingresponsrelaties voor bio-aerosolen zijn niet voorhanden. Ook zijn er geen uitbraken van infectieziekten rondom composteerbedrijven beschreven.

Gezondheidsklachten

Studies rapporteren verschillende conclusies over gezondheidsklachten bij omwonenden van composteerbedrijven. Vooral nog is er in de wetenschappelijke literatuur onvoldoende bewijs voor het vaststellen van een algemeen verband tussen het wonen in de buurt van een composteerbedrijf en het voorkomen van gezondheidsklachten.

Kortom

De beschikbare studies over de blootstelling van omwonenden aan de stoffen die vrijkomen bij composteerinstallaties en de gevolgen hiervan zijn beperkt. De concentratie van chemische stoffen lijkt relatief laag te zijn. De kans dat hierbij gezondheidskundige grenswaarden worden overschreden is gering. Voor bio-aerosolen geldt een afnemende concentratie in de omgevingslucht met een toenemende afstand tot het composteerbedrijf. Echter, blootstellingresponsrelaties voor bio-aerosolen zijn niet voorhanden. Vooral nog is er in de wetenschappelijke literatuur onvoldoende bewijs voor het vaststellen van een algemeen verband tussen het wonen in de buurt van een composteerbedrijf en het voorkomen van gezondheidsklachten.

Hoe nu verder?

Het uitvoeren van kleine, lokale studies zal naar verwachting slechts gering bijdragen aan een goed antwoord op vragen van omwonenden over micro-organismen, omdat goede detectiemethoden en inzicht in blootstellingresponsrelaties ontbreken. Om meer duidelijkheid te krijgen wordt daarom aanbevolen om studies uit te voeren die bijdragen aan de ontwikkeling van bruikbare detectiemethoden van bio-aerosolen. Daarnaast is het nuttig om een kader vast te stellen voor de (microbiologische) risico's voor omwonenden van composteerbedrijven, en hierbij aan te sluiten bij een nog op te stellen beoordelingskader over de intensieve veehouderij.

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

Omwonenden van composteerbedrijven in Nederland uiten regelmatig hun bezorgdheid bij de GGD'en over de gezondheidsrisico's van het wonen in de buurt van deze bedrijven.

De GGD'en hebben het centrum Gezondheid en Milieu (cGM) van het RIVM gevraagd of er informatie bekend is over de gezondheidsrisico's van het wonen nabij composteerbedrijven. De onderzoeksvraag is als volgt geformuleerd:

Kan het wonen in de nabijheid van composteerbedrijven leiden tot gezondheidseffecten, en zo ja,

- *welke gezondheidseffecten (inclusief geurhinder),*
- *tot op welke afstand van het bedrijf zijn deze effecten te verwachten,*
- *welke componenten zijn verantwoordelijk voor de gevonden effecten en zijn er concentraties bekend,*
- *en kunnen de betreffende componenten worden gemeten?*

In hoofdstuk 6 wordt getracht deze vragen te beantwoorden.

1.2 Verschil tussen GFT en groenafval

In de Nederlandse wet- en regelgeving (NeR: Nederlandse emissierichtlijn) is een onderscheid gemaakt tussen GFT- en groenafval en de verwerking hiervan.

Groente-, Fruit- en Tuinafval (GFT-afval) is al het organisch afval (bioreststoffen) van (on)gekookte groente, fruit en andere etensresten en het kleinschalige afval afkomstig uit de tuin (zoals bladeren, gras en dergelijke). Dit afval is meestal afkomstig uit keukens en tuinen van particulieren en van keukens van restaurants en bedrijven.

Groenafval is plantaardig afval dat vrijkomt bij de aanleg en het onderhoud van openbaar groen, bos- en natuurterreinen. Het betreft tevens afval dat hiermee te vergelijken is, zoals grof tuinafval, berm- en slootmaaisel, afval van hoveniersbedrijven en groenbeheerders en het plantaardig afval dat vrijkomt bij land- en tuinbouwbedrijven (agrarisch afval).

Het onderscheid tussen GFT en groenafval is niet aanwezig in de voor dit rapport gebruikte internationale wetenschappelijke literatuur. Daarom worden in dit rapport composteerbedrijven beschouwd als bedrijven waar zowel groenafval als GFT-afval wordt gecomposteerd. Wel wordt in de bijlage verwezen naar de verschillen in wet- en regelgeving tussen compostering van groenafval en GFT-afval in Nederland.

1.3 Afbakening

Deze literatuurstudie gaat alleen over de verwerking van groenafval en GFT-afval. De verwerking van andere soorten organisch afval, zoals mestverwerking, dierlijke afvalverwerking, slibverwerking en waterzuiveringsinstallaties, wordt niet besproken in dit rapport.

1.4 Aanpak

Er is een literatuuronderzoek uitgevoerd naar de gezondheidseffecten van groencomposteren en er zijn Nederlandse bronnen bestudeerd.

Het onderzoek is begeleid door een klankbordgroep, die als volgt was samengesteld:

- Ingrid Links, Bureau Gezondheid, Milieu en Veiligheid, GGD'en Brabant / Zeeland;
- Tiny Habets, GGD Rotterdam-Rijnmond;
- Rob van Strien, GGD Amsterdam;
- Inge Wouters, IRAS, Universiteit Utrecht.

2 Compost en het decompositieproces

2.1 Wat is composteren?

Composteren is een natuurlijk biologisch decompositieproces waarbij micro-organismen organische stoffen omzetten in CO₂, water en humusachtig materiaal (compost). Bij dit proces komt ook warmte vrij. In feite wordt het natuurlijke proces in bijvoorbeeld een bosbodem nagebootst. Bij afvalverwerkingsbedrijven gebeurt deze omzetting onder gecontroleerde omstandigheden voor wat betreft vochtigheid, temperatuur, beluchting en menging. Van de oorspronkelijke hoeveelheid afval blijft uiteindelijk na composteren ongeveer 40% massa over in de vorm van compost, wat gebruikt wordt als organische meststof en bodemverbeteraar.

2.1.1 *Materialen die gecomposteerd kunnen worden (uitgangsmateriaal)*

Te composteren afval bestaat gemiddeld uit 60% water, 20% inert materiaal (zoals zand) en 20% organisch materiaal. In principe kunnen alle biologisch afbreekbare materialen gecomposteerd worden. Echter, niet alle materialen of decompositieprocessen leiden tot een goede kwaliteit compost. Of een materiaal geschikt is voor compostering hangt onder andere af van de zogenoemde C/N-verhouding, oftewel de verhouding tussen elementair koolstof en stikstof in het uitgangsmateriaal. Goed composteerbaar materiaal kenmerkt zich door een hoge C/N-verhouding. Zo heeft plantaardig (houtig) materiaal een C/N-verhouding van meer dan 50:1 (onder andere hout, stro, gewasresten). Gras, fruit en bladresten hebben een iets lagere C/N-ratio (20-50:1). Dierlijke resten en meststoffen hebben de laagste C/N-verhouding (vaak minder dan 20:1).

Tijdens compostering daalt de C/N-verhouding in het uitgangsmateriaal. Door het composteerproces wordt het aanwezige koolstof omgezet in CO₂. Dit ontsnapt als gas uit het composteerproces. Echter, een groot deel van de stikstof ontsnapt niet en wordt in het proces weer hergebruikt. Uiteindelijk zal de C/N-verhouding stabiliseren rond de 10:1 à 20:1. Bij te lage C/N-verhouding zal een groter deel van de stikstof uit het systeem verdwijnen, via de vorming van vluchtige stikstofhoudende verbindingen wat kan resulteren in geuroverlast (bijvoorbeeld ammoniak, trimethylamine) of door uitspoeling.

Indien er ook dierlijk materiaal in het afval zit, speelt naast stikstof ook zwavel een rol in het composteerproces. De aanwezigheid van zwavel leidt bij composteren tot de vorming van zwavel bevattende stoffen, zoals dimethylsulfide, trimethylsulfide, koolstofdissulfide en soms zwavelwaterstof. Deze kunnen voor geuroverlast zorgen. In principe bevat groenafval geen dierlijk materiaal. GFT-afval kan kleine hoeveelheden dierlijk materiaal bevatten (voedselresten). Ook kan het verontreinigd zijn met andere soorten huishoudelijk afval, zoals papier en plastic.

Er gelden strenge normen voor zware metalen in compost. Zware metalen in het uitgangsmateriaal zullen voor het grootste deel in de compost achterblijven, en door de massa- en volumereductie feitelijk zelfs geconcentreerd worden. Ook het composteerproces zelf kan beïnvloed worden door (te) hoge concentraties zware metalen. Daarom is het van belang om uitgangsmateriaal te gebruiken zonder verhoogde concentraties zware metalen.

Voor een goede samenstelling van uitgangsmateriaal worden vaak meerdere composteerbare materialen gemengd zodat een optimale samenstelling wordt verkregen voor wat betreft de C/N-verhouding. Het is mogelijk om de nutriëntenconcentratie van het uitgangsmateriaal te verbeteren door extra kunstmatige componenten (nutriënten) toe te voegen, zoals specifieke kunstmestmengsels (minerale stikstof of fosfaat). Hiermee wordt het decompositieproces geoptimaliseerd.

2.1.2 *De rol van micro-organismen*

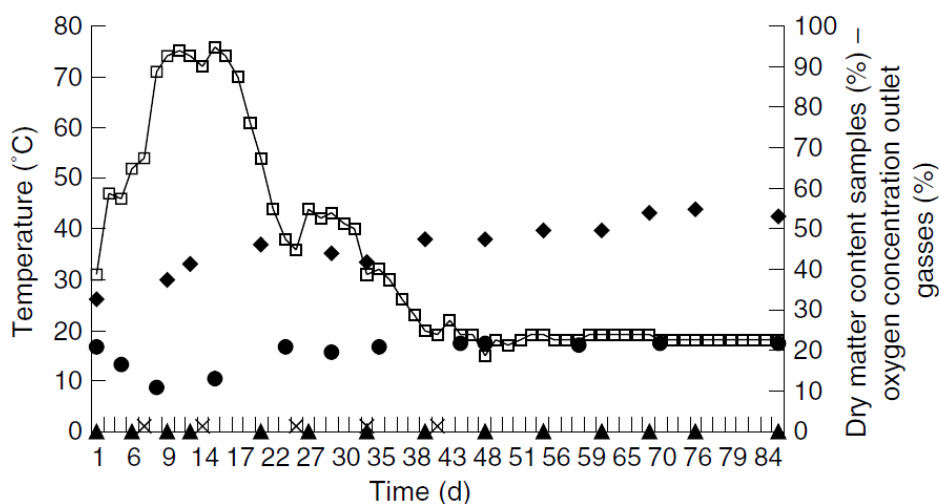
Decomposerende micro-organismen zijn bacteriën, actinomyceten, schimmels en sommige invertebraten. Ze komen overal in het milieu voor. In de bodem is decompositie een sleutelproces van het ecosysteem. De decomposerende organismen gebruiken koolstof voor hun metabolisme (koolstof- en energiebron) en stikstof voor de groei. Tijdens het decompositieproces breken ze complexe organische moleculen af tot eenvoudigere verbindingen. Theoretisch kan alle koolstof in het uitgangsmateriaal geoxideerd worden tot CO₂. In de bodem is de halfwaardetijd van vers toegepaste compost ongeveer een jaar (Fortuna et al. 2003). Maar in diezelfde bodem komen zeer stabiele koolstofverbindingen voor die ouder zijn dan 10.000 jaar (Knorr et al. 2005). Voor een goede compostering en de productie van kwalitatief goede compost is het daarom van belang dat er veel componenten aanwezig zijn met verschillende halfwaardetijden. Een deel zal relatief snel worden afgebroken, waarbij de geproduceerde afbraakproducten beschikbaar komen voor andere planten en organismen in de bodem. Deze planten en organismen kunnen de gevormde afbraakproducten weer verder omzetten naar secundaire afbraakproducten. Deze cyclus gaat door zolang er nutriëntrijke afbraakproducten aanwezig blijven. Deze combinatie zorgt voor een divers palet aan verschillende organismen in de compost, een goede structuurverbetering van de bodem en het geeft de bodem een beschermende laag, ook wel Mulch-effect genoemd. Zie hoofdstuk 4 voor uitgebreide informatie over micro-organismen.

2.2 **Fasen in het composteerproces**

Bij composteerbedrijven wordt het organisch afval in verschillende partijen (batches) gecomposteerd. Onder optimale omstandigheden doorloopt het composteerproces in deze batches drie verschillende fasen: de mesofiele fase, de thermofiele fase en de afkoelings-/rijpingsfase. De samenstelling van de organismen verandert gedurende de verschillende fasen (zie ook Figuur 2.1).

1. Tijdens de mesofiele fase (gematigde temperatuur) zorgen mesofiele micro-organismen voor een snelle afbraak van eenvoudig afbreekbare verbindingen. Hierbij komt warmte vrij die zorgt voor stijging van de temperatuur in de batch. Deze fase duurt enkele dagen.
2. De thermofiele fase (hoge temperatuur) begint door toename van de temperatuur. Boven 40 °C nemen thermofiele micro-organismen geleidelijk het composteerproces over van de mesofiele micro-organismen. Boven 55 °C sterven vele pathogenen (micro-organismen die schadelijk kunnen zijn voor mensen). Boven 70 °C vertraagt het hele proces omdat dan ook de thermofiele micro-organismen door de temperatuur geremd worden. Gedurende de thermofiele fase zorgt de warmte voor een versnelde afbraak van cellulose en hemicellulose. Dit zijn de belangrijkste bouwstenen van plantaardig materiaal en ze zijn in het uitgangsmateriaal ruim voorradig.

3. De afkoelings-/rijpingsfase komt op gang als de energiebron voor het composteerproces langzaam opraakt. Hierdoor daalt de temperatuur weer naar gematigde waarden, waarbij de nog toegankelijke, resterende moleculen worden afgebroken.



Figuur 2.1. Het composteerproces in een batch. Het temperatuurverloop in °C (□), droge stof concentratie van het composteringsmateriaal in % (◆) en de concentratie zuurstof tijdens het proces in % (●) tijdens het composteerproces uitgezet tegen de tijd. Figuur overgenomen uit Ryckeboer et al. (2003). De figuur bevat ook een x en ▲. Deze worden echter buiten beschouwing gelaten.

2.3 Factoren in het composteerproces

2.3.1 Micro-organismen

Gedurende de verschillende fasen verandert de totale hoeveelheid van de micro-organismen (voornamelijk bacteriën, actinomyceten en schimmels) meestal niet veel, maar de soortensamenstelling varieert wel sterk. Een grote dynamiek is typerend voor dergelijke batch-processen. De thermofiele bacteriën nemen het na een paar dagen over van de mesofiele bacteriën. Hoewel de soortenrijkdom bij de thermofiele schimmels gering is, spelen ze samen met de thermofiele bacteriën een belangrijke rol gedurende de thermofiele fase. Actinomyceten, bacteriën met een filamenteuze (draadachtige) morfologie, kunnen tijdens de thermofiele en daaropvolgende mesofiele fase tijdelijk domineren, soms zelfs zo sterk dat ze aan het oppervlak van de batch zichtbaar worden.

2.3.2 Vochtigheid

Voor een optimaal composteerproces is de vochtigheid van cruciaal belang. Een gematigde vochtigheid van 40% tot 60% is optimaal. Teveel vocht resulteert in een zuurstofarm (anaeroob) composteerproces. Dit zorgt ervoor dat de oxidatie van koolstof in het uitgangsmateriaal naar CO₂ niet goed verloopt. Hierdoor ontstaan er vluchtige organische verbindingen die geuroverlast kunnen veroorzaken.

2.3.3 Temperatuur

Hoge temperaturen zijn cruciaal voor het composteerproces en zorgen voor het onschadelijk maken van pathogenen, inclusief het onderdrukken van onkruiden bij de latere toepassing van de gerijpte compost. Hoge temperaturen zijn ook

indicatief voor de monitoring van het verloop van het proces. Als vuistregel voor een optimale compostering wordt een periode van minstens 3 dagen van 55 °C gehanteerd. Lage temperaturen betekenen een lage microbiële activiteit en kunnen een gebrek aan zuurstof, vocht, of menging aangeven. Via beluchting en menging kan de temperatuur in de kern van de batch worden gecontroleerd.

2.3.4 *Zuurgraad*

Het uitgangsmateriaal is meestal enigszins aan de zure kant (pH < 7). Tijdens het composteerproces neemt de pH iets toe. Tijdens het proces worden zowel basische moleculen (bijvoorbeeld ammoniak) als zure moleculen (bijvoorbeeld organische vetzuren) geproduceerd. Gerijpte compost is meestal licht basisch en heeft een grote buffercapaciteit voor de pH.

2.3.5 *Beluchting*

Composteringssystemen worden onderscheiden naar het zuurstofverbruik. Bij aerobe compostering komen, in tegenstelling tot anaerobe vergisting, weinig geurende stoffen vrij. De toevoeging van zuurstof kan geregeld worden door de batch regelmatig te mengen/keren of via een actieve beluchtinginstallatie. Echter, de timing en dosering van de beluchting en de zuurstoftoevoer is lastig. Het overmatig mengen en keren is meestal niet nadelig voor het gehele composteerproces, maar kan wel de temperatuur doen dalen. Te weinig keren en mengen of te weinig beluchting kan een gedeeltelijk anaerobe toestand in de batch en geurvorming veroorzaken. Over het algemeen dient de zuurstofconcentratie niet lager te worden dan ongeveer 10%.

2.3.6 *Deeltjesgrootte*

De grootte van de deeltjes in de batch beïnvloedt de verdeling van zuurstof en vocht in de batch. Bij grote deeltjes is de toegankelijkheid van moleculen voor de decomposterende gemeenschap beperkt, waardoor het proces langer duurt. Bij te kleine deeltjes klit het materiaal samen waardoor zuurstofoverdracht en kooldioxide-afgifte geremd worden. Wanneer actieve beluchting wordt toegepast kunnen de deeltjes kleiner gemaakt worden tot maximaal 1 cm. Bij composthopen zijn deeltjes tot maximaal 5 cm geschikt.

2.3.7 *Wormen*

Vooraf aan het eind van het composteerproces bevinden zich vaak wormen in de batch. Deze helpen om het rijpingsproces te versnellen, doordat ze (te) grof materiaal fijnmaken en organisch materiaal gedeeltelijk verteren via de passage door hun darmsysteem. Het maakt voor de elementaire samenstelling van de compost weinig uit of wormen bij het proces betrokken worden. Compost van een systeem met wormen wordt ook vermicompost genoemd.

2.4 **Verspreiding van stoffen naar de omgeving**

Deze paragraaf beschrijft de invloed van het composteerproces op de verspreiding van stoffen naar de omgeving. In hoofdstuk 3 wordt ingegaan op chemische stoffen die kunnen vrijkomen, hoofdstuk 4 behandelt de bio-aerosolen.

Composteerfaciliteiten zijn er in verschillende soorten en maten: van simpele composteerhopen tot en met volledig gecontroleerde en gesloten reactorsystemen. Vanwege de vele verschillende composteerinrichtingen, de grote variëteit in uitgangsmateriaal, en de heterogeniteit in het gehele composteerproces, is het ingewikkeld om op voorhand te voorspellen welke

stoffen wanneer en in welke hoeveelheden vrijkomen, intern worden hergebruikt en/of weer worden afgebroken.

