



# Tauw

## **Technische onderbouwing beleidsregels voor risicobeperking gezondheidseffecten via de lucht van mestbewerkingsinstallaties**

**19 april 2018**

## Verantwoording

<b>Titel</b>	Technische onderbouwing beleidsregels voor risicobeperking gezondheidseffecten via de lucht van mestbewerkingsinstallaties
<b>Opdrachtgever</b>	Provincie Noord-Brabant
<b>Projectleider</b>	Berend Hoekstra
<b>Auteur(s)</b>	Berend Hoekstra en Albert Brouwer
<b>Projectnummer</b>	1261467
<b>Aantal pagina's</b>	77
<b>Datum</b>	19 april 2018
<b>Handtekening</b>	Ontbreekt in verband met digitale verwerking. Dit rapport is aantoonbaar vrijgegeven.

## Colofon

Tauw bv  
Handelskade 37  
Postbus 133  
7400 AC Deventer  
T +31 57 06 99 911  
E info.deventer@tauw.nl

Dit document is eigendom van de opdrachtgever en mag door hem worden gebruikt voor het doel waarvoor het is vervaardigd. De auteursrechten van dit document blijven berusten bij Tauw. Kwaliteit en verbetering van product en proces hebben bij Tauw hoge prioriteit. Tauw hanteert daartoe een managementsysteem dat is gecertificeerd dan wel geaccrediteerd volgens:

- NEN-EN-ISO 9001

## Inhoud

1	Inleiding .....	5
1.1	Kader.....	5
1.2	Achtergrond.....	5
1.3	Doel.....	7
2	Aanpak .....	7
2.1	Inventarisatie.....	7
2.2	Analyse .....	8
2.3	Ontwerp.....	8
3	Kaders en begrippen .....	9
3.1	Mest .....	9
3.1.1	Herkomst en gebruik van mest .....	9
3.1.2	Typen mest .....	10
3.1.3	Mestbewerking en mestverwerking.....	10
3.1.4	Mest en bio-aerosolen.....	11
3.1.5	Gezondheidsrisico's van mestbewerkingsinstallaties .....	11
3.2	Potdichtprincipe.....	13
3.3	Mestbewerkingstechnieken en overzicht factsheets .....	13
3.3.1	Processtappen mestbewerking.....	13
3.3.2	Overzicht factsheets.....	14
3.3.3	Opbouw van de factsheets.....	16
4	Factsheets .....	20
4.1	Op- en overslag.....	20
4.1.1	Overslag.....	20
4.1.2	Opslag.....	22
4.1.3	Interne logistiek.....	25
4.1.4	Voorbehandeling .....	27
4.2	Scheiden .....	30
4.2.1	Gesloten systemen .....	30
4.2.2	Open systemen .....	31
4.3	Mestbewerking – dikke fractie.....	34



4.3.1	Compostering.....	34
4.3.2	Drogen .....	36
4.3.3	Thermische oxidatie.....	40
4.3.4	Overig.....	41
4.4	Mestbewerking – dunne fractie .....	43
4.4.1	Omgekeerde osmose.....	43
4.4.2	Strippen en scrubben.....	44
4.4.3	Indampen .....	45
4.4.4	Biologische behandeling .....	47
4.4.5	Flotatie .....	48
4.4.6	Algenkweek.....	49
4.5	Luchtreiniging.....	50
4.5.1	Luchtwassers .....	50
4.5.2	Filtratie .....	53
4.5.3	Experimentele luchtreinigingstechnieken.....	58
4.6	Aanvullende maatregelen .....	61
5	Beoordeling ‘potdichtprincipe’ vergunningen.....	64
5.1	Methodiek risicobeoordeling met processchema .....	64
5.2	Aandachtspunten bij risicobeoordeling .....	67
5.2.1	Stof en bio-aerosolen.....	67
5.2.2	Reductie van het aantal ziektekiemen .....	67
5.3	Beoordeling vergunningen .....	68
5.4	Voorschriften voor kleine mestbewerkingsinstallaties.....	73
6	Aanbevelingen.....	75
6.1	Onderzoek naar gezondheidseffecten van bio-aerosolen.....	75
6.2	Onderzoek naar geschikte luchtreinigingstechnieken.....	75
7	Literatuur .....	76



## 1 Inleiding

### 1.1 Kader

De provincie Noord-Brabant wil de risico's voor de volksgezondheid door mestbewerkingsinstallaties tot een minimum beperken. Er is reeds verschillende regelgeving en er zijn diverse (provinciale) beleidskaders om invulling te geven aan dit streven van minimale risico's. Zo vindt regulering plaats van de locatie en de ligging van mestbewerkingsinstallaties. Voorts zijn er normen gesteld voor onder andere luchtkwaliteit en geur vanuit het milieu en het ruimtelijk spoor. De Verordening Ruimte van de provincie Noord-Brabant geeft hiervoor een vergaand beoordelingskader. Een recente ontwikkeling op het snijvlak van milieu en gezondheid is blootstelling aan bio-aerosolen<sup>1</sup>. Deze deeltjes die via de lucht kunnen worden verspreid, vormen een mogelijk risico voor de volksgezondheid (RIVM, 2016; RIVM, 2017). Er is echter nog geen specifieke regelgeving om blootstelling aan bio-aerosolen via de lucht te minimaliseren. De provincie wil dit oplossen door uit te gaan van het zogenoemde 'potdichtprincipe'. De provincie wil dit principe verder uitwerken en operationaliseren via een beleidsregel. Dit onderzoek dient als onderbouwing daarvoor.