Meestal vervluchtigen kleine hoeveelheden gereduceerde verbindingen bij composteerinrichtingen. Op de totale massabalans van het gehele composteerproces zijn dit meestal marginale hoeveelheden, maar ze kunnen wel geuroverlast veroorzaken. Bij de lowtechsystemen zal deze verspreiding relatief groter zijn omdat er geen of beperkte maatregelen worden genomen om dit te voorkomen.

Uit een vergelijking van verschillende onderzoeken lijkt het aanpassen van de omstandigheden de beste strategie om vervluchtiging te beperken. Elwell et al. (2004) hebben aangetoond dat bij continue beluchting meer vluchtige stoffen (twee keer meer ammoniak en vier keer meer vluchtige organische vetzuren) vrijkomen, dan bij beperkte beluchting. Dit kan verklaard worden doordat bij beluchting het composteerproces sneller verloopt, waardoor de vluchtige stoffen niet meer intern kunnen worden afgebroken. De beluchting dient dus geoptimaliseerd te worden. Het spreekt voor zich dat de optimale beluchting afhankelijk is van uitgangsmateriaal, temperatuur, deeltjesgrootte en menging.

Een andere strategie om verspreiding van stoffen te beperken is om de batch van een afdekkende laag gerijpte compost te voorzien (Maeda et al., 2009). In gerijpte compost is de temperatuur lager, zijn de concentraties van makkelijk afbreekbare verbindingen lager, maar zijn de decomposterende organismen nog wel in overmaat aanwezig. Deze hebben een relatief lage activiteit, maar kunnen toch eventuele makkelijk afbreekbare verbindingen snel 'vangen' en afbreken, voordat ze het systeem verlaten. Maeda et al. (2010) toonden aan dat de totale ammoniakuitstoot drie keer lager was nadat een composthoop werd afgedekt met gerijpte compost.

2.5 Composteren in Nederland

Het composteren van organisch afval tot bruikbare compost is een aantrekkelijke en kosteneffectieve strategie. Er zijn in de loop van de tijd verschillende en steeds meer geavanceerde technieken bedacht om composteren op grote schaal zo efficiënt mogelijk te laten verlopen. In 1932 werd door de VAM de eerste grote composteeringsfaciliteit in Nederland gerealiseerd op basis van het zogenoemde Van Maanen-proces. Hierbij werd het materiaal zonder enige voorbehandeling op hopen gelegd en bevochtigd. Spontane microbiologische activiteit zorgde voor de afbraak. Deze methode wordt tegenwoordig nog veel gebruikt in ontwikkelingslanden, omdat slechts weinig technologie vereist is. In de jaren 70 werd in de Verenigde Staten het systeem met beluchte tunnelcompostering ontwikkeld. De laatste jaren staat het vergisten gecombineerd met composteren in de belangstelling. Deze methode zorgt ook voor een bijdrage aan het halen van klimaatdoelstellingen, doordat er bij geavanceerde composteerinrichtingen door vergisting naast compost ook biogas, warmte en elektriciteit worden geproduceerd.

Zoals in hoofdstuk 1 al aangegeven, is er in Nederland een onderscheid tussen verwerking van GFT-afval en groencompost. Voor GFT-afval maken de composteerbedrijven (22 in totaal in 2009) gebruik van een zevental systemen die het uitgangsmateriaal composteren of eerst vergisten en daarna composteren (Bijlage 1, vereniging afvalbedrijven, 2010). Naast deze GFT-verwerkers zijn er in Nederland ook bedrijven waar alleen groencompost wordt verwerkt. Hiervan zijn een veertigtal bedrijven aangesloten bij de

Branchevereniging Organische Reststoffen (BVOR, 2011). In bijlagen 2, 3 en 4 wordt ingegaan op de wet- en regelgeving in Nederland omtrent GFT en groencomposten (te vinden via www.infomil.nl).

De afgelopen jaren is de hoeveelheid aangeboden GFT-afval in hoeveelheden kiloton (kton) licht afgenomen (Tabel 2.1). In 2005 werd 1367 kton verwerkt. In 2009 was dit gedaald tot 1258 kton. In dezelfde periode is het totaal verwerkt afval redelijk constant gebleven (zie Tabel 2.1; Agentschap NL, 2010). Deze waarden komen redelijk overeen met waarden die gerapporteerd zijn in het rapport Milieuverslag GFT-afval 2009 van de vereniging afvalbedrijven (vereniging afvalbedrijven, 2010).

Tabel 2.1: Hoeveelheden verwerkt GFT-afval in Nederland (2005-2009).

Verwerkingwijze	Hoeveelheden afval (kton)				
	2005	2006	2007	2008	2009
Storten:					
Netto gestort	3.172	3.590	3.684	2.996	2.324
Bbk-bouwstoffen	337	400	523	604	342
totaal op de stort gebracht	3.509	3.990	4.207	3.600	2.665
Storten in eigen beheer	100	65	61	77	75
Verbranden	5.502	5.542	5.788	6.053	6.333
Totaal verwijderd	9.111	9.597	10.055	9.730	9.073
Composteren en vergisten gft-afval	1.367	1.313	1.339	1.289	1.258
Totaal verwerkt	10.478	10.910	11.394	11.019	10.331
Slibverwerking	312	305	310	311	307

Tabel overgenomen uit rapport Afvalverwerking in Nederland (Agentschap NL, 2010). Deze tabel geeft enkel een overzicht van de verwerking van GFT-afval. De verwerking van groencompost is niet in deze tabel opgenomen.

3 Emissie van stoffen tijdens compostering van afval

3.1 Beschikbare informatie samengevat

Er is zeer beperkte informatie over de blootstelling van omwonenden aan chemische stoffen die vrijkomen bij het composteerproces en de daaraan mogelijk verbonden gezondheidsrisico's. De meest relevante metingen komen uit Duitsland, waar luchtmetingen verricht werden op verschillende afstanden van enkele composteerbedrijven (Müller et al., 2004a). Vergelijkbare onderzoeken voor andere landen ontbreken. De enige verdere informatie over luchtconcentraties betreft metingen in de binnenlucht van een aantal composteerbedrijven in de Verenigde Staten en van een moderne installatie in Spanje. Daarnaast is in enkele laboratoriumexperimenten de emissie van organische componenten en geurveroorzakende stoffen tijdens het composteeringsproces bestudeerd.

In bijlage 5 worden alle beschikbare studies kort samengevat. Omdat de gegevens fragmentarisch zijn, is het trekken van algemene conclusies slechts zeer beperkt mogelijk. De resultaten van de verschillende studies ondersteunen wel het idee dat variatie in de aard van het verwerkte afval (bijvoorbeeld tuinafval versus huishoudelijk GFT-afval) zal leiden tot verschillen in geëmitteerde stoffen en concentraties. De beschikbare onderzoeken over de emissie van chemische stoffen en geuren laten het volgende patroon zien.

- Bij compostering van tuinafval komen vooral terpenen vrij (onder andere limoneen en α -pineen). In de goed uitgeruste composteringsinstallaties zoals onderzocht door Müller et al (2004a) waren deze terpenen verantwoordelijk voor de waargenomen lichte, als 'compostachtig' aangeduide, geur rond de bedrijven.
- Bij compostering van voedselafval komen naast terpenen ook sulfiden (dimethylsulfide, dimethydisulfide), alcoholen (butanol), ketonen (aceton, butanon) en azijnzuur vrij. Aanwezigheid van vis- en vleesafval leidt tot ammoniak- en aminevorming (methylamine).
- Aanwezigheid van stikstof in de vorm van mest leidt tot aanzienlijk verhoogde vorming van ammoniak tijdens compostering. Ook lachgas (N_2O) kan dan gevormd worden. Aanwezigheid van dierlijke mest gaat daarnaast gepaard met potentieel stankveroorzakende emissie van zwavelverbindingen (H_2S , methylmercaptaan, dimethylsulfide, dimethydisulfide).
- In wat in de literatuur wordt aangeduid als 'stedelijk bioafval' komen vooral in de vroege fase van compostering aromatische koolwaterstoffen vrij zoals toluen, ethylbenzeen en verwante alkylbenzenen. Ook tri- en tetrachloorethyleen en 1,4-dichloorbenzeen zijn gemeten. Deze stoffen zijn waarschijnlijk al aanwezig in het aangevoerde afval.
- In de composthoop kan vorming van koolmonoxide optreden. Dit doet zich voor bij tuinafval en ook bij compostering van stromest.
- De vochtigheidsgraad en beluchting dienen optimaal te zijn. Een tekort aan zuurstof zorgt ervoor dat de oxidatie van koolstof in het uitgangsmateriaal naar CO_2 niet goed verloopt. Hierdoor ontstaan er andere vluchtige organische verbindingen die gepaard gaan met geuroverlast (zie ook hoofdstuk 2).

3.2 Concentraties stoffen in de omgeving

De omstandigheden, composteertechniek en uitgangsmateriaal verschillen van installatie tot installatie. Vanwege deze grote variatie is het lastig om te

voorspellen welke stoffen en in welke concentratie vrijkomen in de omgeving in een specifieke situatie.

In Duitsland zijn metingen uitgevoerd bij twee goed uitgeruste composteerinstallaties voor plantafval en stedelijk bioafval (Müller et al., 2004a). Op afstanden van 50 tot 800 meter werden terpenen als de veruit dominante vluchtige organische componenten (VOC) waargenomen. Echter, in absolute zin waren de concentraties gering (totale VOC-concentratie maximaal rond 50 µg/m³). In deze studie werden geen BTEX (benzeen, toluene, ethylbenzeen, xylenen) en aanverwante verbindingen aangetroffen.

Uit studies naar de concentraties in de binnenlucht van composteerinstallaties of in de composteerhoop zelf blijkt dat BTEX en verwante alkybenzenen vroeg in het composteerproces kunnen vrijkomen. Waarschijnlijk waren deze stoffen in deze studies al aanwezig in het aangevoerde afval (bijvoorbeeld afkomstig uit drukwerk, oplosmiddelen, verfresten e.d.). Deze stoffen kunnen binnen de bedrijven zelf leiden tot somconcentraties van maximaal enkele milligrammen per m³. De relevantie van deze bevindingen voor de Nederlandse situatie is niet duidelijk, omdat er in Nederland mogelijk een efficiëntere afvalscheiding plaatsvindt dan op de locatie waar de studie is uitgevoerd.

Van een aantal andere stoffen is zoals boven beschreven de vorming en emissie tijdens het composteerproces aangetoond. Het gaat hierbij om ammoniak, zwavelverbindingen (H₂S, dimethylsulfide, dimethyldisulfide, methylmercaptaan), azijnzuur, butanol, aceton en butanon. Het vrijkomen van deze stoffen kan tot geringe blootstelling van omwonenden leiden. Samengevat lijkt er op basis van de beperkte beschikbare literatuur bij de modernste composteerinstallaties en -werkwijzen in de omgeving geen hoge concentraties van deze verbindingen te zullen optreden.

3.3 Risico's gemeten stoffen

Toetsing op mogelijke gezondheidseffecten bij omwonenden kan worden uitgevoerd door de gemeten concentraties chemische stoffen te vergelijken met de beschikbare gezondheidkundige grenswaarden voor de algemene bevolking (Toelaatbare Concentraties Lucht, TCL's). Voor de meeste van de in individuele studies aangetoonde chemische stoffen zijn dergelijke grenswaarden beschikbaar. In Bijlage 6 is een overzicht te vinden van beschikbare grenswaarden voor stoffen die bij composteerbedrijven kunnen vrijkomen. Ook geeft deze bijlage enige toxicologische informatie over stoffen waarvoor geen TCL's beschikbaar zijn.

Gezien de gemeten concentraties van de gevonden stoffen lijkt de kans gering dat in de omgeving van composteerbedrijven gezondheidkundige grenswaarden worden overschreden. In de hallen van overdekte composteerbedrijven kunnen hogere concentraties aanwezig zijn. Voor wat betreft gezondheidkundige toetsing dienen deze concentraties te worden vergeleken met de desbetreffende arbeidstoxicologische grenswaarden (die hoger liggen dan de gezondheidkundige grenswaarden voor de algemene bevolking). Een overschrijding van deze arbeidstoxicologische grenswaarden lijkt, gezien de gerapporteerde concentraties en de hoogte van de grenswaarden, op voorhand niet aannemelijk. Wel komen enkele stoffen vrij die voor geuroverlast kunnen zorgen. De volgende paragrafen gaan meer in op de aspecten van geurhinder bij composteerbedrijven.

3.4 Geurhinder bij composteerbedrijven

Het composteren van groenafval en GFT kan gepaard gaan met geuroverlast bij omwonenden. Dit wordt veroorzaakt door gassen en vluchtige organische stoffen die bij de afbraak van organisch materiaal vrij kunnen komen. In enkele studies zijn in de omgeving van composteerbedrijven concentraties van verschillende gasvormige componenten in de lucht gemeten. Deze concentraties zijn met de betreffende geurdrempels vergeleken. Uit deze beperkte set van studies kwamen veelal dezelfde stoffen naar voren waarbij de gemeten concentratie boven de geurdrempel uit kwam. Het gaat hierbij om onder andere ammoniak, amines, dimethylsulfide enkele terpenen en azijnzuur. (Tsai et al., 2008; Mao et al., 2006; Müller et al., 2004^A; 2004^B).

Het voorspellen van geurhinder is ingewikkeld omdat verschillende factoren een rol spelen. Er is geen eenduidig verband tussen de concentratie van een stof en de hinder. Een verdubbeling van de concentratie van de stof betekent niet automatisch een verdubbeling van het aantal klachten of een verdubbeling van de stank. Ook de bron van de geur speelt een belangrijke rol bij het waarderen van geuren. Zo wordt de geur die vrijkomt bij het composteerproces door velen als hinderlijk beschouwd, terwijl de geur die bij een bakkerij vrijkomt door velen als prettig ervaren wordt (Comprehensive Compost Odor Response Project, 2007).

In het algemeen is de concentratie van stoffen die vrijkomen en zorgen voor de geuroverlast bij composteerbedrijven te laag om directe fysiologische/toxicologische reacties te verwachten (Comprehensive Compost Odor Response Project, 2007; paragraaf 3.3). Echter, een onaangename geur in de woonomgeving kan leiden tot verstoring van gedrag, stress en lichamelijke klachten als irritaties van oog, neus en keel, hoofdpijn, kortademigheid, duizeligheid en misselijkheid (Comprehensive Compost Odor Response Project 2007). De reactie op de geur verschilt per persoon. Verschillende factoren spelen hierbij een rol, waaronder demografische factoren zoals leeftijd, geslacht, sociaaleconomische status, bezorgdheid en de eigen ervaren gezondheid (Smeets en Fast, 2006).

Hinder is een ervaringsmaat, het is een weergave van de beleving van een vorm van overlast (Poll van et al., 2011). Het ervaren van geurhinder in de woonomgeving kan leiden tot gezondheidsklachten, onder andere doordat:

- omwonenden de geur vaak associëren met ziekte of lichamelijke klachten, ook al zijn de concentraties van deze stoffen onder de toxicologische drempel (Sucker et al., 2001; Smeets en Fast, 2006);
- het waarnemen van een onaangename geur kan zorgen voor een andere manier van handelen. Zo kan minder ventilatie om de geur buiten te sluiten leiden tot een verslechterd binnenmilieu en kunnen mensen ervoor kiezen langer binnen te blijven (Smeets en Fast, 2006);
- het (veelvuldig) waarnemen van een onaangename geur kan leiden tot stress en/of depressieve klachten. Dit kan per persoon verschillen door de individuele vermogens om met stank om te gaan (coping) (Smeets en Fast, 2006).

3.5 Conclusie

De gegevens over concentraties van vrijgekomen chemische stoffen in de omgevingslucht bij composteerbedrijven zijn beperkt. Op basis van de literatuur zijn de volgende stoffen in enige hoeveelheid te verwachten: ammoniak, H₂S, dimethylsulfide, dimethyldisulfide, methylmercaptaan, koolmonoxide, lachgas, azijnzuur, butanol, aceton en butanon. Mogelijk komen ook BTEX (benzeen,

tolueen, ethylbenzeen, xylenen) en verwante alkylbenzenen vrij. Bij compostering van tuinafval zijn terpenen te verwachten. Enkele stoffen die vrijkomen, kunnen voor geuroverlast zorgen en daardoor het welbevinden van omwonenden aantasten. Het gaat hierbij om onder andere ammoniak, amines, dimethylsulfide, enkele terpenen en azijnzuur.

De beperkte gegevens suggereren een lage blootstelling aan deze stoffen voor omwonenden van composteerbedrijven. De kans dat hierbij gezondheidskundige grenswaarden worden overschreden lijkt gering. Harde, algemeen geldige conclusies zijn echter niet te trekken. De reden hiervoor is dat enerzijds de beschikbare informatie over concentraties rond composteerbedrijven zeer beperkt is maar anderzijds ook het feit dat optredende emissies variëren met de aard van het te composteren afval, klimatologische omstandigheden, de gebruikte composteringwijze en de inrichting van het bedrijf (afgesloten of open ruimtes).

4 (Pathogene) micro-organismen in compost

4.1 Beschikbare informatie samengevat

Het is bekend dat er gezondheidsklachten kunnen optreden bij medewerkers van bedrijven die werken met grondstoffen die rijk zijn aan pathogene micro-organismen. Voorbeelden van die bedrijven zijn rioolwaterzuiveringsinstallaties en composteerbedrijven (Bunger et al., 2000; Douwes et al., 2000; 2003; Schlosser et al., 2009). De risico's bij werknemers zijn het gevolg van blootstelling aan hogere concentraties bio-aerosolen op het bedrijf zelf. Omwonenden worden aan (veel) lagere concentraties ziekteverwekkers blootgesteld dan werknemers. Hierdoor is de kans op gezondheidsklachten of ziekten navenant kleiner. Overigens zijn er tot op heden geen uitbraken van infectieziekten bij omwonenden rondom composteerbedrijven beschreven.

Ondanks de beperkte gegevens over de verspreiding van micro-organismen rondom composteerbedrijven, laat de literatuur het volgende zien (zie paragraaf 4.2 voor de onderzoeksvragen):

- Voor blootstelling van omwonenden van composteerbedrijven is vooral verspreiding van bio-aerosolen door de lucht van belang (inademing: inhalatoire blootstelling).
- Mesofiele bacteriën en schimmels zijn de meest relevante micro-organismen bij composteerbedrijven in relatie tot gezondheidseffecten.
- In enkele studies naar de verspreiding van bepaalde bacteriën en schimmels in de lucht werden tijdens werkzaamheden met het groenafval verhoogde concentraties gemeten op 25-40 meter van de bedrijven. Het achtergrondniveau werd bereikt op 100-300 meter van de bedrijven.

4.2 Aanpak/afbakening

Om een indruk te krijgen van de pathogene micro-organismen die in compost aanwezig kunnen zijn, is een literatuurstudie uitgevoerd. Hieruit bleek dat veel onderzoek naar pathogene micro-organismen in compost of te composteren materiaal is gericht op fecaal-oraal overdraagbare pathogenen. De reden hiervoor is dat deze blootstellingsroute bij het gebruik van compost het meest relevant is, bijvoorbeeld direct via handen of indirect door consumptie van besmette groente en fruit.

Blootstelling van omwonenden van composteerbedrijven kan eigenlijk alleen maar plaatsvinden via bio-aerosolen, dus door inademing. Bovendien is de grondstof van de voor deze studie relevante composteerbedrijven voornamelijk groenafval en GFT waarin fecale verontreiniging niet of nauwelijks een rol speelt. Daarom worden alleen ziekteverwekkers die door opname via de luchtwegen infecties kunnen veroorzaken (respiratoire pathogenen) in dit hoofdstuk besproken.

De vragen die in dit hoofdstuk worden beantwoord, zijn de volgende:

- 1) Welke micro-organismen, die een risico vormen bij blootstelling via de lucht, kunnen in compost aanwezig zijn?
- 2) Overleven deze micro-organismen in compost en in bio-aerosolen voldoende lang om een gezondheidsrisico te kunnen vormen?
- 3) Hoe ver kunnen micro-organismen in bio-aerosolen door de lucht verspreid worden?

- 4) Is van deze micro-organismen bekend of ze leiden tot gezondheidsklachten bij omwonenden van composteerbedrijven?

4.3 Bio-aerosolen

Bio-aerosolen zijn kleine druppeltjes of deeltjes in de lucht waarin (delen van) micro-organismen aanwezig zijn. Het gaat hierbij om zowel pathogene als niet-pathogene micro-organismen of onderdelen hiervan, zoals (levende of dode) bacteriën, schimmels, virussen, allergenen, bacteriële endotoxines, mycotoxinen en pollen.

De aandacht voor risico's van blootstelling aan bio-aerosolen is de afgelopen jaren flink toegenomen, vooral voor werknemers van bedrijven waar bio-aerosolen vrijkomen. Echter, de precieze rol van de verschillende biologische componenten in bio-aerosolen bij het ontwikkelen en verergeren van luchtwegklachten is veelal onbekend.

Bij het composteren van groenafval/GFT worden bio-aerosolen vooral gevormd tijdens processen waarbij flinke verplaatsingen van het te composteren materiaal plaatsvinden zoals de aanvoer van materiaal, het versnipperen van uitgangsmateriaal en het verplaatsen en omkeren van de compost (Sanchez-Monedero et al., 2005). Welke micro-organismen aanwezig kunnen zijn in bio-aerosolen is afhankelijk van onder andere het te composteren materiaal en de fase van het composteerproces. De micro-organismen die inherent gekoppeld zijn aan het composteeringsproces zijn schimmels en mesofiele en thermofiele bacteriën. Paragraaf 4.4 beschrijft de micro-organismen die mogelijk in compost aanwezig kunnen zijn, in paragraaf 4.5 wordt ingegaan op de luchtverdraagbare pathogenen omdat deze van belang kunnen zijn voor de blootstelling van omwonenden.

4.4 Soorten micro-organismen in compost

De aard van het gecomposteerde materiaal, temperatuur en vochtigheid van de compost, het composteeringsproces en topografische condities bepalen welke micro-organismen in compost aanwezig zijn en in welke concentraties. Deze paragraaf beschrijft de meest relevante groepen micro-organismen.

4.4.1 Bacteriën

Bacteriën zijn eencellige prokaryote organismen en zijn meestal tussen de 1 en 5 µm groot. Een specifieke celwand-kleuring, de zogenaamde Gram-kleuring, wordt gebruikt als onderverdeling van bacteriën. Er bestaan Gram-negatieve bacteriën, die meestal een humane of dierlijke oorsprong hebben (bijvoorbeeld *E. coli* en *Salmonella*), en Gram-positieve bacteriën die van nature in het milieu aanwezig zijn (bijvoorbeeld *Bacillus*). Gram-negatieve bacteriën zijn meer aanwezig in de mesofiele fase (temperaturen tussen 15 °C en 50 °C). Na opwarming van de compost, in de thermofiele fase (50–60 °C), nemen de Gram-positieve bacteriën in aantal toe.

4.4.2 Schimmels

Schimmels zijn eukaryote organismen die zowel eencellig (zoals gisten) als meercellig (zoals paddenstoelen) kunnen zijn. Verschillende schimmelsoorten groeien onder hun eigen specifieke condities, waardoor tijdens het composteeringsproces een verschuiving in de soortensamenstelling optreedt. De meest voorkomende schimmels in compost zijn verschillende *Penicillium* en *Aspergillus* soorten. *Aspergillus fumigatus* is vooral belangrijk omdat deze

schimmel goed in staat is om een belangrijk bestanddeel van hout, cellulose, af te breken waardoor deze schimmel in grote aantallen in compost voorkomt (Swan et al., 2003).

4.4.3 Virussen

Virussen zijn kleine deeltjes met een diameter van ongeveer 20 tot 300 nm. Ze bestaan uit erfelijk materiaal (RNA of DNA) dat is ingekapseld in een eiwitmantel. Sommige virussen hebben om deze eiwitmantel nog een kapsel bestaande uit een lipide membraan en glycoproteïnen. Virussen kunnen zich niet zelfstandig in het milieu vermeerderen en dus ook niet in compost. Hiervoor hebben virussen een specifieke gastheercel nodig. Mede doordat humane ziekteverwekkende virussen afkomstig zijn van humaan of dierlijk afval, wat naar verwachting slechts in kleine hoeveelheden in groenafval of GFT aanwezig is, worden geen grote hoeveelheden humaan pathogene virussen verwacht in compost. Om deze reden worden virussen in dit hoofdstuk niet verder meer besproken.

4.4.4 Parasitaire protozoa

Protozoa zijn eencellige eukaryote micro-organismen, zoals pantoffeldiertjes, amoeben en sporendiertjes. Van enkele parasitaire protozoa is beschreven dat ze in compost kunnen voorkomen, waaronder *Entamoeba (histolytica)*, *Toxoplasma*, *Cryptosporidium* en *Giardia* (Schijven en Rutjes, 2010). Net als virussen kunnen parasitaire protozoa zich niet in compost vermeerderen omdat ze hiervoor een gastheer nodig hebben. Een aantal parasitaire protozoa, zoals *Cryptosporidium* en *Giardia*, zijn afkomstig van humane of dierlijke feces en zullen daarom naar verwachting niet of nauwelijks in groenafval of GFT aanwezig zijn. Ook wordt niet verwacht dat deze eukaryote organismen door de lucht worden verspreid. Om deze reden worden parasitaire protozoa in dit hoofdstuk niet verder meer besproken.

4.5 Respiratoire pathogenen en toxines in compost

In het algemeen kan worden gesteld dat alleen blootstelling aan mesofiele bacteriën en schimmels in compost gezondheidsklachten kan veroorzaken, zowel direct door besmetting als indirect, door de productie van toxines en allergenen (Eduard en Heederik, 1998; Pillai en Ricke, 2002). Deze paragraaf beschrijft de bacteriën en schimmels die een risico kunnen vormen bij inademing.

4.5.1 Bacteriën

De belangrijkste bekende bacteriële veroorzakers van luchtweginfecties (zoals longontsteking) zijn *Streptococcus pneumoniae*, *Legionella pneumophila*, *Chlamydia pneumoniae*, *Klebsiella pneumoniae* en *Mycoplasma pneumoniae*. In wetenschappelijke studies waarbij uitgebreide diagnostiek naar de verwekkers van longontsteking bij patiënten wordt ingezet, blijft de bacteriële verwekker bij 40-60% onbekend. In de praktijk wordt echter veel minder diagnostiek verricht. Daardoor is vaak niet bekend welke bacterie de longontsteking heeft veroorzaakt (Jennings et al., 2008; Eerden van der et al., 2005; Vila-Corcoles et al., 2009). Bovendien is de bron van infectie vaak onbekend. Van de meeste bacteriën is weinig bekend over hun aanwezigheid in compost. De respirabele micro-organismen waarvan wel is aangetoond dat ze in compost aanwezig kunnen zijn, zullen hieronder worden toegelicht.

4.5.1.1 Legionella

Legionellabacteriën kunnen de veteranenziekte veroorzaken, een ernstige vorm van longontsteking. Hoewel legionella overal in het milieu voorkomt, schuilt voor

zover bekend het risico op blootstelling vooral in inademing van bacteriën afkomstig uit door de mens gemaakte watersystemen. Gegevens over de aanwezigheid van legionella in ecosystemen anders dan water zijn schaars. Recentelijk is een aantal publicaties verschenen waarin de aanwezigheid van *Legionella* spp. in potgrond is beschreven (Casati et al., 2009, Doyle et al., 1998, Cameron et al., 1991). In een aantal gevallen bevatte de potgrond compost die was geproduceerd uit groenafval. Onderzoek naar kweekbare *Legionella* spp. bij bedrijven die groenafval composteren of opslaan voor kortere (< 3 maanden) of langere periodes (> 3 maanden) laat zien dat besmetting of groei van legionellabacteriën kan optreden tijdens het bewaren en composteren van het groenafval (Casati et al., 2010). Voor zover bekend zijn geen ziektegevallen beschreven door aerogene verspreiding van legionella afkomstig vanaf een composteringsbedrijf. Wel is legionella aangetoond in bio-aerosolen binnen een gesloten composteringsbedrijf (Casati et al., 2010).

4.5.1.2 Mycobacteriën

Mycobacterium avium en verschillende andere *Mycobacterium* species kunnen bij de mens opportunistische infecties veroorzaken. Dat wil zeggen dat een normaal functionerend immuunsysteem een infectie met deze micro-organismen onder controle kan houden, maar mensen met een verminderde afweer wel ziek kunnen worden (Biet et al., 2005). Mycobacteriën zijn aangetoond in diverse milieus, zoals grond, afvalwater, drinkwater, (tropische) vegetatie en aerosolen. Er zijn geen gegevens gerapporteerd over de aanwezigheid van mycobacteriën in groenafval en GFT. Wel is aangetoond dat diverse mycobacteriën aanwezig kunnen zijn in potgrond en in aerosolen geproduceerd door handelingen met de potgrond (Groote de et al., 2006). Mycobacteriën die het meest frequent bij patiënten werden gevonden, kwamen ook het meest frequent voor in aerosolen gegenereerd uit door de patiënten gebruikte potgrond (Groote de et al., 2006). Dit betekent dat mycobacteriën mogelijk de luchtwegklachten bij deze patiënten hebben veroorzaakt.

4.5.1.3 Overige respiratoire bacteriën

Van een aantal andere respiratoire bacteriën is beschreven dat ze aanwezig kunnen zijn in bio-aerosolen in de nabijheid van verschillende soorten afvalverwerkingsbedrijven. *Pseudomonas aeruginosa*, een beruchte veroorzaker van luchtweginfecties bij patiënten met cystische fibrose, is aangetoond in aerosolen nabij een bedrijf waar biologisch afval wordt verwerkt (Hwang et al., 2011) en ook in de nabijheid van een afvalwaterzuiveringsinstallatie (Korzeniewska et al., 2009). Hier is ook *Klebsiella pneumoniae* in bio-aerosolen aangetroffen op een afstand van 100 m van de installatie. Of de aanwezigheid van deze bacteriën in bio-aerosolen gecorreleerd is met luchtwegklachten is niet onderzocht. Voor composteerbedrijven is geen informatie beschikbaar over de aanwezigheid en verspreiding in de lucht van deze bacteriën.

4.5.2 Schimmels

De meest voorkomende schimmels in compost zijn verschillende *Penicillium* en *Aspergillus* soorten. *Aspergillus fumigatus* komt in hoge aantallen in compost voor (Swan et al., 2003). Deze schimmel heeft een optimale groei tussen de 30 °C en 52 °C, de temperaturen waarbij het composteringsproces zich voltrekt. Tijdens het mechanische omdraaien van de compost kunnen de concentraties sporen van *A. fumigatus* en andere schimmels die vrijkomen in de lucht een factor 100 hoger zijn dan het achtergrondniveau (Sanchez-Monedero et al., 2005). De sporen van de schimmel, die tijdens de reproductie gevormd worden, zijn klein en licht en daarom makkelijk transporteerbaar via lucht. De diameter van de meeste sporen varieert van 2 tot 10 µm, waardoor ze gemakkelijk

kunnen doordringen tot in de diepe luchtwegen van de mens, met mogelijk luchtwegklachten als gevolg. Blootstelling aan *A. fumigatus* kan bij mensen met een verminderd immuunsysteem aspergillose veroorzaken, een infectie van de long.

4.5.3 Toxines

Bacteriën en schimmels kunnen de gezondheid ook indirect negatief beïnvloeden door toxines of allergenen die zij produceren. Bacteriën kunnen verschillende endotoxines produceren, zoals celwandbestanddelen van gramnegatieve bacteriën. Het endotoxine (ook wel lipide A genoemd) is een onderdeel van de lipopolysachariden (LPS), structuren die voorkomen op de buitenste membraan bij gramnegatieve bacteriën. Ze komen vrij bij het afsterven van de bacteriën. Schimmels kunnen toxische mycotoxinen produceren (afhankelijk van het soort schimmel). Daarnaast zijn ook glucanen (onderdeel van celwanden van schimmels) bekende toxines. Toxines kunnen het afweersysteem van het menselijk lichaam activeren en zijn thermostabiel, waardoor zij het compostingsproces kunnen overleven en in bio-aerosolen verder verspreid kunnen worden. Inademing van toxines kan luchtwegklachten tot gevolg hebben (Kurup et al., 2000; Rylander, 2002).

4.6 Groei en afsterving van micro-organismen in compost

Temperatuur is een belangrijke factor in het proces van overleving en afsterving van micro-organismen. Tijdens het compostingsproces worden de meeste pathogene bacteriën geïnactiveerd in de thermofiele fase, als gedurende drie dagen de temperatuur meer dan 55 °C bedraagt (Jones en Martin, 2003). De temperatuur tijdens de mesofiele fase van het compostingsproces is lager dan 50 °C. Deze temperatuur is niet hoog genoeg om alle pathogene micro-organismen te inactiveren. Daarom kunnen tijdens deze fase mogelijk pathogene micro-organismen in bio-aerosolen terechtkomen en verder verspreid worden.

Veel publicaties beschrijven specifiek de inactivatie van enterale bacteriën door compostering; naar de afsterving van respiratoire bacteriën in compost zijn slechts enkele studies uitgevoerd. Zo is voor mycobacteriën gevonden dat deze na compostering bij 55 °C niet meer konden worden aangetoond (Grewal et al., 2006). Kwantitatieve gegevens over de aanwezigheid en verwijdering van schimmels en virussen door compostering zijn zeer beperkt voorhanden. Hassen et al. (2001) vonden een sterke afname van gisten en schimmels door compostering van gemeentelijk vast afval bij 55-60 °C (een afname van een factor 1000).

4.7 Afsterving in bio-aerosolen

Micro-organismen die tijdens het compostingsproces als bio-aerosolen in de lucht terechtkomen kunnen te maken krijgen met uitdroging, pH schommelingen, blootstelling aan UV en hoge temperaturen. Dit beïnvloedt de overleving en daarmee het ziekmakende vermogen. Voor vier verschillende bacteriën is bijvoorbeeld onderzocht wat het effect is van luchtvochtigheid en zout op overleving in aerosolen (Xie et al., 2006). De geteste bacteriën, *E. coli* K12, *Acinetobacter*, *Pseudomonas oleovorans* en *Staphylococcus aureus*, overleefden tijdens het proces van verdamping (35 – 40 min), maar stierven af na 40-45 min als de druppels waren ingedroogd. Uitdroging bleek dus fataal voor deze bacteriën. Echter, zoals al eerder beschreven, komen na het

uiteenvallen van gramnegatieve bacteriën celwandbestanddelen vrij als endotoxinen, die wel weer gezondheidseffecten kunnen hebben.

4.8 Studies naar verspreiding rondom composteerbedrijven

Een aantal studies beschrijft het vrijkomen van bio-aerosolen bij composteerbedrijven. Meestal werden hierbij sporen van *Aspergillus fumigatus* en mesofiele bacteriën gemeten met behulp van verschillende luchtbemonsteringsapparatuur (Sanchez-Monedero et al., 2005; Taha et al., 2005; 2006; 2007). Door beneden- en bovenwinds van een composteerbedrijf te meten, zijn achtergrondniveaus voor sporen van *Aspergillus fumigatus* en mesofiele bacteriën bepaald van $< 10^2$ tot 10^4 kve/m³ (kve: kolonie vormende eenheden) (Sanchez-Monedero et al., 2005, Taha et al., 2006). Dit is vergelijkbaar met achtergrondniveaus in landbouwgebieden, maar hoger dan in onbelaste gebieden (Millner et al., 2004). Benedenwinds van composteerbedrijven werden vergelijkbare niveaus van de onderzochte micro-organismen gevonden als er geen activiteit met het compost plaatsvond. Indien wel activiteiten plaatsvonden, zoals het versnipperen van groenafval of het draaien van compost, was op 25 en 40 m afstand een sterke toename te meten voor zowel *Aspergillus fumigatus* en mesofiele bacteriën (Sanchez-Monedero et al., 2005; Taha et al., 2006; 2007). Benedenwindse monsterpunten op 200 en 300 meter afstand gaven meestal geen verhoging meer te zien (Sanchez-Monedero et al., 2005). Deze gegevens zijn vergelijkbaar met die van Taha et al., (2006) die beschreef dat bio-aerosol concentraties na 100 m weer terug op achtergrondniveau zijn. Ook waren meteorologische omstandigheden, zoals windsnelheid en windrichting, bepalend voor de verspreiding van micro-organismen; het seizoen had minder invloed (Sanchez-Monedero et al., 2005).

Op grond van beschikbare gegevens over verspreiding van bio-aerosolen heeft de Engelse Environmental Agency (EA) het politieke standpunt ingenomen dat voorkomen moet worden dat composteeractiviteiten plaatsvinden binnen een afstand van 250 m van bebouwd gebied (Wheeler et al., 2001; Environmental Agency, 2010). Indien het composteerbedrijf wel binnen een afstand van 250 m van bebouwd gebied ligt, moet, afhankelijk van de hoeveelheid materiaal die gecomposteerd wordt, een 'locatiespecifieke risicoschatting op bio-aerosolen' uitgevoerd worden. Een vergunning kan worden toegekend als uit deze risicoschatting blijkt dat bio-aerosolen niet zullen vrijkomen in concentraties hoger dan het geaccepteerde niveau (300, 1000 en 500 kolonie vormende eenheden (kve)/m³ lucht voor respectievelijk gramnegatieve bacteriën, totale bacteriën en *Aspergillus fumigatus*) (Wheeler et al., 2001; Environmental Agency, 2010).

4.9 Gezondheidsrisico's

4.9.1 Bekende gezondheidsrisico's

Dat bio-aerosolen gezondheidseffecten kunnen hebben, is onder andere gebleken uit onderzoek naar gezondheidsklachten bij *medewerkers* van verschillende afvalverwerkingsbedrijven zoals rioolwaterzuiveringsinstallaties en composteerbedrijven (Bunger et al., 2000, Douwes et al., 2000 en 2003, Schlosser et al., 2009). Van *A. fumigatus* is bekend dat deze allergenen produceert die hypersensitiviteitspneumonitis kunnen veroorzaken of aspergillosis bij patiënten met een verminderde afweer (O'Gorman et al., 2008). Blootstelling aan endotoxines kan leiden tot arbeidsgerelateerde longziekten, zoals (non-allergisch) *organic dust toxic syndrome* (ODTS) (Douwes et al., 2003; Rylander et al., 2002; Sykes et al., 2007). Actinomyceten zijn bekende

pathogenen, verantwoordelijk voor een groot deel van de arbeidsgerelateerde ziekten als (allergische) *Farmer's lung* (Douwes et al., 2003; Sykes et al., 2007). De symptomen van (niet-allergische) ODTS en (allergische) *Farmer's lung* zijn o.a. koorts, hoest, benauwdheid, vermoeidheid en koude rillingen. Bij ODTS beginnen de klachten vaak pas na hoge blootstelling. Herhaalde blootstelling zorgt hierbij vaak voor ergere klachten. Bij *Farmer's lung* kunnen klachten optreden bij blootstelling aan lage concentraties. De klachten kunnen bij herhaalde blootstelling toenemen. Uiteindelijk kan *Farmer's lung* resulteren in chronische longklachten.