### 1.2 Achtergrond

Er is maatschappelijke zorg over de gezondheidsrisico's van mestbewerking. Deze zorg wordt door de provincie Noord-Brabant onderkend. Bij het verlenen van de omgevingsvergunning milieu worden reeds vergaande eisen gesteld aan de vergunning, bijvoorbeeld ten aanzien van luchtkwaliteit en geur. Recent is zorg ontstaan over de emissies van bio-aerosolen uit mestbewerkingsinstallaties. De provincie hanteert hierbij het voorzorgsbeginsel. Dit houdt in dat zij het zekere voor het onzekere neemt. Uitgaande van het voorzorgsbeginsel ontwikkelt de provincie regels om de risico's voor volksgezondheid tot een minimum te beperken.

Op dit moment ontbreekt het aan regels over het minimaliseren van bio-aerosolen. Dit beleid wordt nu ontwikkeld. Volgens dit beleid mogen geen emissies van bio-aerosolen vanuit een mestbewerkingsinstallatie plaatsvinden: het zogenaamde 'potdicht-principe'. Door de emissies van bio-aerosolen tot een minimum te beperken, wil de provincie ook deze gezondheidsrisico's tot een minimum te beperken.

Op 13 juni 2017 hebben Gedeputeerde Staten de notitie 'Versnelling transitie veehouderij' vastgesteld waarin is opgenomen dat zij het 'potdicht-principe' toe willen passen bij mestbewerkingsinstallaties en dat uitwerken in een beleidsregel. Op 8 juli 2017 is deze notitie ook door Provinciale Staten vastgesteld.

---

<sup>1</sup> In paragraaf 3,1.4 is het begrip bio-aerosolen nader beschreven.



Om deze beleidsregel op te kunnen stellen moet er een document worden opgesteld dat de volgende vragen beantwoordt:

- Welke technieken zijn er en welke combinaties van technieken worden toegepast?
- Wat doen de technieken om contaminanten welke bedreigend kunnen zijn voor de volksgezondheid (micro-organismen, restanten daarvan en bio-allergenen) te minimaliseren?
- Wat is het restrisico?
- Is het economisch haalbaar?

In opdracht van de Provincie Noord-Brabant heeft Tauw ondersteuning geboden bij het opstellen van de technische onderbouwing van de beleidsregels. Dit rapport omvat onze aanpak en resultaten ten behoeve van de technische onderbouwing voor de op te stellen beleidsregel 'volksgezondheid en mestbewerkingsinstallaties' van de provincie Noord-Brabant.

## Afbakening

- Mestbewerkingsinstallaties veroorzaken verschillende effecten welke invloed kunnen hebben op de gezondheid van mensen. Het betreft effecten van onder meer geur, fijnstof, ammoniak, bio-aerosolen en geluid
- Voor geur, fijnstof, ammoniak en geluid bestaan kwaliteitsnormen voor de beoordeling van de vergunning die reeds zijn vastgelegd in bestaande (landelijke) wet- en regelgeving en provinciale beoordelingskaders
- Voor bio-aerosolen bestaat geen kwaliteitsnorm (effecten zijn nog onvoldoende bekend), terwijl in de praktijk behoefte is aan het verminderen van de blootstelling aan bio-aerosolen. De aanpak voor reductie van bio-aerosolen wordt vooralsnog benaderd vanuit de lijn van maatregelen om stofemissies en zodoende effecten te beperken
- Afbakening van dit onderzoek beperkt zich tot effecten door bio-aerosolen via de lucht. Emissies van verontreinigingen naar de lucht hebben doorgaans samenhang, derhalve is de technische informatie – hoewel daarop niet specifiek gericht – ook bruikbaar bij de beoordeling en toetsing van andere effecten van mestbewerkingsinstallaties zoals geur, fijnstof en ammoniak.
- De effecten op het oppervlaktewater door lozing uit mestbewerkingsinstallaties worden eveneens niet meegenomen in dit rapport. Waterschap Aa en Maas heeft hier al beleidskaders voor opgesteld
- De focus van dit rapport is op (grote) industriële mestbewerkingsinstallaties, waarvoor de provincie Noord-Brabant het bevoegd gezag is. Hoewel de beschrijvingen niet specifiek gericht zijn op kleine installaties of installaties die gemeentelijk vergunningsplichtig zijn, kunnen de beschrijvingen en methodieken uit dit rapport wel behulpzaam zijn bij een dergelijke beoordeling



## 1.3 Doel

De provincie wil kennis en inzicht krijgen in bestaande mestbewerkingstechnieken, welke effecten deze technieken hebben met betrekking tot de uitstoot van bio-aerosolen naar de lucht en de (verdergaande) maatregelen om gezondheidseffecten te voorkomen of zoveel mogelijk te minimaliseren.

Daarnaast wil de provincie inzicht of de (verdergaande) maatregelen haalbaar zijn met betrekking tot de doelstelling van de provincie (potdicht-principe) en of deze economisch haalbaar zijn. Er wordt daarbij mede getoetst aan maatregelen die thans in bestaande en lopende aanvragen worden toegepast.