Hierbij dient opgemerkt te worden dat de risico's bij werknemers samenhangen met blootstelling aan hogere concentraties bio-aerosolen dan in de omgeving van het bedrijf te verwachten zijn (zie ook 4.9.2). De hier beschreven gezondheidseffecten zijn in de wetenschappelijke literatuur niet beschreven bij omwonenden van composteerbedrijven.

4.9.2 *Kennishiaten bij het duiden van de gezondheidsrisico's*

In het algemeen is het lastig te bepalen welk agens verantwoordelijk is voor de geconstateerde luchtwegklachten. Het is moeilijk vast te stellen wat de exacte blootstelling is (geweest) en blootstellingrespons relaties na inhalatie van micro-organismen zijn vaak niet bekend.

Het gebrek aan kennis wordt deels veroorzaakt door de beperkte mogelijkheden voor het aantonen van micro-organismen in bio-aerosolen in lucht. Detectie is nu vaak gebaseerd op kweekmethoden. Echter, slechts een klein percentage van de totale microbiële populatie is kweekbaar en het merendeel zal dus gemist worden. Door geen kweekmethoden te gebruiken maar moleculaire detectietechnieken kan specifiek gezocht worden naar de aanwezigheid van bepaalde DNA/RNA-sequenties van het betreffende micro-organisme in het luchtmonster. Ook is de kans groter dat een bepaald micro-organisme in een hoge achtergrond van mesofiele bacteriën zal worden gedetecteerd, ongeacht de kweekbaarheid van het te detecteren micro-organisme. Een nadeel van de detectie met behulp van moleculaire technieken is dat geen informatie wordt verkregen over de levensvatbaarheid en/of infectiviteit van het gedetecteerde micro-organisme. Dit betekent dat wel kan worden aangetoond dat het micro-organisme in bio-aerosolen aanwezig is, maar niet of dit ook daadwerkelijk gezondheidsrisico's met zich mee brengt.

5 Gezondheidseffecten bij omwonenden van composteerbedrijven

Bij de gezondheidskundige beoordeling van de woonomgeving van composteerbedrijven zijn twee belangrijke aspecten te onderscheiden. Ten eerste is de mogelijke blootstelling aan chemische stoffen en bio-aerosolen in de woonomgeving van belang. Ten tweede is de vraag of er gezondheidseffecten gerapporteerd worden door omwonenden van composteringsbedrijven relevant. Daarom is er bij de inventarisatie en interpretatie van de beschikbare studies vooral rekening gehouden met deze twee aspecten. Er is naar een antwoord gezocht op de volgende twee vragen:

1. De vraag over blootstelling: Zijn in de woonomgeving rondom een composteerbedrijf verhoogde niveaus van chemische en biologische componenten te verwachten? Zoals in hoofdstuk 3 en 4 is beschreven, is de beschikbare informatie over de blootstelling van omwonenden aan de chemische stoffen en bio-aerosolen beperkt.
2. De vraag over gezondheidseffecten: Leidt het wonen in de nabijheid van een composteringsbedrijf tot gezondheidseffecten?

Deze tweede vraag wordt in dit hoofdstuk behandeld.

5.1 Beschrijving van de literatuur

In de literatuur zijn enkele studies gerapporteerd waarbij specifiek gekeken is naar gezondheidseffecten van het wonen rondom composteerbedrijven. Uit deze studies komt geen eenduidig beeld naar voren.

Afname van gezondheidsklachten na sluiting composteerbedrijf

Verschillende Duitse studies rapporteren een relatie tussen het wonen in de omgeving van composteerbedrijven en zelfgerapporteerde gezondheidsklachten. Zo bleek dat luchtwegklachten (irritatie) bij omwonenden van composteerbedrijven verminderden na sluiting van het composteerbedrijf (Herr et al., 2001). Ook Rethage et al. (2006) vonden een afname van gezondheidsklachten na sluiting van een grootschalig composteerbedrijf, vooral onder de vrouwelijke deelnemers aan de studie.

Gezondheidsklachten van omwonenden ten opzichte van controlegroepen

Omwonenden van composteerbedrijven (150 m tot 1500 m; N=496) rapporteerden meer gezondheidsklachten dan een controlepopulatie (N=301). Het betrof bijvoorbeeld kortademigheid en misselijkheid. Omdat op slechts één benedenwindse locatie luchtmetingen werden uitgevoerd kon geen relatie met de aanwezigheid van bio-aerosolen worden gelegd (Herr et al, 2003a). Dezelfde onderzoeksgroep vond een relatie tussen het wonen in de buurt (150 m – 200 m) van een groot composteerbedrijf en het hebben van gezondheidsklachten (Herr et al., 2003b; 2004). Hiertoe werden de gezondheidsklachten van bewoners in de buurt van het bedrijf (N=214) vergeleken met die van bewoners van verderaf gelegen locaties (N=142). Tegelijkertijd werden ook buitenluchtmetingen van bio-aerosolen verricht op verschillende afstanden van het bedrijf. De niveaus van actinomyceten, bacteriën en schimmels waren op 200 m van het bedrijf nog sterk verhoogd ten opzichte van de achtergrondniveaus en bereikte de achtergrondniveaus op ongeveer 500 m afstand van het bedrijf. De omwonenden binnen de afstand met verhoogde

niveaus (binnen 150 m – 200 m) hadden vaker gezondheidsklachten dan bewoners van verderaf gelegen locaties (op meer dan 400 m).

Een andere onderzoeksgroep rapporteerde geen relatie tussen composteerbedrijven en de gezondheid van omwonenden (N=63) ten opzichte van een referentiegebied (N=82) (Browne et al., 2001). De omvang van de onderzoekspopulaties was echter gering, waardoor deze negatieve bevinding ook aan een gebrek aan onderzoeks'power' te wijten kan zijn. Ook Giusti et al. (2009) concludeerden op basis van een literatuurstudie dat er ontoereikend en niet-doorslaggevend bewijs is ten aanzien van gezondheidseffecten door het wonen in de nabijheid van onder andere composteerbedrijven. De onderzoekers pleiten daarom voor prospectieve epidemiologische studies (Giusti et al., 2009).

5.2 Beschouwing van de literatuur

De literatuur geeft geen uitsluitsel over het optreden van gezondheidseffecten bij omwonenden van composteerbedrijven. In Duitsland zijn wel in enkele studies verschillen in klachten gevonden bij omwonenden ten opzichte van controlegroepen. Deze resultaten zijn echter afkomstig uit hetzelfde (Duitse) onderzoek, waardoor enige voorzichtigheid bij de interpretatie geboden is. Tevens is veelal sprake van onderzoek aan de hand van zelfgerapporteerde gezondheidsklachten. Dit kan de mogelijke relatie tussen blootstelling en effecten vertekenen. Vanwege bekendheid met de lokale situatie is het mogelijk dat deelnemers eerder geneigd zijn klachten te rapporteren. Daarom wordt veelal de voorkeur gegeven aan resultaten van onderzoeken waarin minder subjectieve gezondheidsmaten (lichaamsmaterialen, medische testen, beoordeling door artsen) en objectieve blootstellingsmaten (representatieve blootstellingsmetingen) met elkaar worden vergeleken. Dergelijke studies zijn echter niet beschikbaar.

De beschreven studies zijn dwarsdoersnedestudies. Dit betekent dat er een 'momentopname' van de gezondheidssituatie bij de bevolking en de blootstellingssituatie wordt gemaakt. Alhoewel het belang van deze vorm van studie zijn sporen al lang heeft verdiend, bestaan er sterkere onderzoeksmethoden om de relatie tussen milieu en gezondheid te onderzoeken, bijvoorbeeld een cohortstudie. Bij een cohortstudie wordt een bevolkingsgroep in de tijd gevolgd om eventuele veranderingen in blootstelling en gezondheid te kunnen meten. Voorbeelden van cohortstudies rondom composteerbedrijven zijn niet gevonden.

De genoemde literatuurstudie (Giusti et al., 2009), waarbij meer informatie dan slechts één onderzoek is betrokken, is juist erg terughoudend in het noemen van een relatie tussen gezondheidsklachten en het wonen in de buurt van composteerbedrijven. Meer onderzoek naar de relatie tussen het voorkomen van gezondheidseffecten en het wonen in de nabijheid van een composteerbedrijf is noodzakelijk om een eenduidig antwoord te krijgen. Hierbij dient onderscheid gemaakt te worden tussen zelfgerapporteerde gezondheidseffecten door de omwonenden en objectief vastgestelde gezondheidseffecten.

6 Conclusies en vervolgonderzoek

6.1 Samenvattende conclusie literatuuronderzoek

De beschikbare studies over de blootstelling van omwonenden aan de stoffen en bio-aerosolen die vrijkomen bij composteerinstallaties en de gevolgen hiervan zijn beperkt. De concentratie van chemische stoffen lijkt relatief laag te zijn. De kans dat hierbij gezondheidskundige grenswaarden worden overschreden is gering. Voor bio-aerosolen geldt een afnemende concentratie in de omgevingslucht met een toenemende afstand tot het composteringsbedrijf. Echter, blootstellingsrespons relaties voor bio-aerosolen zijn niet voorhanden

Studies rapporteren verschillende conclusies over gezondheidseffecten bij omwonenden van composteerbedrijven. Vooral nog is er in de wetenschappelijke literatuur onvoldoende bewijs voor het vaststellen van een algemeen verband tussen het wonen in de buurt van een composteerbedrijf en het voorkomen van gezondheidsklachten.

6.2 Beantwoording van de onderzoeksvragen

Op grond van de beschikbare informatie kunnen de onderzoeksvragen globaal worden beantwoord.

Kan het wonen in de nabijheid van composteerbedrijven leiden tot gezondheidseffecten, en zo ja welke gezondheidseffecten (incl. geurhinder)?

Uit verschillende studies blijkt dat er weinig aanwijzingen zijn voor een verband tussen het wonen in de buurt van een composteerbedrijf en het voorkomen van gezondheidsklachten. Wel kan geurhinder optreden, hetgeen het welbevinden van omwonenden aantast.

Tot op welke afstand van het bedrijf zijn deze effecten te verwachten?

Bij het composteerproces komen er in de omgeving zowel chemische stoffen vrij als bio-aerosolen. Enkele studies geven wel aan tot op welke afstand bepaalde stoffen zijn aangetroffen:

Chemische stoffen: In een studie werden tot 800 m van het composteringsbedrijf vluchtige organische stoffen in lage concentraties aangetroffen. De blootstelling van omwonenden bleef echter (ruim) onder de grenswaarden voor deze stoffen.

Bio-aerosolen: In een aantal studies naar de verspreiding van bio-aerosolen in de lucht werden tijdens werkzaamheden met het groenafval verhoogde concentraties gemeten op 20-40 m van de bedrijven. Het achtergrondniveau werd veelal bereikt op 100-300 m van de bedrijven.

Welke componenten zijn verantwoordelijk voor de gevonden effecten en zijn er concentraties bekend?

Zoals hierboven is vermeld, zijn er op geuroverlast na, geen aanwijzingen voor gezondheidseffecten bij omwonenden van composteerbedrijven. De geuroverlast wordt veroorzaakt door gassen en vluchtige organische stoffen die bij de afbraak van organisch materiaal

vrijkomen. Het gaat hierbij om onder andere ammoniak, amines, dimethylsulfide, enkele terpenen en azijnzuur. De concentraties liggen onder de toxicologische grenswaarden voor deze stoffen, terwijl wel de geurdrempel kan worden overschreden.

Kunnen de betreffende componenten worden gemeten?

Chemische stoffen kunnen relatief eenvoudig worden gemeten en getoetst aan gezondheidskundige advieswaarden. Op grond van de literatuur wordt overigens niet verwacht dat de concentraties van chemische stoffen rondom een composteerbedrijf gezondheidskundige grenswaarden overschrijden.

Het in kaart brengen van de aanwezige bio-aerosolen en de risico's daarvan is complexer. Enerzijds zijn er geen detectiemethoden beschikbaar die alle (kweekbare en niet kweekbare) bio-aerosolen kwantitatief kunnen meten, anderzijds is een mogelijke uitkomst niet te correleren aan gezondheidseffecten door het ontbreken van dosis-effect relaties.

6.3 Richting voor vervolgonderzoek

In dit rapport is in verschillende hoofdstukken aangegeven dat er maar beperkt gegevens beschikbaar zijn over de emissie van stoffen en bio-aerosolen in en rondom composteerbedrijven. Duidelijk is dat op vele vlakken onderzoek nodig is voordat beter onderbouwde uitspraken gedaan kunnen worden. Vooral studies die bijdragen aan de ontwikkeling van bruikbare detectiemethoden van bio-aerosolen en voor het vaststellen van dosis-effect relaties, worden zinvol geacht. Het uitvoeren van (kleinschalig) onderzoek om voor een bepaalde (lokale) casus een locatiespecifieke analyse te maken van de emissie van bio-aerosolen in en rondom composteerbedrijven zal waarschijnlijk maar beperkt bruikbare gegevens opleveren zolang geen standaard meetmethoden beschikbaar zijn voor bio-aerosolen. Deze conclusie wordt overigens ook getrokken in onderzoek naar de intensieve veehouderij. Heederik en IJzermans bevelen onder andere aan om een beoordelingskader te ontwikkelen om de aanwezigheid van bio-aerosolen in de buurt van veehouderijen en de mogelijke gezondheidseffecten daarvan te kunnen beoordelen (Heederik en IJzermans, 2011). Een dergelijk beoordelingskader en bijbehorende meetmethoden kunnen mogelijk helpen de situatie te beoordelen bij alle bedrijven waar bio-aerosolen vrij kunnen komen.

Literatuur

Agentschap NL (2010) Afvalverwerking in Nederland: gegevens 2009. ISBN 978-90-5748-081-2

Biet F., M.L. Boschioli, M.F. Thorel, L.A. Guilloteau (2005) Zoonotic aspects of *Mycobacterium bovis* and *Mycobacterium avium-intracellulare* complex (MAC). *Vet Res* 36: 411-436.

Browne M.L., C.L. Ju, G.M. Recer, L.R. Kallenbach, J.M. Melius, E.G. Horn (2001) A prospective study of health symptoms and *Aspergillus fumigatus* spore counts near a grass and leaf composting facility. *Compost Science and Utilization*; 9 (3) 241-249

Bunger J., M. Antlauf-Lammers, T.G. Schulz, G.A. Westphal, M.M. Muller, P. Ruhnau, E. Hallier (2000) Health complaints and immunological markers of exposure to bioaerosols among biowaste collectors and compost workers. *Occup Environ Med*; 57: 458-464.

BVOR (2011) Jaarverslag 2010.
http://www.bvor.nl/content/download/jaarverslagen/Jaarverslag_2010.pdf

Cameron S., D. Roder, C. Walker, J. Feldheim (1991) Epidemiological characteristics of *Legionella* infection in South Australia: implications for disease control. *Aust N Z J Med*; 21: 65-70.

Casati S., L. Conza, J. Bruin, V. Gaia (2010) Compost facilities as a reservoir of *Legionella pneumophila* and other *Legionella* species. *Clin Microbiol Infect*; 16: 945-947.

Casati S., A. Gioria-Martinoni, V. Gaia (2009) Commercial potting soils as an alternative infection source of *Legionella pneumophila* and other *Legionella* species in Switzerland. *Clin Microbiol Infect*; 15: 571-575.

Comprehensive Compost Odor Response Project (2007) Publication Number: 442-07-001.
<http://www.calrecycle.ca.gov/publications/Organics/44207001.pdf>

Douwes J., P. Thorne, N. Pearce, D. Heederink (2003) Bioaerosol health effects and exposure assessment: Progress and prospects. *Ann occup Hyg*; 47: 187-200.

Douwes J., I. Wouters, H. Dubbeld, L. van Zwieten, P. Steerenberg, G. Doekes, D. Heederink (2000) Upper airway inflammation assessed by nasal lavage in compost workers: a relation with bio-aerosol exposure. *American J Industrial med*; 37:459-468.

Doyle R.M., T.W. Steele, A.M. McLennan, T.H. Parkinson, P.A. Manning, M.W. Heuzenroeder (1998) Sequence analysis of the mip gene of the soilborne pathogen *Legionella longbeachae*. *Infect Immun*; 66: 1492-1499.

Eduard W and D. Heederik (1998) Methods for quantitative assessment of airborne levels of non-infectious microorganisms in highly contaminated work environments. *Am Industrial Hygiene Ass J*; 52: 113-127.

Eerden van der M.M., F. Vlaspoeder, C.S. de Graaff, T. Groot, W. Bronsveld, H.M. Jansen, W.G. Boersma (2005) Comparison between pathogen directed antibiotic treatment and empirical broad spectrum antibiotic treatment in patients with community acquired pneumonia: a prospective randomised study. *Thorax*; 60: 672-678.

Elwell D.L., D.C. Borger, D.V. Blaho, J.K. Fahrni, H.M. Keener, L.B. Willett (2004) Changes in concentrations of Malodorous compounds during controlled aeration composting. *Compost Science and Utilization* 12(2):102-107.

Environmental Agency, Position Statement 031, Version 1.0
1st November 2010. <http://www.environment-agency.gov.uk/research/library/position/41211.aspx>.

Fortuna A., R.R. Harwood, E.A. Paul (2003) The Effects of Compost and Crop Rotations on Carbon Turnover and the Particulate Organic Matter Fraction. *Soil Science* 168: 434-444.

Giusti L. (2009) A review of waste management practices and their impact on human health. *Waste Management*; 29 (8), 2227-2239

Grewal S.K., S. Rajeev, S. Sreevatsan, F.C. Michel (2006) Persistence of *Mycobacterium avium* subsp. *Paratuberculosis* and other zoonotic pathogens during simulated composting, manure packing, and liquid storage of dairy manure. *Appl Environ Microbiol*; 72: 565-574.

Groote de M.A., N.R. Pace, K. Fulton, J.O. Falkinham III (2006) Relationships between *Mycobacterium* isolates from patients with pulmonary mycobacterial infection and potting soils. *Appl Environ Microbiol*; 72: 7602-7606.

Hassen A., K. Belguith, N. Jedidi, A. Cherif, M. Cherif, A. Boudabous (2001) Microbial characterization during composting of municipal solid waste. *Bioresource Technology*; 80: 217-225.

Heederik D.J.J. en C.J. IJzermans (2011). Mogelijke effecten van intensieve-veehouderij op de gezondheid van omwonenden: onderzoek naar potentiële blootstelling en gezondheidsproblemen. IRAS Universiteit Utrecht, NIVEL, RIVM.

Herr C.E.W., A. Zur Nieden, T.E. Eikmann (2001) Managing indoor hygiene - Effects on airways. *VDI Berichte*;1603: 19-25.

Herr C.E.W., A. Zur Nieden, R.H. Bödeker, U. Gieler, T.F. Eikmann (2003a) Ranking and frequency of somatic symptoms in residents near composting sites with odor annoyance. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*; 206 (1), 61-64

Herr C.E.W., A. Zur Nieden, M. Jankofsky, N.I. Stilianakis, R.H. Boedeker, T.F. Eikmann (2003b) Effects of bioaerosol polluted outdoor air on airways of residents: A cross sectional study. *Occupational and Environmental Medicine*; 60 (5), 336-342

Herr C.E.W., A. Zur Nieden, N.I. Stilianakis, U. Gieler, T.F. Eikmann (2004) Health effects associated with indoor storage of organic waste. *International Archives of Occupational and Environmental Health*; 77 (2) 90-96

Hwang A.H., D.U. Park, K.C. Ha, H.W. Cho, C.S. Yoon (2011) Airborne bacteria concentrations and related factors at university laboratories, hospital diagnostic laboratories and a biowaste site. *J Clin Path* 2011; 64: 261-264.

Infomil (2011) Handreiking ruimtelijke ordening en milieu. Geraadpleegd augustus 2011)
<http://www.infomil.nl/onderwerpen/ruimte/ruimtelijke-ordening/handreiking/>)

Jennings L.C., T.P. Anderson, K.A. Beynon, A. Chua, R.T.R. Laing, A.M. Werno, S.A. Young, S.T. Chambers, D.R. Murdoch (2008) Incidence and characteristics of viral community acquired pneumonia in adults. *Thorax*; 63: 42-48.

Jones P. and M. Martin (2003) The occurrence and survival of pathogens of animals and humans in green compost, WRAP, ISBN 1-84405-063-7.

Knorr W., I.C. Prentice, J.I. House, E.A. Holland (2005) Long-term sensitivity of soil carbon turnover to warming. *Nature* 433: 298-301.

Korzeniewska E, Z. Filipkowska, A. Gotkowska-Plachta, W. Janczukowicz, B. Dixon, M. Czulowska (2009) Determination of emitted airborne microorganisms from a BIO-PAK wastewater treatment plant. *Water Res*; 43: 2841-2851.

Kurup V.P., H.D. Shen, B. Banerjee (2000) Respiratory fungal allergy. *Microbes Infect*; 2: 1101-1110.

Maeda K., R. Morioka, T. Osada (2009) Effect of covering composting piles with manure compost on ammonia emission and microbial community structure of composting process. *J Environ Qual* 38:598-606.

Maeda K., R. Morioka, D. Hanajima, O. Takashi (2010) The Impact of Using Mature Compost on Nitrous Oxide Emission and the Denitrifier Community in the Cattle Manure Composting Process. *Microbiological Ecology* 59:25-36

Mao I.F., C.J. Tsai, S.H. Shen, T.F. Lin, W.K. Chen, M.L. Chen (2006) Critical components of odors in evaluating the performance of food waste composting plants. *Science of the Total Environment*

Millner P.D., S.A. Olenchock, E. Epstein, R. Rylander, J. Haines, J. Walker, B.L. Ooi, E. Horne, M. Maritato (1994) Bioaerosols associated with composting facilities. *Compost Sci util*; 2: 6-57.

Müller T., R. Thissen, S. Braun, W. Dott, G. Fischer (2004a) (M)VOC and composting facilities part 2: (M)VOC dispersal in the environment. *Environmental Science and Pollution Research* 11 (no. 2), 152-157.

Müller T., R. Thissen, S. Braun, W. Dott, G. Fischer (2004b) (M)VOC and composting facilities: Part 1: (M)VOC emissions from municipal biowaste and plant refuse. *Environmental Science and Pollution Research* 11 (no. 2), 91-97.

O'Gorman C.M. and H.T. Fuller (2008) Prevalence of culturable airborne spores of selected allergenic and pathogenic fungi in outdoor air. *Atmospheric Environ*; 42: 4355-4368.

Pillai S.D., S.C. Ricke (2002) Bioaerosols from municipal and animal wastes: background and contemporary issues. *Can J Microbiol*; 48: 681-696.

Poll van H.F.P.M., O.R.P. Breugelmans, J.L.A. Devilee (2011) Hinder, bezorgdheid en woontevredenheid in Nederland: Inventarisatie Verstoringen 2008. RIVM Rapport 630741001.

Rethage T., K. Sehr, A. Zur Nieden, U. Gieler, N.I. Stilianakis, T. Eikmann, C.E.W. Herr (2006) Gender-related effects of odorous bioaerosol-polluted outdoor air on reported complaints: A follow-up of formerly exposed residents. *Gefahrstoffe Reinhaltung der Luft*; 66 (9):343-348

Ryckeboer, J., J. Mergaert, K. Vaes, S. Klammer, D. De Clercq, J. Coosemans, H. Insam, J. Swings (2003) A survey of bacteria and fungi occurring during composting and self-heating processes. *Annals of Microbiology*; 53 (4), 349-410.

Rylander R. (2002) Endotoxin in the environment – Exposure and effects. *J Endotoxin Res*; 8: 241-252.

Sanchez-Monedero M.A., E.I. Stentiford, S.T. Urpilainen (2005) Bioaerosol generation at large-scale green waste composting plants. *J Air & Waste Manage assoc*; 55: 612-618.

Schijven J.F., S.A. Rutjes SA (2010) Literatuuronderzoek naar de kwalitatieve microbiologische risico's voor de volksgezondheid bij het gebruik van potgrond. RIVM Briefrapport 2010 165/10 LZO SR/js.

Schlosser O., A. Huyard, K. Cartnick, A. Yanez, V. Catalán, Z. Do Luang (2009) Bioaerosol in composting facilities: Occupational health risk assessment. *Water Env Res*; 81: 866-877.

Smeets M. en T. Fast (2006) Dosis effect relatie geur, effecten van geur, document nummer IP-DER-06-40.

Sucker K., R. Both, G. Winneke (2001) Adverse effects of environmental odours: reviewing studies on annoyance responses and symptom reporting. *Water Sci Technol.*; 44 (9):43-51.

Swan J.R.M., A. Kelsey, B. Crook, E.J. Gilbert (2003) Occupational and environmental exposure to bioaerosols from composts and potential health effects – A critical review of published data. Research report 130, HSE Books, pp. 15-20.

Sykes P., K. Jones, J.D. Wildsmith (2007) Managing the potential public health risks from bioaerosol liberation at commercial composting sites in the UK: An analysis of the evidence base. *Resource, Conservation and Recycling*; 52: 410-424.

Taha M.P.M., S.J.T. Pollard, U. Sarkar, P. Longhurst (2005) Estimating fugitive bioaerosol releases from static compost windrows: Feasibility of portable wind tunnel approach. *Waste Management*; 25: 445-450.

Taha M.P.M., G.H. Drew, P. Longhurst, R. Smith, S.J.T. Pollard (2006) Bioaerosol releases from compost facilities: Evaluating passive and active source terms at a green waste facility for improved risk assessments. *Atmospheric Environment*; 40: 1159-1169.

Taha M.P.M., G.H. Drew, A. Tamer, G. Hewings, G.M. Jordinson, P. Longhurst, S.J.T. Pollard (2007) Improving bioaerosol exposure assessments of composting facilities – Comparative modeling of emissions from different compost ages and processing activities. *Atmospheric Environment*; 41: 4504-4519.

Tsai C.J., M.L. Chen, A.D. Ye, M.S. Chou, S.H. Shen, I.F. Mao (2008) The relationship of odor concentration and the critical components emitted from food waste composting plants. *Atmospheric Environment* 42: 8246–8251

Vereniging Afvalbedrijven (2010) Milieuverslag gft-afval 2009
http://www.verenigingafvalbedrijven.nl/php/admin/show_overige_artikel.php?id=25

Vila-Corcoles A., O. Ochoa-Gondar, T. Rodriguez-Blanco, X. Raga-Luria, F. Gomez-Bertomeu (2009) Epivac study Group. Epidemiology of community-acquired pneumonia in older adults: a population-based study. *Respir Med*; 103: 309-316.

Wheeler P.A., I. Stewart, P. Dumitrean, B. Donovan (2001) Health effects of composting: A study of three compost sites and review of past data. Environmental Agency, R&D Technical report P1-315/TR.

Xie X., Y. Li, T. Zhang, H.H.P. Fang (2006) Bacterial survival in evaporating deposited droplets on a teflon-coated surface. *Appl Microbiol Biotechnol*; 73: 703-712.

Bijlage 1: GFT-composteerinstallaties in Nederland

In Nederland maken de composteerbedrijven (22 installaties in 2009, figuur bijlage 1) gebruik van een zevental systemen die het GFT-afval composteren of vergisten en composteren (De gegevens zijn overgenomen uit het Milieuverslag GFT-afval 2009 van de vereniging afvalbedrijven, Vereniging Afvalbedrijven (2010)).

Buhler/GECO Halcompostering: Bij het Bühler/GECO systeem wordt een combinatie van omzetten en beluchten toegepast. Het GFT-afval wordt door een graafwiel omgezet en tegelijkertijd verplaatst door de hal. Tijdens het omzetten vindt continu beluchting plaats vanuit de vloer.

Tunnelcompostering: Een tunnelcomposteringsinstallatie bestaat uit meerdere tunnels waarin een laag GFT-afval wordt geplaatst met een shovel. Vervolgens vindt één tot twee weken intensieve beluchting plaats waarbij de lucht gedeeltelijk wordt gerecirculeerd. Het GFT-afval kan na een week worden omgezet naar nacompostertunnels. Afgezien daarvan vindt tijdens het composteren geen omzetting plaats.

VAR-systeem: Bij het VAR-systeem wordt het GFT-afval in de open lucht opgezet waarbij onder het afval beluchtingspijpen worden gelegd. Het materiaal wordt daarna afgedekt met een laag gecomposteerd grof materiaal dat vrijkomt bij het zeven van de compost. Door onderdruk in de pijpen wordt de buitenlucht door het composterend materiaal gezogen. Omzetting van voor- naar nacompostering vindt plaats met de shovel.

PACOM-halcompostering: Het PACOM-systeem is vergelijkbaar met het VAR-systeem, met dit verschil dat het proces in een gesloten hal plaatsvindt. In plaats van beluchtingspijpen vindt de zuigbeluchting plaats via een kelder die is afgedekt met beluchtingsroosters.

Vergisting/Biocel-Systeem: In het Biocel-systeem wordt het GFT-afval vergist onder zuurstofloze omstandigheden in tunnels met roosters in de vloeren. Het verse GFT-afval wordt gemengd met reeds vergist GFT-afval (digestaat) en in de tunnels geplaatst door een shovel. De vergisting vindt batchgewijs plaats onder mesofiele omstandigheden (38 tot 40 °C). Tijdens het vergisten wordt het lekwater over het vergistende materiaal rondgepompt (percolatie). Het materiaal in de vergisters blijft steekvast. Het vrijkomende biogas wordt benut voor energieopwekking. Naast het Biocelsysteem zijn vergelijkbare percolatiesystemen in ontwikkeling waarbij met name de circulerende waterstroom wordt vergist.

Vergisting/Komogas/Strabag/OWS: Het proces bij het Kompogas-vergistingssysteem verloopt continu in horizontale reactoren onder thermofiele omstandigheden (50 tot 55 °C). Het GFT-afval wordt voorbewerkt (verkleind en gezeefd) en vervolgens geënt met rondgepompte vloeistof. Dit om ervoor te zorgen dat het proces sneller van start gaat. De rondgepompte vloeistof bevat al een optimale hoeveelheid bacteriën. De vloeibare massa wordt vervolgens langzaam geroerd en door de reactoren geleid. Het Strabag-vergistingssysteem lijkt sterk op Kompogas, maar het proces is op enkele punten anders uitgevoerd en de roerwerken zijn dwars in de vergister geplaatst (bij Kompogas in de

lengterichting). OWS levert, evenals Kompogas en Strabag, een thermofiel vergistingsproces. Hier is de vergister verticaal geplaatst en ze bevat geen roerwerk. Het mengen van GFT en digestaat vindt plaats door deze twee stromen samen meerdere malen rond te pompen door de vergister.

Tunnelpercolaatvergisting: Van de bestaande tunnelcompostering wordt over de helft van de tunnels percolaatwater gerecirculeerd en door een separaat opgestelde anaerobe percolaatwatervergister geleid waaruit het biogas wordt gewonnen. Daarmee wordt stroom en warmte geproduceerd. Na ruim een week wordt het aldus uitgewassen GFT-afval nagecomposteerd in de overige tunnels.



Figuur Bijlage 1.1: Composteerinstallaties in Nederland (situatie in 2009). Deze figuur is overgenomen uit het Milieureslag GFT-afval 2009 van de vereniging afvalbedrijven (Vereniging Afvalbedrijven, 2010).

Bijlage 2: Wet- en regelgeving GFT en groencomposteren in Nederland

Wet en regelgeving is altijd aan veranderingen en aanpassingen onderhevig. Onderstaande informatie heeft daarom een beperkte houdbaarheid. De informatie is verkregen in augustus 2011. Na deze datum zijn er geen wijzigingen meer aangebracht. De lezer wordt dan ook verzocht om de eventuele vernieuwingen zelf bij te houden. De verschillende web-adressen worden hiervoor gegeven.

*TIP: Met een NeR-abonnement blijft u op de hoogte van wijzigingen en aanvullingen in de NeR.
<https://www.infomil.nl/onderwerpen/klimaat-lucht/ner/ner-abonnement/>*

In deze bijlage zal de wet en regelgeving omtrent het Nederlandse geurbeleid en specifiek de regelgeving voor GFT- en groencompost-bedrijven worden weergegeven. Hiertoe is informatie bij elkaar gezet die afkomstig is van verschillende webpagina's van de Nederlandse overheid.

De informatie is onderverdeeld in 2 delen

- 1- Geurbeleid in Nederland. Deze staat beschreven in de Handreiking ruimtelijke ordening en milieu.
<http://www.infomil.nl/onderwerpen/ruimte/ruimtelijke-ordening/handreiking/>.
- 2- Regeling Composteren van groenafval en GFT compostering, welke is beschreven in de NeR
<http://www.infomil.nl/onderwerpen/klimaat-lucht/ner/>

De Handreiking Ruimtelijke Ordening en Milieu

Deze handreiking is voor iedereen die zich bezig houdt met ruimtelijke ordening en met de planning ervan. De Handreiking Ruimtelijke Ordening en Milieu is een initiatief van de VROM-Inspectie en is de opvolger van de succesvolle Inspectiewijzer Bestemmingsplannen uit 1994. De Handreiking presenteert op een heldere wijze onderwerpen uit de ruimtelijke ordeningspraktijk waar de relatie ruimtelijke ordening en milieu aan de orde is. Er wordt in deze handreiking ingegaan op geur bij bedrijven. Daarnaast wordt specifiek het geurbeleid bij veehouderijen behandeld. Dit laatste onderwerp wordt in deze bijlage niet verder besproken.

Geur bedrijven

In principe dienen alle geurgevoelige objecten te worden beschermd tegen geuroverlast. Bij geur van bedrijven gaat het om de geuroitstoot (emissie) van bedrijven die zich verspreidt via de lucht en een geurbelasting veroorzaakt op de woon- en leefomgeving. Onder geurbelasting (of 'immissie') verstaan we de geurconcentratie die gedurende een bepaalde tijd op een geurgevoelig object zoals een woning 'terecht' komt. Deze hoeveelheid kan worden gemeten of berekend. De afstand tussen geuremitterende bedrijven en geurgevoelige bestemmingen is daarbij van grote invloed. Vanwege de geurbelasting op een gebied kan het woon- en verblijfklimaat daar als onvoldoende worden beschouwd om bijvoorbeeld woningbouw te realiseren. Geur van bedrijven heeft dus gevolgen voor het leefklimaat van mensen en voor het gebruik van de ruimte.

Hieronder wordt kort ingegaan op de onderdelen 'beleid' en 'wet en regelgeving' van de handreiking Ruimtelijke Ordening en Milieu. Voor een volledige weergave van de tekst wordt de lezer verwezen naar de gehele tekst, welke te vinden is op internet via bovenstaande link

Beleid

Het algemene stankbeleid is door het ministerie van VROM beschreven in de Herzienende Nota Stankbeleid uit 1994 en in aanvulling daarop in de Brief rijksbeleid geur uit 1995. Uitgangspunt in het geurbeleid is het voorkomen van (nieuwe) hinder. Als algemene doelstelling voor geurhinder is gesteld dat er in 2000 nog maximaal 750.000 woningen geurhinder mochten ondervinden. In 2010 mogen er geen ernstig gehinderden meer zijn.

De bescherming tegen stankoverlast richt zich in de eerste plaats op geurgevoelige bestemmingen in de woon- en leefomgeving. Naast woningen kunnen dit ook andere locaties zijn waar mensen zich gedurende langere tijd bevinden en waar blootstelling aan geur tot hinder kan leiden, zoals ziekenhuizen, bejaarden- en verpleegtehuizen en recreatiegebieden. Hoewel in principe alle geurgevoelige objecten moeten worden beschermd tegen geuroverlast, kunnen wel verschillen in het niveau van bescherming worden gehanteerd. Voor een bedrijfswoning kan bijvoorbeeld een lager beschermingsniveau en dus een hogere geurbelasting gehanteerd worden dan voor aaneengesloten woonbebouwing.

Wet en regelgeving

In Nederland is er geen wetgeving voor geur van bedrijven, met uitzondering van veehouderijen (zoals beschreven in onderdeel 6 van de handreiking ruimtelijke ordening). Voor een aantal bedrijven die onder het Activiteitenbesluit vallen, waaronder GFT- en composteerbedrijven, zijn er verplichtingen ten aanzien van te treffen maatregelen. Deze verplichtingen zijn beschreven in de Nederlandse emissierichtlijn lucht (NeR).

De NeR is bedoeld om de vergunningverlening voor het compartiment lucht te harmoniseren. De NeR is opgesteld door de gezamenlijke overheden - provincies, gemeenten en Rijk - en heeft geen wettelijke status. Uit de jurisprudentie van de Raad van State blijkt dat de rechter de NeR beschouwt als een belangrijke richtlijn voor de vergunningverlener en dat afwijken van de NeR derhalve adequaat moet worden gemotiveerd.

In de volgende bijlagen wordt de informatie uit de NeR over het composteren van Groenafval en GFT-compostering volledig weergegeven.

Bijlage 3: Compostering van groenafval (overgenomen uit de NeR)

Wet en regelgeving is altijd aan veranderingen en aanpassingen onderhevig. Onderstaande informatie heeft daarom een beperkte houdbaarheid. De onderstaande informatie is verkregen in augustus 2011. Na deze datum zijn er geen wijzigingen meer aangebracht. De lezer wordt dan ook verzocht om de eventuele vernieuwingen zelf bij te houden. De verschillende web-adressen worden hiervoor gegeven.

<http://www.infomil.nl/onderwerpen/klimaat-lucht/ner/digitale-ner/3-eisen-en/3-3-bijzondere/g2-compostering/>

Deze regeling is in de NeR opgenomen in 1996 en aangepast in 2001 en 2009. Voor zover emissies in het navolgende niet uitdrukkelijk zijn verbijzonderd gelden de algemene eisen van de NeR.

Toepassingsgebied

Deze regeling is van toepassing op installaties voor de compostering van gescheiden ingezameld groenafval in de open lucht. De regeling is tevens van toepassing op installaties waarin niet al het ingenomen groenafval wordt gecomposteerd maar waarvan een deel na het verkleinen als eindproduct toegepast wordt.