## 2 Aanpak

De volgende aanpak is gekozen voor dit onderzoek:

- Inventarisatie: het opstellen van beschrijvingen van de verschillende mestbewerkingstechnieken, het vaststellen van de mogelijke routes waarbij emissies van bio-aerosolen vrijkomen in deze processen en de toegepaste technieken om de emissies te beperken (literatuur en praktijk) inclusief mogelijk verdergaande maatregelen
- Analyse: Analyseren van de haalbaarheid van de (aanvullende) maatregelen om emissies en blootstelling van emissies van bio-aerosolen te beperken. Het gaat daarbij om de technische en economische haalbaarheid en de vermeden effecten op de gezondheid gericht op het beoordelen of de maatregelen als BBT kunnen worden aangemerkt
- Ontwerp: Het opstellen van standaardteksten (considerans en voorschriften) welke bij vergunningverlening kunnen worden gebruikt

De verschillende onderdelen van de aanpak zijn in de volgende paragrafen nader beschreven.

### 2.1 Inventarisatie

De inventarisatie richt zich op het opstellen van beschrijvingen van de verschillende mestbewerkingstechnieken, het vaststellen van de mogelijke routes waarbij emissies van bio-aerosolen vrijkomen in deze processen en de toegepaste technieken om de emissies te beperken (literatuur en praktijk) inclusief mogelijk verdergaande maatregelen.

#### *Processtappen*

Bij installaties waar mestbewerking plaatsvindt, kunnen bij diverse activiteiten en handelingen emissies optreden. De belangrijkste activiteiten zijn aanvoer/transport, op- en overslag, bewerkingen en zuivering van afgas- en waterstromen. Bij de bewerking gaat het om de verschillende technieken voor mestbewerking (onder andere drogen, vergisten, composteren en verbranden). Elk van de processtappen is op verschillende manieren, met verschillende technieken of handelingen uit te voeren.



Van alle omschreven processtappen zijn bondige uniforme factsheets opgesteld gericht op het ontstaan van emissies naar de lucht, de kans op emissies van bio-aerosolen en maatregelen voor de beperking daarvan (standaard maatregelen, mogelijkheden voor optimalisatie van de maatregel en verdergaande / alternatieve maatregelen). Zo kan men snel inzicht krijgen in de kans op emissie en de mogelijke reductie van die emissie. In de beschrijving is aandacht voor de relevante (mest)stromen in de verschillende processtappen, zoals aanvoer, ontvangst, opslag, conversiestap en zuivering.

#### *Gebruik van informatiebronnen*

Bij het opstellen van de factsheets is gebruik gemaakt van beschikbare literatuur, interviews met kennisdragers en vergunningendossiers. De kennis omtrent gezondheidsrisico's is primair afkomstig van het Kennisplatform Veehouderij. De Omgevingsdienst Brabant Noord heeft veel waardevolle informatie verschaft over de technische en praktische aspecten van mestbewerkingstechnieken. Ook is een bezoek gebracht aan een mestbewerkingsinrichting om meer inzicht te krijgen in de praktische aspecten van mestbewerkers.

## **2.2 Analyse**

De haalbaarheid van de (aanvullende) maatregelen is geanalyseerd om emissies van bio-aerosolen en blootstelling hieraan zoveel mogelijk te beperken. Het gaat daarbij om de technische en economische haalbaarheid, alsmede de vermeden effecten op de gezondheid.

#### *Haalbare maatregelen*

Met de factsheets is inzichtelijk gemaakt uit welke processen de luchtemissies optreden en hoe ze beperkt kunnen worden. Voor het maken van beleid is het van belang om vast te stellen wat het behaalde restrisico voor de gezondheid is met deze technieken. Wat is redelijk om te eisen als restemissie? Is potdicht haalbaar in de praktijk?

De bevindingen van de inventarisatie worden in deze stap geanalyseerd op haalbaarheid van de maatregelen. Deze analyse moet leiden tot een BBT overzicht: welke maatregelen dienen ten minste te worden toegepast. Daarnaast komt er een overzicht van maatregelen welke aanvullend kunnen worden toegepast (specifieke maatregelen en/of verdergaande maatregelen).

## **2.3 Ontwerp**

Er zijn standaardteksten opgesteld (considerans en voorschriften) welke bij vergunningverlening kan worden gebruikt. Tevens kunnen de BBT factsheets voorzien in een snel overzicht van de mogelijke gevolgen wanneer de techniek wordt toegepast.



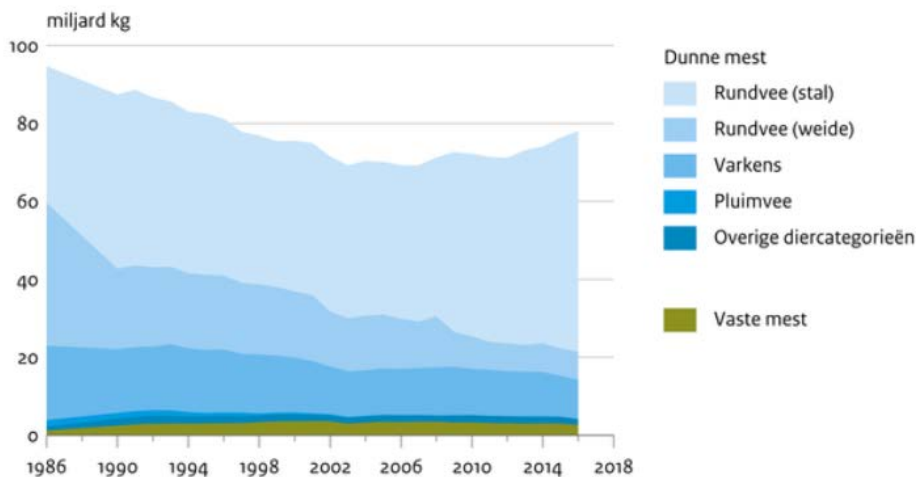
## 3 Kaders en begrippen

### 3.1 Mest

#### 3.1.1 Herkomst en gebruik van mest

Van alle mest is ongeveer 80 % afkomstig van runderen en kalveren en 15 % afkomstig van varkens. De overige 5 % wordt geproduceerd door pluimvee en andere dieren, zoals geiten, schapen en paarden.