De bijzondere regeling is niet van toepassing:

- op installaties voor de compostering van (on)gescheiden ingezameld groente-, fruit- en tuinafval (GFT-afval) van huishoudens;
- op installaties voor de compostering van (on)gescheiden ingezameld organisch bedrijfsafval;
- op installaties die dierlijke meststoffen, overige organische meststoffen, zuiveringsslib, digestaat en champost bij het groenafval bijmengen;
- op installaties waar meer dan 30(massa)% grasachtig materiaal in een composthoop wordt verwerkt;
- op installaties waar meer dan 10(massa)% agrarisch afval in een composthoop wordt verwerkt;
- op installaties waar extensief wordt gecomposteerd zonder omzetten (*Vóór de herziening in 2009 aangeduid als methode C*).

Voor het bepalen van het hinderniveau maakt de bijzondere regeling onderscheid tussen installaties met productiecapaciteit tot 20.000 ton per jaar en installaties met productiecapaciteit groter dan 20.000 ton per jaar. De bijzondere regeling is van toepassing op bestaande en nieuwe situaties. De bijzondere regeling richt zich alleen op het aspect geurhinder. De binnen het toepassingsgebied beschreven methodieken en maatregelen vertegenwoordigen de Best Beschikbare Technieken voor de groencomposteringsbranche.

Algemene procesbeschrijving

Het composteringsproces van groenafval vindt plaats in de open lucht. Het aangevoerde groenafval wordt opgeslagen en vervolgens verkleind. Bij aanvoer

van grote hoeveelheden gras wordt het voor langere tijd ingekuild om in het najaar en winter geleidelijk verwerkt te worden. Het verkleinde materiaal wordt direct als eindproduct toegepast of het wordt gecomposteerd. Voor het composteren wordt het materiaal op hopen gezet die de vorm van een rug (trapezium) of een plateau kunnen hebben.

Tijdens het composteringsproces wordt het materiaal een aantal malen omgezet. Dat kan gebeuren met speciale omzetmachines, of met shovel of hydraulische kraan. De frequentie van omzetten kan variëren van gemiddeld een maal per week tot gemiddeld eenmaal per vier weken. In de beginfase wordt meestal frequenter omgezet dan in een latere fase (methode A). De frequentie is afhankelijk van de porositeit van het composterende materiaal en van de snelheid waarmee de porositeit terugloopt door het inzakken van de hoop. Na een composteringsproces dat tussen 10 en 26 weken duurt, worden de grove delen uit de compost gezeefd. De grove fractie gaat opnieuw de compostering in, of kan op een andere manier worden ingezet, bijvoorbeeld als biomassa in een energiecentrale of als biofiltermateriaal.

Composteringsmethoden

Bij groenafval worden de volgende composteringsmethoden toegepast:

- methode A: intensieve methode met hoge omzetsfrequentie;
- methode B: conventionele methode met lagere omzetsfrequentie;
- methode D: intensieve methode met geforceerde beluchting.

Algemene omschrijving composteringsmethoden A, B en D

- *methode A: intensieve methode met hoge omzetsfrequentie.*
In de eerste twee weken wordt intensief omgezet (circa drie maal). Met het vorderen van het composteringsproces neemt de omzetsfrequentie af naar gemiddeld eenmaal per drie weken. Het composteerproces duurt gemiddeld drie maanden. In deze periode wordt totaal circa zeven maal omgezet.
- *methode B: conventionele methode.*
Bij deze methode wordt omgezet met behulp van bijvoorbeeld shovels of kranen. Er wordt ongeveer eenmaal in vier weken omgezet. Het composteerproces duurt gemiddeld zes maanden.
- *methode D: intensieve methode met geforceerde beluchting.*
Door het composterende materiaal wordt met behulp van een ventilator en via een buizensysteem lucht geblazen. Er wordt in totaal circa vijfmaal omgezet met een omzetmachine. Het composteerproces duurt circa twee-en-een-half tot drie maanden.

Geuremissiebronnen

Geuremissies treden op bij de hieronder genoemde activiteiten. Hierbij kan onderscheid worden gemaakt tussen bronnen die zorgen voor piekmissies en continue bronnen.

Bronnen die zorgen voor piekmissies zijn:

- storten en zeven van aangevoerd materiaal;
- verkleinen en mengen van materiaal;
- opzetten van composteringshopen;

- omzetten van composteringshopen;
- bevochtigen en beregenen van composteringshopen met opgevangen verontreinigd terreinwater en percolaat;
- zeven en afgraven van eindproduct voor transport.

Continue bronnen zijn:

- opslag van aangevoerd materiaal;
- composteringshopen;
- bassin voor opvang van verontreinigd terreinwater en percolaat.

De volgende geuremissiebronnen zijn het meest belangrijk en dragen voor meer dan 90% bij aan de totale geuremissie:

- omzetten van hopen (afhankelijk van composteringsfase);
- continue emissie van hopen (afhankelijk van composteringsfase);
- opslag van basismateriaal;
- verkleinen van materiaal.

Verder heeft de samenstelling van het gecomposteerde materiaal invloed op de geuremissie. Bij een percentage groter dan 10% in het geval van agrarisch afval of groter dan 30% in het geval van grasachtig materiaal (grassen, berm- en slootmaaisels) kan het composteringsproces minder goed verlopen wat kan leiden tot een hogere geuremissie.

De belangrijkste oorzaken van het optreden van geurhinder zijn:

- zuurstofloze omstandigheden;
- temperaturen hoger dan 80 °C;
- aanwezigheid van zwavelhoudende stoffen;
- een overmaat aan stikstofhoudende stoffen.

Hinderniveau

I. Uitgangspunten

Voor bestaande situaties gelden voor verschillende composteringsmethoden en capaciteiten onderstaande grenswaarden. De grenswaarden zijn voor installaties met capaciteit tot 20.000 ton/jaar uitgedrukt als afstanden; voor installaties met capaciteit groter dan 20.000 ton/jaar als immissieconcentratie. De afstanden zijn gebaseerd op de immissieconcentratie (1,5 ou_E/m³ als 98 percentiel). De grenswaarden worden beschouwd als acceptabel hinderniveau.

Bij nieuwe situaties moet onderzoek gedaan zijn naar alle mogelijke BBT maatregelen. Het onderzoek dient minimaal in te gaan op de keuze tussen composteringsmethoden, (on)mogelijkheden tot verdere optimalisatie van bedrijfsvoering en toepassing van organisatorische maatregelen. Voor nieuwe situaties worden methoden A en D beschouwd als BBT. Het acceptabel hinderniveau bij nieuwe situaties mag in geen geval de grenswaarde voor bestaande situaties overschrijden.

II. Installaties met capaciteit tot 20.000 ton/jaar

1. Voor bedrijven waarbij al het ingenomen materiaal wordt gecomposteerd met een doorzet van maximaal 20.000 ton per jaar gelden de navolgende grenswaarden als indicatieve afstanden vanaf de rand van de feitelijke compostering tot de te beschermen geurgevoelige objecten waarop de resterende hinder aanvaardbaar geacht kan worden.

Tabel 1 Indicatieve afstanden composteringsinstallatie ten opzichte van te beschermen objecten

Doorzet te composteren materiaal (ton/jaar)	Afstand (m)		
	Methode A	Methode B	Methode D
0 - 5.000	100 - 200	200 - 400	100
5.000 - 10.000	200 - 400	400 - 500	100 - 200
10.000 - 15.000	400 - 600	500 - 750	200 - 300
15.000 - 20.000	600 - 750	750 - 1100	300 - 400

Voor minder te beschermen geurgevoelige objecten (zie hoofdstuk 2.9.2 van de NeR) kan worden uitgegaan van de helft van de aangegeven afstanden, met een minimum van 100 meter.

2. Voor bedrijven die niet al het ingenomen materiaal composteren is de onder III genoemde werkwijze en normering van toepassing.

III. Installaties met capaciteit groter dan 20.000 ton/jaar

Bij bedrijven met een doorzet van meer dan 20.000 ton per jaar aan te composteren of anders te verwerken materiaal dienen de geuremissies te worden bepaald aan de hand van emissiefactoren uit het branche-onderzoek (*Compostering van groenafval (geen GFT-afval), rapportnummer 94-202 TNO, op te vragen bij de BVOR, Wageningen*) of andere door het bevoegd gezag goed te keuren onderzoeken. Indien de procesomstandigheden afwijken van de omstandigheden tijdens de vaststelling van de emissiefactoren zullen de emissies door middel van metingen moeten worden vastgesteld (zie hoofdstuk 3.6 van de NeR).

Op basis van de geuremissies van de verschillende emissiebronnen en stadia in het composteringsproces, de emissieduur en verdere relevante gegevens wordt de geurbelasting (geurimmissie) in de omgeving berekend met het NNM en uitgedrukt in ou_E/m^3 als percentielwaarde. Het NNM is het Nieuw Nationaal Model voor het berekenen van verspreiding van luchtverontreiniging (zie hoofdstuk 3.6 van de NeR). Deze berekende geurbelasting wordt vervolgens getoetst aan de grenswaarde die geldt voor te beschermen geurgevoelige objecten.

De relatief hoogste waarde van enig percentiel van de berekende geurbelasting geldt als maatgevend. Dit betekent dat wanneer de verhouding tussen de berekende 99,5- of 99,9-percentielconcentratie en de 98-percentiel concentratie

groter is dan een factor 2 respectievelijk 4, de betreffende hogere percentielwaarde bepalend is voor het beschermingsniveau.

Tabel 2 Immissieconcentraties bij verschillende percentielwaarden

Percentiel	Immissieconcentratie bij geurgevoelige objecten (ou _E /m ³)	Immissieconcentratie bij minder te beschermen geurgevoelige objecten (ou _E /m ³)
98	1,5	4,5
99,5	3	9
99,9	6	18

Installaties met capaciteit groter dan 20.000 ton/jaar

Uit de evaluatie van de regeling is gebleken dat een norm van 98-percentiel van 1,5 ou_E/m³ goed voldoet. Uit de evaluatie is eveneens gebleken dat de afstandentabel niet voldoet voor bedrijven met een doorzet van meer dan 20.000 ton/jaar. Daarom is gekozen om de afstandentabel alleen nog te gebruiken voor bedrijven met een lagere doorzet. Bij een grotere doorzet dan 20.000 ton/jaar zal de geurblootstelling van de omgeving moeten worden berekend. Omdat bij groencompostering sprake is van bronnen met een discontinu karakter dienen de berekende immissieconcentratie te worden getoetst aan meerdere percentielwaarden. Hierbij geldt de relatief hoogste waarde van enig percentiel van de berekende geurbelasting als maatgevend. Daarnaast zijn er steeds meer bedrijven die een gedeelte van het ingenomen groenafval alleen verkleinen en zeven. Dit materiaal wordt veelal ingezet als biomassa in een energiecentrale. Ook bij een kleinere doorzet dan 20.000 ton/jaar zal dan de geurblootstelling van de omgeving berekend moeten worden.

Productie biomassa

Indien niet al het ingenomen groenafval wordt gecomposteerd, maar een deel na het verkleinen als eindproduct wordt toegepast (bijvoorbeeld als biomassa), zal de geurbelasting van de omgeving lager zijn. Bij de berekening van de grenswaarden (voor bedrijven met een doorzet van minder dan 20.000 ton/jaar) is uitgegaan van alle geurbronnen bij het composteeringsproces. Daardoor wordt het voor het bedrijf mogelijk om extra groenafval in te nemen om na verkleinen als eindproduct toe te passen terwijl de geurbelasting van de omgeving niet toeneemt. Hoe groot deze hoeveelheid is hangt af van de specifieke bedrijfsvoering en dient met behulp van berekeningen te worden vastgesteld. In de vergunning kan worden opgenomen welke hoeveelheden extra kunnen worden ingenomen indien er minder wordt gecomposteerd.

Maatregelen met betrekking tot procesvoering

Toepassing van de standaardmaatregelen is verplicht voor installaties met een capaciteit tot 20.000 ton/jaar.

Bij installaties met een capaciteit groter dan 20.000 ton/jaar worden deze maatregelen als uitgangspunt gehanteerd. Afwijkingen dienen nader te worden beschreven en onderbouwd in het te overleggen geurrapport.

Standaardmaatregelen:

- De kwaliteit van het ingenomen materiaal moet worden gecontroleerd; er mag in principe geen materiaal in staat van ontbinding worden ingenomen, vanwege de sterke geuremissieverhoging die dit tot gevolg kan hebben. Indien het materiaal in staat van ontbinding verkeert, moeten doeltreffende maatregelen getroffen worden.

- Het ingenomen materiaal moet binnen drie maal 24 uur verwerkt worden tot basismateriaal en worden opgezet in een composthoop. Als dit niet mogelijk is, moeten andere passende maatregelen worden getroffen om een toename van de geuremissie te voorkomen (bijvoorbeeld natte vrachten afdekken met compost in afwachting tot verwerking). Structuurmateriaal (bijvoorbeeld takken en stobben) is hiervan uitgezonderd omdat een buffervoorraad nodig is om een goede procesvoering te waarborgen.
- De wijze van opzetten van de hopen, de vorm en de hoogte verschilt per methode. De hoogte mag een goed verloop van het composteringsproces niet belemmeren. De maximale hoogte van de composthoop bedraagt 4 meter.
- Het proces moet worden bewaakt met een voldoende regelmaat door controle van temperatuur (< 80 °C) en vochtgehalte van de composthoop. De temperatuur dient gemeten te worden. Het vochtgehalte dient minstens door middel van een zintuiglijke beoordeling gecontroleerd te worden. Daarbij is het noodzakelijk dat een bevochtigingsmogelijkheid aanwezig is. Gegevens met betrekking tot temperatuurverloop, vochtgehalte en bevochtiging moeten worden geregistreerd in een logboek.
- Verontreinigd terreinwater en percolaat moeten worden opgevangen; het bassin moet afdoende worden belucht zodat anaerobe omstandigheden worden voorkomen. Dit geldt als voorwaarde voor gebruik van het opgevangen water in het proces (bevochtiging of beregening).
- Bij methode D moet tijdens het proces gecontroleerd worden of het beluchtingssysteem het composterende materiaal gelijkmatig belucht en dat dus de ingeblazen lucht niet op één of op slechts enkele plekken naar buiten treedt. Een dergelijke controle kan worden uitgevoerd door via de ventilator rook in de beluchtingsbuizen te blazen; de rook moet dan goed gespreid over het composterende materiaal naar buiten treden. De controle van het beluchtingssysteem dient bij aanvang van een nieuwe batch uitgevoerd te worden en tevens bij vermoeden van een niet goed verlopend composteringsproces.

Indien het materiaal niet gelijkmatig belucht wordt, moeten er maatregelen genomen worden om de situatie te verbeteren. Zulke maatregelen kunnen bijvoorbeeld zijn:

- reparatie van (verstoppingen in) het buizensysteem;
- omzetten;
- opmengen met grof materiaal waardoor het materiaal poreuzer wordt.

Maatregelen

De in de lijst met standaardmaatregelen genoemde zaken grijpen in op de manier van procesvoering van het bedrijf. Het gaat er daarbij om door een goede combinatie van logistiek en procescontrole situaties te voorkomen waardoor onder anaerobe omstandigheden sterke geuremissies ontstaan. De manier waarop invulling gegeven wordt aan de maatregelen in de vergunning van een bedrijf is sterk afhankelijk van de manier van bedrijfsvoering en niet goed in algemene zin te omschrijven. In sommige gevallen kan het bijvoorbeeld zinvol zijn de innameplaats van het basismateriaal zo te kiezen dat deze zover mogelijk van de woonbebouwing af ligt. Dit is echter alleen relevant als de inrichting van het terrein dit toelaat

Bijlage 4: GFT-compostering (overgenomen uit de NeR)

Wet en regelgeving is altijd aan veranderingen en aanpassingen onderhevig. Onderstaande informatie heeft daarom een beperkte houdbaarheid. De informatie is verkregen in augustus 2011. Na deze datum zijn er geen wijzigingen meer aangebracht. De lezer wordt dan ook verzocht om de eventuele vernieuwingen zelf bij te houden. De verschillende web-adressen worden hiervoor gegeven.

<http://www.infomil.nl/onderwerpen/klimaat-lucht/ner/digitale-ner/3-eisen-en/3-3-bijzondere/g4-gft/>

Deze regeling is in de NeR opgenomen in januari 1996. Voor zover emissies hierin niet uitdrukkelijk zijn verbijszonderd gelden de algemene bepalingen van de NeR.

Reikwijdte

Deze Bijzondere Regeling is van toepassing op composteerbedrijven bestemd voor de procesmatige verwerking van groente-, fruit- en tuinafval, al dan niet in combinatie met vergelijkbare organische afvalstoffen.

Bronnen van geuremissie

Bij alle procesonderdelen van een GFT-composteerbedrijf komt in principe geur vrij. De grootte van de geuremissie is onder meer afhankelijk van het proces, het oppervlak, de aanvoer en de hoeveelheid aan (tussen) product. Voor de verschillende onderdelen zijn emissiekengetallen opgesteld (zie kader). De totale geuremissie van een GFT-composteerbedrijf wordt berekend door de emissie van de afzonderlijke procesonderdelen te sommeren.

Bronnen van geuremissie

In onderstaande tabel zijn de gemiddelde geuremissiekengetallen per procesonderdeel gegeven. Deze zijn afkomstig uit het branche-onderzoek geurproblematiek GFT-composteerbedrijven, door Witteveen en Bos, 1995. Het verschil in de geuremissiekengetallen voor de verschillende composteerprocessen kan worden veroorzaakt door het verschil in de hoeveelheid lucht per ton compostierend materiaal waarmee belucht wordt en door het verschil in luchtregime, namelijk blazen of zuigen.

Voor het biofilter wordt een geurverwijderingsrendement van 90% aangehouden. Het rendement kan onder bepaalde omstandigheden lager zijn, wanneer de restgeur gaat overheersen. Het biofilter voldoet dan nog als de restgeur lager is dan 5000 ge/m³. Omgekeerd kunnen bij hoge ingaande geurconcentraties ook hogere verwijderingsrendementen dan 90% gerealiseerd worden.

Deze kengetallen zijn gebaseerd op de meetgegevens bij de huidige procesinstallaties. Omdat de composteerbedrijven nog in een ontwikkelingsfase verkeren is de beheersing van het composteerproces nog niet optimaal met als gevolg dat de geuremissies sterk kunnen fluctueren.

Procesonderdeel	Geuremissie kengetal	Eenheid
Ontvangst GFT		
• storten	$30 \cdot 10^5$	(ge/ton) ²
• opslag	$10 \cdot 10^5$	(ge/[m ² *h]) ³
Vorbewerken(zeven en ontijzeren)	$30 \cdot 10^5$	(ge/ton) ²
Composteren		
• halcomposteren	$30 \cdot 10^5$	(ge/[ton*h]) ¹
• opencelcomposter met zuig-beluchting ⁶	$2,2 \cdot 10^5$	(ge/[ton*h]) ¹
• tunnelcomposteren	$14 \cdot 10^5$	(ge/[ton*h]) ¹
• containercomposteren	$1,3 \cdot 10^5$	(ge/[ton*h]) ¹
Nabewerken 1 (van ruwe compost)	$20 \cdot 10^5$	(ge/ton)
Narijpen	$2,4 \cdot 10^5$	(ge/[m ² *h])
Nabewerken 2 ⁵ (van gereede compost)	$20 \cdot 10^5$	(ge/ton) ²
Opslag compost	nihil	n.v.t. ⁴

1 Dit betreft de hoeveelheid composterend materiaal.

2 Dit betreft de doorzet oftewel de aantallen tonnen die worden gestort of bewerkt.

3 Dit betreft het aantal geureenheden per m² opgeslagen GFT per uur.

4 Nihil, indien het gecomposteerd materiaal bij opslag een temperatuur heeft die lager is dan 50 °C.

5 Dit is een conservatieve schatting.

6 Tussen de te composteren laag en de buitenlucht wordt een geurisolatie laag aangebracht.

Verspreiding

Ter bepaling van de geurconcentraties in de omgeving van een GFT-composteerbedrijf zijn nomogrammen opgesteld (zie Figuur 1 en 2 van deze bijlage). Hiermee kan op basis van de geuremissie de geurimmissiesituatie rond een bedrijf worden bepaald.

Verspreiding

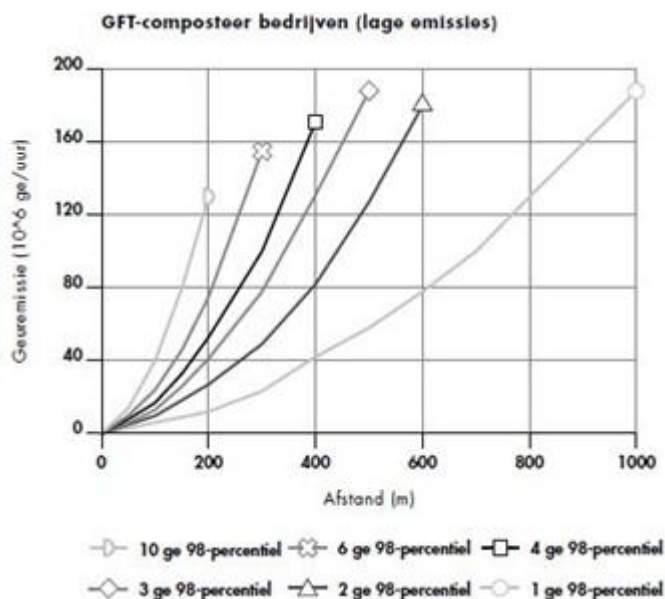
Ter bepaling van de geurconcentratie in de omgeving van een GFT-composteerbedrijf dienen de geuremissies van de verschillende onderdelen te worden bepaald. Omdat een aantal processtappen alleen overdag plaatsvindt (ontvangst, verbewerken en nabewerken) en andere processtappen continu moet er onderscheid worden gemaakt tussen twee verschillende emissiesituaties. Voor het bepalen van de geuremissies van de verschillende procesonderdelen geldt de volgende procedure:

1 voor het composteerproces wordt gerekend met de in de tabel gegeven emissiekengetallen;

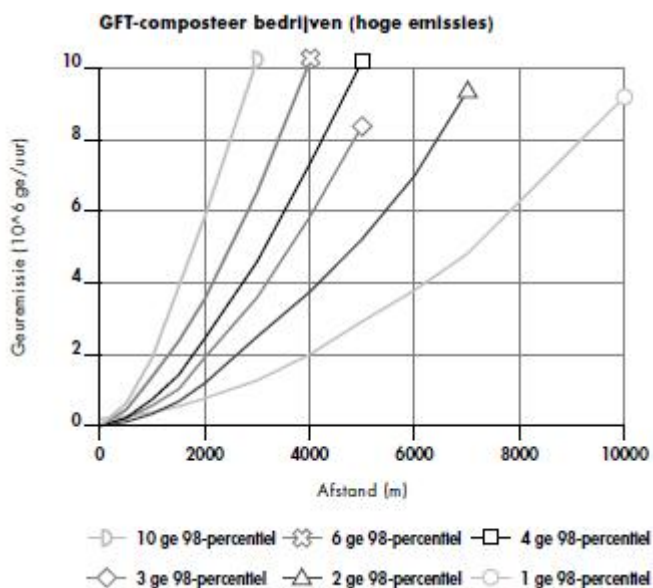
2 afhankelijk van de plaats van de overige procesonderdelen wordt gerekend met de volgende emissiefactoren:

- in de open lucht of een open hal of een gesloten hal met luchtafzuiging zonder luchtbehandeling: emissiekengetallen uit de tabel;
- in een gesloten hal zonder luchtafzuiging: vermenigvuldig de emissiekengetallen met een 0,5;
- in een gesloten hal met luchtafzuiging en luchtbehandeling: vermenigvuldig de emissiekengetallen met 0,1 (biofilterrendement van 90%).

Voor beide emissiesituaties wordt vervolgens de maximale emissie bepaald. De tijdgewogen geuremissie wordt verkregen door de beide situaties tijdgewogen op te tellen. Vervolgens kan uit de nomogrammen (Figuur 1 en 2 van deze bijlage) de geurconcentratie worden afgelezen.



Figuur 1 Afstand tot geurcontour van 1,3 en 6 ge/m³ als 98-percentiel bij verschillende geurbelastingen range 0-200 (10⁶ ge/h)



Figuur 2 Afstand tot geurcontour van 1,3 en 6 ge/m³ als 98-percentiel bij verschillende geurbelastingen range 0-10 (10⁹ ge/h)

Hinderniveau

Voor bestaande composteerbedrijven gelden de volgende afspraken:

- De geurimmissieconcentratie ter plaatse van de dichtstbijzijnde woonbebouwing of andere geurgevoelige objecten mag niet meer bedragen dan 6 ge/m³ als 98-percentiel. Het standaardpakket aan maatregelen moet worden toegepast.
- Indien de geurimmissieconcentratie ter plaatse van de dichtstbijzijnde woonbebouwing of andere geurgevoelige objecten zich tussen 3 ge/m³ (als 98-percentiel) en 6 ge/m³ (als 98-percentiel) bevindt, moet door het volgen van de hindersystematiek (zie hoofdstuk 3.6 van de NeR) uitsluitel worden verkregen over het al dan niet aanvaardbaar zijn van het hinderniveau en de (eventueel) te nemen maatregelen.

Voor nieuwe inrichtingen geldt de waarde 3 ge/m³ (als 98-percentiel) als bovengrens en een tussengebied van 1-3 ge/m³ (als 98-percentiel).

Hinderniveau

In een hedonisch geuronderzoek uitgevoerd bij de VAR is geconcludeerd dat voor de VAR een richtwaarde van 6 ge/m³ geldt (Rapport: Onderzoek hedonisch karakter geur, Haskoning, november 1995, nummer 13245.D1480. AO/R005/RVO/AS). Uitgaande van het opgestelde model in het rapport leidt dit tot een algemeen toetsingskader voor composteerinstallaties waarbij uitgegaan wordt van een richtwaarde van 3 ge/m³ (als 98-percentiel). Deze laatste waarde komt ook overeen met het klachtenpatroon zoals dat is waargenomen door het bevoegd gezag. Het verschil in deze richtwaarden is terug te voeren op de aard van de omgeving. Omdat veel GFT-composteerbedrijven qua omgeving vergelijkbaar zijn met de VAR is voor bestaande bedrijven een bandbreedte geformuleerd met als grenswaarden 6 en 3 ge/m³ (als 98-percentiel).

Maatregelen

Op basis van een afweging van de hindersituatie in de bedrijfstak, de technische mogelijkheden en de bedrijfseconomische gevolgen is een pakket samengesteld. Deze maatregelen geven de stand der techniek voor GFT-composteerbedrijven ter beperking van geurhinder weer.

1. Het composteringsproces dient in een gesloten systeem plaats te vinden.
2. De afgassen van het composteringsproces en de afgezogen lucht van de voorbewerking en de nabewerking van ruwe compost worden in een biofiltersysteem behandeld. De maximaal toelaatbare belasting moet door het bevoegd bestuursorgaan nader worden bepaald. Het rendement van het filter bedraagt ten minste 90% bij de nominale belasting. Andere technieken met een vergelijkbaar geurverwijderingsrendement komen ook in aanmerking.
3. De ontvangst van het GFT-afval dient in een gesloten ruimte plaats te vinden. De ruimte-lucht moet worden afgezogen en door een effectieve geurverwijderingsinstallatie worden geleid.
4. De nabewerking van de ruwe compost dient in een gesloten systeem plaats te vinden.
5. Het percolaat en het vervuild proceswater moeten op een zodanige wijze worden opgeslagen dat er geen geuremissie plaatsvindt.
6. Producten mogen het gesloten systeem voor narijping pas verlaten als wordt voldaan aan een temperatuur van maximaal 50 °C bepaald met de Rottegrad methode volgens de KIWA richtlijn (K256/02).

Maatregelen

Aan een gesloten systeem wordt voldaan als het proces plaatsvindt in ruimten waarvan de lucht wordt afgezogen. Er is ook sprake van een gesloten systeem in geval van composteren in open cellen waarbij tussen de te composteren laag en de buitenlucht een geurisolatielaag is aangebracht en de lucht door het materiaal wordt gezogen. Luchtbehandeling van de diverse processtappen vindt bij alle composteerbedrijven plaats met behulp van een biofilter. In een aantal gevallen vindt voorbehandeling plaats met behulp van een waterwasser of een chemische wasser. Een nieuwe, mogelijk toepasbare voorbehandelingstechniek met een gunstig verwijderingseffect op zowel ammoniak als geur, is het bio-trickling filter.

Afhankelijk van het ontwerp, de ingangconcentratie en het onderhoud kunnen in de praktijk waarden tussen 90 en 99% worden gerealiseerd. Het biofilter wordt optimaal bedreven door beheersing van de temperatuur en het vochtgehalte. De controle op temperatuur, het vochtgehalte, de zuurgraad en de mate van functioneren van de eventueel voorgeschakelde techniek wordt vastgelegd in een kwaliteitssysteem van het bedrijf, dat als referentie dient voor het bevoegd gezag om te toetsen of het bedrijf de aangegeven verplichtingen nakomt. In het kwaliteitssysteem staan de ontwerpwaarden, de frequentie van controle en de toleranties waarbinnen zich verschillende procesparameters mogen bewegen.

Bijlage 5: Samenvatting van studies naar de emissie van chemische stoffen tijdens compostering van afval

Afvalsoort	Studie en condities	Concentratiemetingen	Referentie
Plantafval en stedelijke bioafval	Twee bestaande compostbedrijven in Duitsland bestaande uit volledig afgeschermd composthallen uitgerust met ventilatiesystemen en biofilters op de luchtuitlaten, VOC's in buitenlucht op 50, 300, 500 and 800 m benedenwinds, 8 keer over een periode van 2 jaar (monsternamen gedurende 1 uur)	Terpenen veruit dominant (α -pineen, limoneen, campeen), somconcentraties VOC's ca. 45, 5.5, 4.6 and 1.9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ op resp. 50, 300, 500 en 800 m van het bedrijf; resp. 17, 16, 7 en 2.8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ op deze afstanden bij het andere bedrijf, waarneming van (zwakke) compostgeur correleerde met aanwezigheid terpenen	Müller et al., 2004a
Plantafval en stedelijk bioafval	Drie bestaande compostbedrijven, een bedrijf half open, de twee andere waren dichte composthallen uitgerust met ventilatiesystemen en biofilters op de luchtuitlaten, meting VOC's bij composthoop, 8 keer over een periode van 2 jaar, op biofilter	Terpenen veruit dominant (α -pineen, 3-careen, limoneen, camphor), somconcentraties VOC's bij composthoop 176, 510 en 38 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ in resp. bedrijf A, B, C; in zeefsectie resp. 102, 218 en 221 $\mu\text{g}/\text{m}^3$; op biofilter 281 en 202 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ in resp. bedrijf B en C (geen biofilter in A)	Müller et al 2004b
Huishoudafval van bekende samenstelling	Huishoudafval van bekende samenstelling (71% vers keukenafval bestaand uit fruit- en groenteschillen, 11% pasta, 17% vis- en vleesresidu,) gehouden in containers gedurende 25 dagen onder verschillende beluchtingscondities	Belangrijkste VOC's waren α - en β -pineen, d-limoneen, γ -terpineen, p-cymeen, dimethyldisulfide, n-butanol, azijnzuur en ethyl-n-butanoaat (concentraties alleen gerapporteerd per kg afvalmateriaal)	Canzano et al. 2010

Stedelijk bioafval	Bestaand compostbedrijf in Frankrijk (niet afgeschermd) gedurende een zomerperiode, meting in compostzone, monsterperiode 15 min tot 4 uur	Trichloorethyleen tot 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (gemiddeld 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), ethylacetaat tot 645 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (gem. 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), limoneen tot 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (gem. 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), alkanen (heptaan tot decaan) tot ongeveer 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, BTEX (benzeen, toluen, ethylbenzeen, xylenen) meestal onder 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, toluen tot 60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Kaluzny et al. 2001
Vast stedelijk afval	8 compostbedrijven in VS, VOC's in binnenlucht van bedrijven voor verschillende fasen van composteringsproces	Oplosmiddelen gevonden vroeg in proces (xenobiotica aanwezig in afval zoals afgezet bij bedrijf): trichloorfluormethaan 3500-64000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 1,1,1-trichloorethaan 10-2300 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, toluen 9-11500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, ethylbenzeen 11-38100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, benzeen 12-150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, xyleen 150-5300 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, natuurlijke stoffen door het hele proces heen gevonden: α -pineen 1-2100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, campheen 1-1200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, d-limoneen 3-10000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 3-careen 0-570 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Eitzer 1995
Varkensmest	Verzamelde feces gemengd met papier in compostreactor in 4 compostproeven, elk met een duur van 1 maand	Geurmeting en parallel daarmee in uitlaatlucht NH_3 (0-4100 ppm), H_2S (0.0042-6.75 ppm), methylmercaptaan (0.0012-29 ppm), dimethylsulfide (0.0138-6.03 ppm) en dimethyldisulfide (0-11.09 ppm). Niveaus frequent boven geurdrempels, modellering o.b.v. geurindex en concentraties leidde tot conclusie: ammoniak, methylmercaptaan en dimethylsulfide zijn primaire geurcomponenten	Hanajima et al. 2010
Groenafval, veeafval	Meting van CO in hoop gedurende compostering van	In hoop 120 ppm (groenafval), ca. 10 ppm (veeafval),	Hellebrand en

(stro met varkens- en runderuitwerpselen)	afval van landschapsonderhoud, windrekcompostering van veeafval, op laboratoriumschaal gedurende biodegradatie van plantmateriaal	160 ppm gedurende labexperimenten	Kalk 2001
Stedelijk bioafval	Binnenlucht arbeidsexpositie voor organisch-afvalverwerkend bedrijf, tussen maart 2007 en juni 2008, zes 3-maandenmonsters van binnenlucht (8 uur) in 4 zones: A) sorteershokjes B) receptie C) anaerobe afbraak D) composteertunnels. Twee referentie luchtmonsters verzameld buiten bedrijf 50m bovenwinds en benedenwinds (resp. E and F)	A&B: toluen tot 4775 µg/m ³ , ethylbenzeen tot 780 µg/m ³ , xylenen 2850 µg/m ³ , benzeen 12 µg/m ³ , tetrachloorethyleen 1335 µg/m ³ , iso-propyltolueen 1272 µg/m ³ C&D: toluen 467 µg/m ³ , ethylbenzeen 106 µg/m ³ , xylenen 490 µg/m ³ , benzeen 13 µg/m ³ , tetrachloorethyleen 96 µg/m ³ , iso-propyltolueen 1435 µg/m ³ , E& F niet gerapporteerd	Nadal et al. 2009
'Biosolids', groenafval, gerecyclede compost	Vergelijking geuremissies van een outdoor windrekproces met een outdoor ge-aereerde statische hoop en bepaling geurinvloed van pilot tweefase biofilter, combinatie 'biosolids', groenafval, stalbedekking en gerecyclede compost	Als geurstoffen geïdentificeerd: ammoniak, dimethyldisulfide, koolstofdioxide, mierenzuur, azijnzuur en zwaveldioxide (of carbonylsulfide); aerering gevolgd door biofiltratie reduceerde geur met 98%	Rosenfeld et al. 2004
Bioafval van medium of hoog stikstofgehalte	Laboratoriumcompostreactor gevuld met organische fractie van stedelijk vast afval, ruw slib of anaeroob afgebroken slib (medium N) of dierlijke bijproducten van slachthuis of gedeeltelijk gehydrolyseerd haar van de leerindustrie (hoog N-gehalte), NH ₃ gemeten in reactor	NH ₃ -niveaus namen toe met temperatuur, in organische fractie van stedelijk vast afval tot 500 mg/m ³ NH ₃ , met hoge N-matrix tot 3000 mg/m ³	Pagans et al. 2006
Huishoudelijk afval, voedselafval, papier, tuinafval	Huishoudelijk afval en componenten daarvan werden apart gecomposteerd in 8 literreactoren onder aerobe of anaerobe condities, gemeten niveaus uitgedrukt in	Voornaamste stoffen zijn terpenen (limoneen, α- en β-pineen), aromatische koolwaterstoffen (BTEX, styreen, methylisopropylbenzeen), alkanen (pentaan,	Staley et al. 2006

	mg/kg droog gewicht	cyclohexaan, dimethylhexaan), alcoholen, ketonen (aceton, butanon, pentanon)	
Voedselafval	Meting concentraties in omgevingslucht bij drie van de grootste voedselafval composteerbedrijven op Taiwan (bedrijf A: huishoudelijk voedselafval, groente- en tuinafval, kippenveren; bedrijf B: kippenmest (voornamelijk), huishoudelijk voedselafval, groente- en tuinafval, houtsnippers, soyaboonpoeder, veren (secondair); bedrijf C: huishoudelijk voedselafval, houtsnippers; concentratiemeting in binnenlucht bedrijven, bij ontluchtingsuitlaten, bij bedrijfsterreinrand. Doel: geursituatie evalueren, kritische geurcomponenten opsporen, efficiëntie van diverse geurcontrolemaatregelen	Ammoniak, amines, dimethylsulfide en azijnzuur waren verantwoordelijk in plaats van de talrijke aanwezige VOCs. Concentraties boven geurdrempel voor ammoniak, amines, dimethylsulfide, azijnzuur, ethylbenzeen en p-cymeen. Relatief lage VOC concentraties (hexeen 3-55 µg/m ³ , benzeen nd – 56 µg/m ³ , toluen 11-64 µg/m ³ , ethylbenzeen nd*-29 µg/m ³ , styreen 175-µg/m ³ , xylenen 3-81 µg/m ³), aceton 146- 500 µg/m ³ , butanon 4-45 µg/m ³ , ammoniak nd-25000 ppb, amines nd-30000 ppb, dimethylsulfide nd-300 ppb, azijnzuur nd-250 ppb, α-pineen nd-14 µg/m ³ , limoneen 97-368 µg/m ³ , p-cymeen 12-67 µg/m ³ , 'biotrickling filter' werkte beter v.w.b. geureliminatie dan chemische scrubber en biofilters	Tsai et al. 2007, 2008, Mao et al. 2006
Voedselafval, tuinafval en gemengd papierafval	Laboratoriumexperiment, organische componenten van vast 'stedelijk' afval tijdens afbraak onder gecontroleerde aerobe condities, drie monsters onderzocht n.l. voedselafval, tuinafval en gemengd papierafval	Gemengd papierafval produceerde gealkyleerde benzenen, alcoholen en alkanen; tuinafval vnl. terpenen, gealkyleerde benzenen, ketonen and alkanen, voedselafval vnl. sulfiden, zuren, alcoholen. Van de 13 aangetroffen aromatische VOCs waren toluen, ethylbenzeen, 1,4-dichlorobenzeen, p-isopropyltoluene en naftaleen het hoogste,	Komilis et al. 2004

		concentraties alleen opgegeven als hoeveelheid per kg afval (geen luchtconcentraties)	
Voedselafval, tuinafval en gemengd papierafval	Laboratoriumexperiment, ammoniak en CO ₂ emissies bestudeerd onder gecontroleerde aerobe condities bij 52 °C, drie monsters onderzocht n.l. voedselafval, tuinafval en gemengd papierafval	Ammoniakemissie (als mg/kg afval, geen luchtconcentraties gerapporteerd) hingen af van stikstofgehalte van afval, voedselafval: 65% van initiële N geëmitteerd als NH ₃ , tuinafval 25%, gemengd papierafval 11%	Komilis en Ham, 2006
Mengsel van koeienuitwerpselen en gedroogd gras	Laboratoriumexperiment met dynamisch kamersysteem, meting van N ₂ O-emissie in ventilatie-uitlaat	aanwezigheid van anorganisch stikstof bevorderde productie van N ₂ O, emissie het hoogst bij omwerken van hoop, maximum emissie 4 mg/m ³ (normale hoop) en 11.5 mg/m ³ (hoop waaraan gereed compost was toegevoegd)	Maeda et al. 2010
Model-voedselafval (gekookt kippenbot 8%, gekookte vis 10%, appel 10%, bananenschil 10%, sinaasappelschil 10%, kool 18%, wortel 18%, gekookte rijst 10%, theeresidu 4%)	Laboratoriumexperiment, meting N ₂ O in uitlaatgas tot na 150 dagen	N ₂ O-productie vooral in latere fase compostering wanneer beschikbaar koolstof afgenomen is, hoge N ₂ O-productie na toevoeging nitraat (gecomposteerde koeienmest), met gecomposteerde koeienmest tot ca. 100 ppm (v/v), zonder gecomposteerde koeienmest tot ca. 10 ppm (v/v)	He et al. 2001

* nd = niet detecteerbaar

Literatuur Bijlage 5: Samenvatting van studies naar de emissie van chemische stoffen tijdens compostering van afval

Canzano, S., S. Salvestrini, P. Iovin. (2010) Emission rate of non-methane volatile organic compounds from biodegradable domestic waste. *Fresenius Environmental Bulletin* 19 (1): 88-93.