#### Productie dierlijke mest

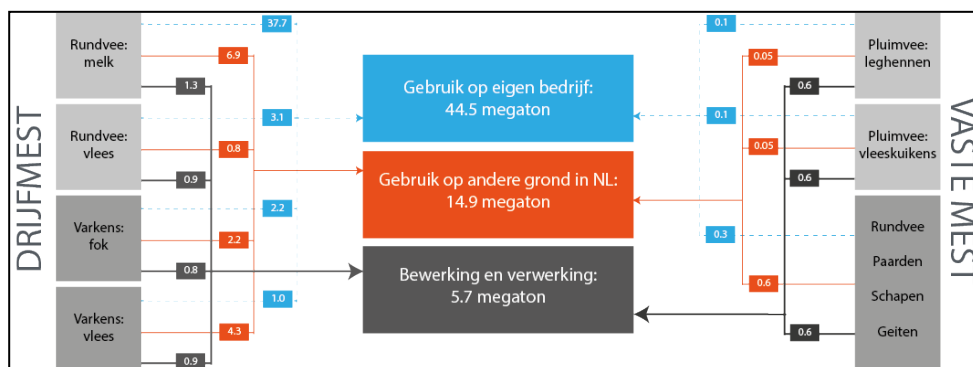


Bron: CBS

CBS/apr17  
www.clo.nl/nl010419

Figuur 3.1 Bron van mest in Nederland (CBS)

In 2015 werd bijna driekwart (73 %) van de mest op eigen land toegepast, een vijfde deel (20 %) werd toegepast op andere boerenbedrijven en de rest (7 %) werd afgezet naar bedrijven die mest bewerken. Circa 5 % werd getransporteerd naar andere EU-lidstaten; dit betreft voornamelijk bewerkte vaste mest. (Van Leuken et. al, 2017)



Figuur 3.2 Mestproductie en toepassing in Nederland in 2015 (Van Leuken, 2017)

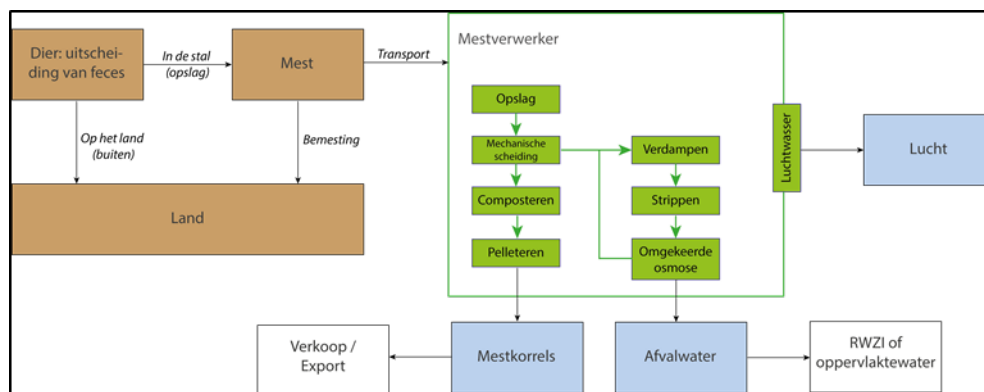
### 3.1.2 Typen mest

Er zijn verschillende typen mest, die elk een andere vorm van bewerking nodig hebben. De grootste fractie is drijfmest van runderen en varkens. Dit is een mengsel van urine en feces en bevat dus veel water, mineralen en organische stoffen. De verhouding droge stof en water kan verschillen tussen verschillende diersoorten, maar over het algemeen is het mengsel zo waterig dat het verpompaar is. Vaak is een van de eerste bewerkingstappen voor drijfmest het scheiden in een dikke stapelbare mestfractie en een dunne, waterige mestfractie.

Paardenmest en pluimveemest hebben een heel andere samenstelling. Paardenmest bevat zeer veel stro, en bestaat daarnaast uit nauwelijks verteerd voedsel. Het is relatief droog en kan dus niet verpompt worden, maar wordt gestapeld. Ook pluimveemest is relatief droog en wordt gezien als 'stapelbare mest'. Mestscheiding is dan ook niet mogelijk voor paardenmest en pluimveemest, deze kan direct bewerkt worden. (Schröder et al, 2009). Ook geitenmest en vaste rundmest hebben hun eigen specifieke eigenschappen, onderscheidend van varkensdrijfmest. Ze worden vaak rechtstreeks op het land aangewend en worden niet gescheiden.

### 3.1.3 Mestbewerking en mestverwerking

Verreweg de meeste dierlijke mest wordt direct op het land gedeponereerd door landbouwhuisdieren (beweiding) of wordt op een later moment, na opslag, als meststof op het land toegepast. 7 % van de Nederlandse dierlijke mest wordt afgezet naar bedrijven die mest bewerken of verwerken. Het doel van mest be- of verwerken is het creëren van producten waar een betere markt voor is dan voor onbewerkte mest. Mestbewerking betreft een activiteit waarbij mest wordt behandeld, maar wel 'mest' blijft. Mestverwerking betreft een activiteit waarbij mest wordt behandeld, en nadien geen 'mest' meer is maar wat anders (de Buisonjé, 2013). De precieze benaming is niet relevant voor dit onderzoek, omdat dit onderzoek een inventarisatie is van technische processen en de emissies van bio-aerosolen die daaruit voortkomen. Omwille van de leesbaarheid en aansluiting bij andere documenten zoals de Verordening Ruimte, wordt gekozen om consequent het woord 'mestbewerking' te gebruiken in dit rapport. Dit betreft dan alle technieken die worden gebruikt om mest te behandelen. Figuur 3.3 geeft weer hoe de feces en urine van het dier via de verschillende bewerkingsroutes in het milieu terechtkomen.



Figuur 3.3 Transmissieschema van mest in relatie tot het milieu (Van Leuken en Hoeksema, 2016)



### 3.1.4 Mest en bio-aerosolen

Bacteriën, virussen, parasieten en schimmels zijn microbiologische organismen. De meeste micro-organismen zijn onschadelijk voor de mens, of zelfs erg nuttig. Zo wordt bijvoorbeeld de menselijke darmflora verrijkt door enkele kilo's bacteriën die ondersteunend werken bij de vertering van voedsel. Er bestaan echter ook micro-organismen die schadelijk kunnen zijn voor de menselijke gezondheid, deze worden pathogenen genoemd. Deze pathogenen komen in zeer veel verschillende vormen voor. Virussen of (antibioticaresistente)bacteriën kunnen een pathogene werking hebben. Een andere groep pathogenen zijn endotoxinen, onderdelen van dode bacteriën zoals celwandbestanddelen (Aarnink et al., 2015; Van Leuken J., Hoeksma P., 2016). Er bestaat een vermoeden dat dergelijke micro-organismen voorkomen in mest (zie paragraaf 3.1.5). Mestbewerking zou dan een risico kunnen vormen voor de volksgezondheid omdat het kan zorgen voor het verspreiden van pathogenen uit de mest naar de bevolking. Een dergelijke ziekte, die van dieren op mensen wordt overgedragen, wordt een 'zoönose' genoemd.

In de intensieve veehouderij bestaat de kans dat er uitstoot plaatsvindt van biologisch actieve deeltjes naar het milieu. Wanneer dit plaatsvindt via de lucht, spreken we over 'bio-aerosolen'. Daarmee bedoelen we alle zwevende deeltjes van biologische oorsprong. Dat kan levend materiaal zijn zoals bacteriën, dood materiaal zoals endotoxinen of niet-levend materiaal zoals virussen. Deze deeltjes kunnen vast of vloeibaar zijn. De bio-aerosolen zijn onderdeel van de 'gewone' emissie van fijnstof, omdat de deeltjes in dezelfde grootteklasse vallen als fijnstof, namelijk kleiner dan 10 micrometer. Ook is het mogelijk dat deeltjes 'meeliften' op grotere stofdeeltjes, deze noemen we dan ook bio-aerosolen. Hoewel er weinig bekend is over bio-aerosolen in het bijzonder, is er wel een solide kennisbasis over stof en stofreductiemethoden. Veel van de kennis in dit rapport is dan ook gebaseerd op ervaringen met stof in het algemeen, die we toepassen op het dossier bio-aerosolen.

### 3.1.5 Gezondheidsrisico's van mestbewerkingsinstallaties

Recent is onderzoek verricht naar de gezondheidseffecten van veehouderijen op omwonenden. Uit onderzoek bleek dat mensen in de nabijheid van veehouderijen worden blootgesteld aan verhoogde concentraties endotoxine, fijnstof en mogelijk nog andere componenten (RIVM, 2016). In aanvullend onderzoek is aangetoond dat verschillende typen bio-aerosolen goed meetbaar waren in de omgeving van veehouderijen, waaronder enkele zogenaamde indicator-bacteriën, resistentiegenen en allergenen. Over het algemeen gold dat hoe dichterbij een veehouderij, hoe hoger de concentraties van deze bio-aerosolen. Ook zijn diverse gezondheidseffecten statistisch significant gerelateerd aan blootstelling aan (bio-)aerosolen (RIVM, 2017). Een oorzakelijke relatie tussen die twee effecten wordt vermoed, maar is nog niet onomstotelijk bewezen.