Eitzer, B.D (1995) Emissions of volatile organic chemicals from municipal solid waste composting facilities *Environmental Science and Technology* 29 (4): 896-902.

Hanajima, D., K. Kuroda et al. (2010) Key odor components responsible for the impact on olfactory sense during swine feces composting. *Bioresource technology* 101(7): 2306-2310.

He, Y., Y. Inamori, et al. (2001) Nitrous oxide emissions from aerated composting of organic waste. *Environmental Science and Technology* 35(11): 2347-2351.

Hellebrand, H. J. en W.D. Kalk (2001) Emission of carbon monoxide during composting of dung and green waste. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 60(1-3): 79-82.

Kaluzny, P., S. Chazal, et al. (2001) Characterisation of volatile organic compound emissions during the composting of household wastes. *Fresenius Environmental Bulletin* 10(6): 520-526.

Komilis, D.P. en R.K. Ham (2006) Carbon dioxide and ammonia emissions during composting of mixed paper, yard waste and food waste. *Waste Management* 26(1): 62-70.

Komilis, D.P., R.K. Ham, et al. (2004) "Emission of volatile organic compounds during composting of municipal solid wastes." *Water Research* 38(7): 1707-1714.

Maeda, K., R. Morioka, et al. (2010) The impact of using mature compost on nitrous oxide emission and the denitrifier community in the cattle manure composting process. *Microbial Ecology* 59(1): 25-36.

Mao, I.F., C.J. Tsai, et al. (2006) "Critical components of odors in evaluating the performance of food waste composting plants." *Science of the Total Environment* 370(2-3): 323-329.

Müller, T., R. Thißen, et al. (2004a) (M)VOC and composting facilities: Part 1: (M)VOC emissions from municipal biowaste and plant refuse. *Environmental Science and Pollution Research* 11(2): 91-97.

Müller, T., R. Thißen, et al. (2004b) (M)VOC and composting facilities part 2: (M)VOC dispersal in the environment. *Environmental Science and Pollution Research* 11(3): 152-157.

Nadal, M., I. Inza, et al. (2009) Health risks of the occupational exposure to microbiological and chemical pollutants in a municipal waste organic fraction treatment plant. *International Journal of Hygiene and Environmental Health* 212(6): 661-669.

Pagans, E., X. Font, et al. (2006) Emission of volatile organic compounds from composting of different solid wastes: Abatement by biofiltration. *Journal of Hazardous Materials* 131(1-3): 179-186.

Rosenfeld, P.E., M.A. Grey, et al. (2004) Compost odor control using high carbon wood ash. *Water Science and Technology* 49(9): 171-178.

Staley, B.F., F. Xu, et al. (2006) Release of trace organic compounds during the decomposition of municipal solid waste components. *Environmental Science and Technology* 40(19): 5984-5991.

Tsai, C.J., M.L. Chen, et al. (2007) Comprehensive performance and critical components of odours at food waste composting plants, Brisbane, QLD.

Tsai, C.J., M.L. Chen, et al. (2008) The relationship of odor concentration and the critical components emitted from food waste composting plants. *Atmospheric Environment* 42(35): 8246-8251.

Bijlage 6: Gezondheidskundige grenswaarden

Voor de meeste van de in de beschikbare onderzoeken gevonden chemische stoffen zijn gezondheidskundige grenswaarden beschikbaar. Onderstaande tabel geeft een opsomming.

COMPONENT	CAS-NR.	GRENSWAARDE LEVENSLANG ($\mu\text{G}/\text{M}^3$)	REFERENTIE
CO (koolmonoxide)	630-08-0	Niet beschikbaar; grenswaarde kortdurend 10000 (24 uur)	RIVM 1997
H ₂ S (zwavelwaterstof)	7783-06-4	2	US-EPA 2003a
Methylmercaptaan	74-93-1	Niet beschikbaar	
Dimethylsulfide	75-18-3	Niet beschikbaar	
Dimethyldisulfide	624-92-0	Niet beschikbaar	
NH ₃ (ammoniak)	7664-41-7	70	ATSDR 2004
Azijnzuur	64-19-7	Niet beschikbaar	
Aceton	67-64-1	31200	ATSDR 1994
Butanon	78-93-3	5000	US-EPA 2003b
Butanol	71-36-3	550 (vw)*	RIVM 1995
Koolstofdifluoride	75-15-0	700	RIVM 2001b
1,4-Dichloorbenzeen	106-46-7	670	RIVM 2001a
Ethylacetaat	141-78-6	4200	RIVM 1998
Ethylbenzeen	100-41-4	770	RIVM 2001a
Heptaan	142-82-5	18400 (alifatische fractie minerale olie)	RIVM 2001a
Hexeen	592-41-6	Niet beschikbaar	
Styreen	100-42-5	900	RIVM 2001a
Tetrachlooretheen	127-18-4	250	RIVM 2001a
Tolueen	108-88-3	400	RIVM 2001a
Benzeen	71-43-2	20	RIVM 2001a
Trichlooretheen	79-01-6	200	RIVM 2001a
Xylenen	1330-20-7	870	RIVM 2001a
Alkanen: som van pentaan, octaan, heptaan	-	18400	RIVM2001a
Alkanen: hogere alkanen (nonaan en hoger)	-	1000	RIVM 2001a
Alkylbenzenen: som van trimethyl-, methylethyl-, n- propyl-, n- butylbenzeen	-	870	RIVM 2004
HBAS**		800	RIVM 1995

4-Ethyltolueen	622-96-8	870	RIVM 2004
1,2,4-trimethylbenzeen	95-63-6	870	RIVM 2004
1,3,5-trimethylbenzeen	108-67-8	870	RIVM 2004
1,2,3-trimethylbenzeen	526-73-8	870	RIVM 2004
p-Cymeen (1-methyl-4-isopropylbenzeen)	25155-15-1	870	RIVM 2004
Nonaan	111-84-2	1000	RIVM 2001a
Cumeen (isopropylbenzeen)	98-82-8	870	RIVM 2004
n-Propylbenzeen	103-65-1	870	RIVM 2004
3-Ethyltolueen	620-14-4	870	RIVM 2004
Decaan	124-18-5	1000	RIVM 2001a
Undecaan	1120-21-4	1000	RIVM 2001a
Dodecaan	112-40-3	1000	RIVM 2001a
Tridecaan	629-50-4	1000	RIVM 2001a
Pentadecaan	629-62-9	1000	RIVM 2001a
Hexadecaan	544-76-3	1000	RIVM 2001a
N ₂ O (lachgas)	10024-97-2	Niet beschikbaar	
α-pineen	80-56-8	Niet beschikbaar	
Limoneen	138-86-3	Niet beschikbaar	

* Voorlopige waarde

** HBAS: High-Boiling Aromatic Solvents. Dit zijn van aardolie afgeleide oplosmiddelen waarin hoge concentraties alkylbenzenen voorkomen (vooral methylethyl- en trimethylbenzeen).

Relevante informatie voor stoffen waarvoor geen TCL's beschikbaar zijn:

Terpenen

The emissions of VOCs from wood of Nordic coniferous species (pine and spruce) are dominated by terpenes, which are the compounds mainly responsible for the characteristic odour of wood. As wood is very extensively used in homes and buildings in the Nordic countries, terpenes will often be found in the indoor environment. In addition to this, terpenes are also emitted from many solvents, cleaning agents and other household products. Terpenes may thus constitute a large or a small proportion of the total, normally very complex, mixture of VOCs found indoors. Mølhave et al. (2000) carried out a volunteer study to determine the eye-irritating potential of terpenes (α -pinene, α -terpineol, limonene and 3-carene relative to n-butanol. Twelve healthy persons were exposed to the five test compounds in five exposure sessions. For each compound the threshold for eye irritation and odour was determined. Eye irritation was measured using eye goggles. Odour was measured using an olfactometer. Each session lasted three hours, consisting of a pre-investigation to set exposure ranges, the olfactometer investigation, and eye-irritation measurements in the eye goggles. For eye irritation concentrations were increased stepwise with each individual exposure lasting 2 minutes. Eye irritation thresholds were defined as more than 10% of the subjects finding the perceived irritation stronger than that caused by 10%

CO₂. Eye irritation thresholds were as follows: n-butanol 750 mg/m³, 3-carene below 1250 mg/m³, limonene between 1700 and 3400 mg/m³, for α -pinene, α -terpineol no eye irritation could be induced (maximum concentration tested 50% of saturated vapour pressure). In conclusion terpenes were found to have very low eye irritation potential (Mølhave et al., 2001).

d-Limoneen

Deze vluchtige verbinding komt van nature voor in citrusoliën. Toepassing is voornamelijk als geur- en smaakstof in voedsel, schoonmaakmiddelen en parfums. Daarnaast wordt industrieel gebruik als oplosmiddel voor het ontvetten van metaal gerapporteerd.

De toxicologie van d-limoneen is beoordeeld door WHO (1998). Inhalatoire toxicologische gegevens voor de stof zijn beperkt tot een acute inhalatiestudie in humane vrijwilligers. Na blootstelling aan 10, 225 en 450 mg/m³ gedurende 2 uur rapporteerden acht vrijwilligers geen symptomen van irritatie of neurologische symptomen. Wel was er bij de hoogste testconcentratie een geringe verlaging van vitale longcapaciteit. Op basis van orale LD₅₀-waarden van rond 5 g/kg lg/dag heeft de stof een geringe acute toxiciteit. Van de stof is een huidirriterende en oogirriterende werking bekend op basis van proefdierstudies (geen details opgegeven). In een humaan experiment veroorzaakte onverdund limoneen huidirritatie binnen 15 minuten na applicatie op een patch. Sensibilisatiestudies in proefdieren wijzen op een allergene werking bij huidcontact. In aanvullend onderzoek is aangetoond dat niet de stof zelf maar oxidatieproducten, gevormd bij contact met buitenlucht, verantwoordelijk voor zijn voor de dermale allergene werking.

In de beschikbare orale studies van langere duur was de lever het doelorgaan. De stof induceert leverenzymen. In een subchronische studie in mannelijke ratten werd een verhoogd levergewicht gevonden bij ≥ 75 mg/kg lg/dag. Deze verhoging ging niet gepaard met histopathologische veranderingen en is mogelijk een gevolg van de inductie van leverenzymen, zo stelt de WHO. Als NOAEL voor deze studie wordt 30 mg/kg lg/dag genoemd terwijl als NOEL 10 mg/kg lg/dag opgegeven wordt. Een 6-maandenstudie in honden liet verhogingen in alkalische fosfatase en cholesterol zien alsmede geringe verhoging in levergewicht bij 1000 mg/kg lg/dag (NOAEL 350 mg/kg lg). In carcinogeniteitsstudies in muis en rat werden verhoogde incidenties niertumoren waargenomen in mannelijke ratten. Dit effect, zo werd in aanvullend onderzoek aangetoond, hing samen met rat-specifieke ophoping van een urinair globuline dat bij andere soorten niet voorkomt. De in mannelijke ratten waargenomen niertumoren zijn zodoende niet relevant voor de mens. De conclusie luidt daarom dat uit het carcinogeniteitsonderzoek geen aanwijzingen komen voor een carcinogene werking door d-limoneen bij de mens.

Het uitgevoerde genotoxiciteitsonderzoek wijst niet op een genotoxische werking door d-limoneen. In testen op ontwikkelingseffecten in muis, rat en konijn was maternale toxiciteit in combinatie met embryo/foetotoxiciteit waarneembaar alleen bij hoge doses (1000 of 2869 mg/kg lg/dag). Reproductietoxiciteit is niet onderzocht.

Alfa-pineen

Met deze stof zijn recentelijk diverse toxicologische studies uitgevoerd in de Verenigde Staten in het kader van een High Production Volume programma. Resultaten worden samengevat door US-EPA (2006). Afleiding van een TCL op basis hiervan lijkt mogelijk (vereist evaluatie).

1-hexeen

Op basis van een initiële beoordeling in OECD SIDS-kader op basis van beperkte data (repeated dose toxiciteit, genotoxiciteit, screening voor neurotoxiciteit, reproductie- en ontwikkelingstoxiciteit) werd geconcludeerd dat 1-hexeen slechts een geringe potentie voor toxiciteit in de mens bezit.

Dimethylsulfide en dimethyldisulfide

Van deze beide verbindingen is een voorlopig advies beschikbaar uit 1998 waarin enkele proefdierstudies kort worden samengevat. Dimethyldisulfide lijkt giftiger dan dimethylsulfide (minimaal met een geschatte factor van 3).

Methylmercaptaan

Voor deze stof is geen chronische grenswaarde voor algemene bevolking bekend.

Lachgas (N₂O)

N₂O is een belangrijk broeikasgas. De stof wordt onder andere gebruikt in de anesthesie en bij de bereiding van slagroom (als spuitgas). Industriële emissies zijn afkomstig van een beperkt aantal chemische bedrijven. Daarnaast vindt lozing naar het milieu plaats in landbouw (dierlijk mest, kunstmest) en in het verkeer (autokatalysatoren).

De toxicologie van de stof is nooit beoordeeld door het RIVM. De enige beschikbare beoordeling is die door de Werkgroep van Deskundigen van de MAC-waarden uit 1992 (arbeidstoxicologische beoordeling). Het kritische toxische effect dat de stof veroorzaakte, concludeerde deze commissie, doet zich voor op de reproductie. Dit trad duidelijk naar voren in proefdierstudies terwijl diverse epidemiologische studies bij tandartsen, tandartsassistenten en ziekenhuispersoneel suggestief bewijs in die richting opleverden. Als No Observerd Adverse Effect Level (NOAEL) voor deze werking werd een concentratie van 1520 mg/m³ aangemerkt, afkomstig uit een rattenexperiment met toediening gedurende 6 uur/dag, 5 dagen/week gedurende dag 1 tot 19 van de dracht. Op basis van deze waarde stelde de commissie een gezondheidskundige MAC-waarde voor van 152 mg/m³ (veiligheidsfactor 10 teneinde interspecies verschillen te overbruggen). Uitgaande van dezelfde NOAEL kan een voorlopige chronische luchtgrenswaarde voor de algemene bevolking worden geschat. Om te extrapoleren naar continue expositie wordt de NOAEL gedeeld door de factor 168/30 resulterend in een gecorrigeerde NOAEL van 270 mg/m³. Met een veiligheidsfactor van 100 (10 voor interspecies- en 10 voor intraspeciesverschillen) kan vervolgens een voorlopige grenswaarde (TCL) van 2,7 mg/m³ berekend worden. Nota bene: dit is slechts een voorlopige indicatie op basis van een beperkte beoordeling van de gegevens.

Literatuur Bijlage 6: gezondheidskundige grenswaarden

ATSDR (1994) Toxicological profile for acetone. Mei 1994.

ATSDR (2004) Toxicological Profile for Ammonia September 2004.

RIVM (1995) Human-toxicological criteria for serious soil contamination: compounds evaluated in 1993 and 1994. RIVM rapport no. 715810 009, augustus 1995.

RIVM (1997) Koolmonoxide: Toxicologische gegevens ter beoordeling van afgifte door gastoestellen. RIVM/CSR-Adviesrapport nummer: 5294 Definitieve versie d.d. December 1997.

RIVM (1998) Maximum Permissible Risk levels for human intake of soil contaminants: Fourth series of compounds. RIVM rapport no. 711701 004, maart 1998.

RIVM (2001a) Re-evaluation of human-toxicological Maximum Permissible Risk levels. RIVM-rapport no. 711701025.

RIVM (2001b) Ad Hoc-advies, betreft: koolstofdioxide, Afleiding humane MTR, Afleiding voorlopige SRC_{eco}. RIVM/CSR Corsanr. 08637 d.d. 15-12-2001.

RIVM (2004) Gezondheidskundige advieswaarden binnenmilieu. RIVM-rapport nr. 609021029.

US-EPA (2003a) IRIS-File Hydrogen Sulfide. Reference Concentration for Chronic Inhalation Exposure (RfC). Last Revised — 07/28/2003.

US-EPA (2003b) IRIS-File methyl ethyl ketone. Reference Concentration for Chronic Inhalation Exposure (RfC). Last Revised — 09/26/2003.

Mølhavé L., S.K. Kjærgaard, A. Hempel-Jørgensen, J.E. Juto, K. Andersson, G. Stridh, J. Falk (2001) Eye Irritation and Odor Potencies of Four Terpenes which are Major Constituents of the Emissions of VOCs from Nordic Softwoods - Short Communication. Indoor Air 10: 315–318.

WHO (1998) Concise International Chemical Assessment Document 5 – d-Limonene. WHO/IPCS Geneva 1998

US-EPA (2006) High Production Volume Information System (HPVIS).
<http://iaspub.epa.gov/opthpv/quicksearch.display?pChem=101069>
http://www.jetoc.or.jp/HP_SIDS/pdf/files/112-41-4.pdf

RIVM (1998) Voorlopig advies toxiciteit zwavelverbindingen bij compostering van rioolslib. Uitgebracht door P. Janssen (RIVM/CSR) aan J. Kliest (RIVM/IMD).

Ad hoc advies inzake N₂O (lachgas) en isocyaanzuur. Uitgebracht door RIVM/SIR (P. Janssen) aan RIVM/IMG (A. Dusseldorp) op 22-02-2006.

Dit is een uitgave van:

**Rijksinstituut voor Volksgezondheid
en Milieu**

Postbus 1 | 3720 BA Bilthoven
www.rivm.nl