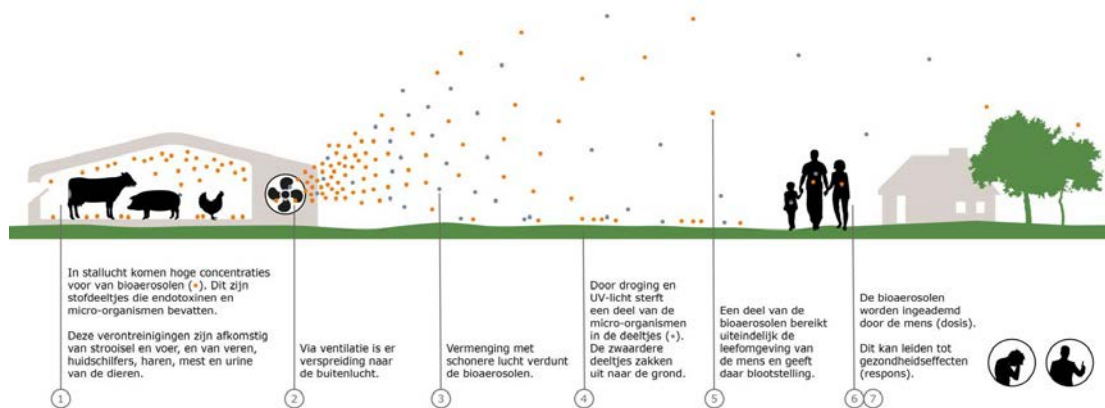
Het kennisbericht "Mest en mestbewerking" (14 feb 2018) van het Kennisplatform Veehouderij en Humane gezondheid (VHG) concludeert over fijn stof en endotoxinen het volgende: "Mest leidt tot fijn stof met een hoog gehalte aan micro-organismen en endotoxinen. Er zijn aanwijzingen dat bij het aanwenden, composteren en drogen/indikken van mest, emissies naar de buitenlucht kunnen optreden."



Van endotoxinen in fijn stof zijn de negatieve gezondheidseffecten onder Arbo-omstandigheden aangetoond (Gezondheidsraad rapport nr. 2010/04OSH; advieswaarde 90 EU/m<sup>3</sup>). In 2012 heeft de Gezondheidsraad voor omwonenden van veehouderijen een advieswaarde van 30 EU/m<sup>3</sup> gepubliceerd (rapport nr. 2012/27). In verband met dit laatste advies loopt op dit moment, in opdracht van het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, een onderzoek naar het opstellen van een endotoxine toetsingskader.

Het kennisbericht "Fijn stof en endotoxinen" (versie 2, 24 mei 2017) van het Kennisplatform VHG laat zien dat luchtweg gerelateerde gezondheidseffecten in de nabijheid van veehouderijen vaker voorkomen. Over de afname van longfunctie in de buurt van veehouderijen concludeert het kennisbericht het volgende: "Het meest waarschijnlijk is dat deze longfunctieveranderingen samenhangen met de blootstelling aan stof en micro-organismen (endotoxine) direct rond de veehouderijbedrijven."

Deze onderzoeken gaan niet allemaal direct over de gevolgen op de omgeving van mestbewerkers. Relevant voor de gezondheid is wel dat er een relatie is aangetoond tussen verhoogde concentraties van endotoxinen en fijn stof, en gezondheidseffecten bij omwonenden. Vermoed wordt dat de effecten vanuit mestbewerkers lager liggen dan bij veehouderijen (RIVM, 2016). Figuur 3.4 geeft een grafische weergave van de mogelijke procesketen van emissie tot een gezondheidseffect bij omwonenden.



Figuur 3.4 Procesketen van emissie tot gezondheidseffect (Hagenaars et al, 2016)

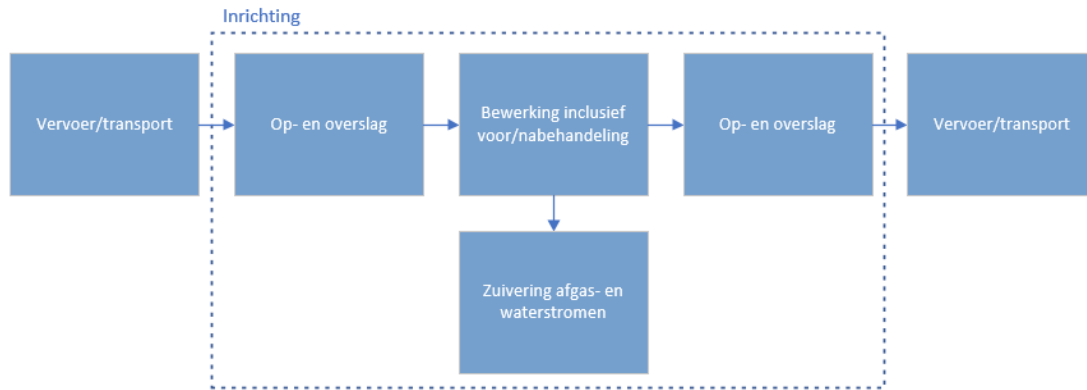
## 3.2 Potdichtprincipe

De term 'potdicht' suggereert dat er geen enkel deeltje ontsnapt uit een mestbewerkingsinstallatie. In de praktijk is een luchtdichte installatie voor mestbewerking echter niet haalbaar. Er zullen in het gebouw voor de mestbewerking ingangen zijn om personeel en grondstoffen in en uit te laten gaan, ook zal de afgezogen lucht vanuit de hal en/of verschillende processtappen naar de buitenlucht moeten worden afgevoerd. Er komt dus altijd een luchtstroom uit een gebouw. Wel is er veel mogelijk om die luchtstroom te reinigen van ongewenste stoffen zoals bio-aerosolen. Met een goed functionerend luchtreinigingssysteem is het mogelijk om de kans op gezondheidseffecten tot een minimum te beperken. Voor dit rapport zijn de relevante luchtstromen in kaart gebracht en is advies gegeven over de technische mogelijkheden om die luchtstroom zo goed mogelijk te reinigen. Het potdichtprincipe is een invulling van het streven om een zo laag mogelijke emissie van bio-aerosolen na te streven.

## 3.3 Mestbewerkingstechnieken en overzicht factsheets

### 3.3.1 Processtappen mestbewerking

Bij installaties waar met mest wordt gewerkt, kunnen bij diverse activiteiten en handelingen emissies naar de lucht optreden. De belangrijkste activiteiten zijn aanvoer/transport, op- en overslag, bewerkingen en zuivering van afgas- en waterstromen. Onderstaande figuur illustreert de samenhang tussen deze processtappen. Bij de bewerking gaat het om de verschillende technieken (onder andere scheiden, drogen, vergisten, composteren en verbranden). Elk van de processtappen is op verschillende manieren, met verschillende technieken of handelingen uit te voeren.



Figuur 3.5 Illustratie van de samenhang tussen de verschillende stappen

Er vindt in dit onderzoek een uitwerking plaats van de verschillende processtappen. Van alle omschreven processtappen worden bondige uniforme factsheets opgesteld gericht op het ontstaan van emissies naar de lucht, de kans op emissies van bio-aerosolen en maatregelen voor de beperking daarvan (standaard maatregelen, mogelijkheden voor optimalisatie van de maatregel en verdergaande / alternatieve maatregelen). Zo kan men snel inzicht krijgen in de risico's en de mogelijke beperking van die risico's.

### 3.3.2 Overzicht factsheets

De factsheets zijn geordend weergegeven in figuur 3.6. Er worden enkele algemene processen beschreven die plaatsvinden bij mestbewerkers. Allereerst is er sprake van op- en overslag. Beschreven zijn opslag, overslag en de interne logistiek in een mestbewerkingsinrichting. Tweede stap in het proces is vaak een voorbehandeling van de mest, hetzij door hygiëniseren van meststoffen of door vergisting. Deze voorbehandeling is optioneel, niet elke mestbewerker doet dit. Een derde stap is scheiding van de mest in een dikke en dunne fractie. Ook hiervoor zijn diverse mogelijke technieken beschreven. Daarna zijn de bewerkingsstappen voor de dikke fractie en de dunne fractie apart beschreven. Vervolgens worden diverse luchtreinigingstechnieken beschreven die relevant zijn in het kader van bio-aerosolen. De factsheets eindigen met een korte beschrijving van enkele algemene aanvullende technieken die kunnen helpen om emissies te reduceren bij het in gebruik hebben van mestbewerkingstechnieken. De focus ligt op emissies naar lucht, er wordt dus niet gekeken naar emissies van biologisch agentia naar water.



Op- en overslag	Voorbehandeling	Scheiden	Verwerken dikke fractie	Verwerken dunne fractie	Luchtreiniging	Aanvullende maatregelen
TO.1	T1.1	T2.1	T3.1	T4.1	T5.1	M1.0
Verladen van vloeibare mest	Vergisten	Gesloten systemen	Open composteren	Ongekeerde osmose	Chemische wasser	Windreductie
TO.2	T1.2	T2.2	T3.2	T4.2	T5.2	M1.1
Verladen van vaste mest	Hygiëniseren	Zaafhandpers	Gesloten composteren	Strippen/scrubben	Biologische wasser	Afsluten overslag
TO.3		T2.3	T3.3	T4.3	T5.3	M1.2
Open opslag		Bezinking	Convectiedrogen	Indampen	Stoffilter	Centrale afsluiting en onderdruk
TO.4		T2.4	T3.4	T4.4	T5.4	M1.3
Semi-gesloten opslag		Zeven	Conductiedrogen	Verdampen	Blofilter	Dampreursysteem
TO.5			T3.5	T4.5	T5.5	M1.4
Gesloten opslag			Stralingsdrogen	Biologische behandeling	Actief koolfilter	Drijvend dak
TO.6			T3.6	T4.6	T5.6	
Interne logistiek vloeibare mest			Vriestrogen	Flotatie (DAF)	Warmte-krachtkoppeling	
TO.7			T3.7	T4.7	T5.7	
Interne logistiek vaste mest			Thermische oxidatie	Algenlijver	Fakkell	
			T3.8		E1.1	
			Kalkbehandeling		UVC straling	
			T3.9		E1.2	
			Productvormgeving		Chemische desinfectie	
					E1.3	
					Elektrostatisch filter	
					E1.4	
					Neuverander	

Figuur 3.6 Overzicht factsheets



### 3.3.3 Opbouw van de factsheets

In de factsheets worden, voor zover informatie beschikbaar, de volgende zaken omschreven:

- Een bondige omschrijving van de processtap met toelichting op het werkingsprincipe en de toepassing en uitvoering in de praktijk
- Ontstaan van emissies van bio-aerosolen per processtap (gekanaliseerd en diffuus). Bij de processtap bewerking wordt ook ingegaan op emissiereductie ten gevolge van het proces door chemische behandeling of temperatuur behandeling waarmee risico's worden beperkt. Er wordt een beschrijving gegeven van de omvang van de bekende risico's
- Toegepaste maatregelen ter beperking van de emissies (literatuur en praktijk), kenmerken van deze maatregelen (bedrijfszekerheid, emissiereductie, specifieke aandachtspunten) en gegevens over de schaalgrootte, kosten en de kosteneffectiviteit van de maatregelen (huidige BBT). De toegepaste emissie reducerende maatregelen (onder andere afdekken, ventilatie, onderdruk) en nageschakelde technieken (onder andere doekenfilters, gaswassers en naverbranders) zullen worden beschreven. De maatregelen zijn doorgaans onder andere geïnstalleerd om ammoniakemissie, geurverspreiding en chemische componenten (stof, waterstofsulfide, et cetera) te voorkomen. Het effect van deze bestaande maatregelen op de reductie en minimalisatie van de biologische agentia wordt beschouwd aan de hand van bestaande kennis en informatie
- Verdergaande (Best Beschikbare Technieken) maatregelen voor emissiebeperking dan de huidige praktijk
- Kritische punten, zoals risico's bij niet-reguliere omstandigheden/calamiteitensituaties
- Restrisico's indien geen sprake is van volledig potdichte installaties

De factsheets hebben een vaste opbouw. Eerst wordt genoemd tot welke categorie een techniek behoort, en om welke techniek het gaat. Daarna volgt een bondige omschrijving van de basisprincipes van een techniek: waarvoor wordt een techniek gebruikt en welke stappen worden in grote lijnen gevolgd? Daarna volgt een uitleg hoe emissies van met name bio-aerosolen naar lucht kunnen ontstaan bij het gebruik van deze techniek. Ook worden aanvullende maatregelen beschreven die getroffen kunnen worden om de emissies van bio-aerosolen uit deze bron te reduceren, en welke technieken zouden kunnen dienen als vervanging.

Verder wordt omschreven op welk punt in het proces er de meeste kans is op emissies van bio-aerosolen en wat de 'kritische punten' zijn. Ook wordt genoemd of emissies diffuus dan wel gekanaliseerd zijn, en wat het debiet aan luchtverplaatsing is. Als laatste wordt de relevantie genoemd van een proces ten opzichte van bio-aerosolen. Hoe belangrijk is deze techniek op het gebied van bio-aerosolen? Is er veel winst te behalen of kan een bron genegeerd worden omdat er nauwelijks relevante emissies worden verwacht? Deze relevantie is gebaseerd op onder andere de grootte van het debiet, de kans op overleven van biologische agentia, het al dan niet afgesloten zijn van een techniek en overige factoren. Zie tabel 3.7 voor een voorbeeldtabel.





Bladnummer	Verwijsnummer. M staat voor Maatregel, T staat voor Techniek en E staat voor Experimenteel. De 'E' factsheets zijn technieken die onderzocht zijn en mogelijk een toepassing kunnen vinden in de emissiereductie bij mestbewerkers. Er zijn echter geen werkende installaties bekend die deze techniek ook daadwerkelijk toepassen.
Activiteit	Het onderdeel van de mestbewerkingsketen waar de techniek deel van uitmaakt: op- en overslag, mestscheiding of mestbewerking.
Techniek	Welke techniek wordt omschreven? Het gaat hier om een algemene beschrijving van de technieken, niet om merknamen.
Beschrijving techniek	Hier wordt een korte omschrijving gegeven van de basisprincipes waarop de werking van een techniek gebaseerd is.
Type mest	Voor welke types mest kan een techniek gebruikt worden?
Ontstaan van emissie naar lucht	Hoe ontstaan emissies van bio-aerosolen naar lucht? In de praktijk vinden de emissies van veel verschillende stoffen gelijktijdig plaats, maar in dit rapport ligt de focus op bio-aerosolen. Er zal dus niet, of minder, aandacht worden gegeven aan ammoniak, geur, en andere stoffen.
Aanvullende maatregelen	Welke technieken zijn er op de markt die een goede aanvulling zouden zijn op de techniek in deze factsheet? Ook hier wordt gefocust op emissies van bio-aerosolen, dus het gaat vooral om aanvullingen die dergelijke emissies verlagen of beheersen.
Alternatief	Welke technieken zijn er op de markt die een vergelijkbare functie hebben als de techniek in deze factsheet en dus eventueel gebruikt kunnen worden als vervanger? Dit hoeft niet noodzakelijk een verbetering te zijn, het gaat om een alternatief dat een vergelijkbaar resultaat kan geven.
Kritische punten	Waar kunnen niet-bedoelde emissies ontstaan? Waar heeft deze techniek een zwakke plek? Welke restricties blijven bestaan, ook bij goed functioneren?
Diffuus of gekanaliseerd	Diffuus betekent dat een emissie niet gelokaliseerd is, de emissie komt voort uit een groter oppervlak. Gekanaliseerde emissies komen uit een puntbron, zoals een schoorsteen.



Bladnummer	Verwijsnummer. M staat voor Maatregel, T staat voor Techniek en E staat voor Experimenteel. De 'E' factsheets zijn technieken die onderzocht zijn en mogelijk een toepassing kunnen vinden in de emissiereductie bij mestbewerkers. Er zijn echter geen werkende installaties bekend die deze techniek ook daadwerkelijk toepassen.
Debiet	Hoe groot is de luchtstroom die bio-aerosolen bevat? Dit is vooral relevant bij gekanaliseerde emissies, omdat daarbij goed te meten is hoeveel lucht er door de schoorsteen stroomt. Bij diffuse emissies is dit soms niet meetbaar, of überhaupt niet van toepassing.
Kans op emissie van bio-aerosolen	Gebaseerd op de bovenstaande beschrijvingen, hoe groot schatten we de kans in dat er uit deze bron relevante emissies ontstaan van bio-aerosolen? Doordat er zeer weinig kwantitatieve informatie is hierover, is gekozen voor een kwalitatieve indeling: 'laag' of 'hoog'. Met 'laag' wordt bedoeld dat we verwachten dat er nauwelijks emissies van betekenis zullen zijn uit deze bron. Het gaat bijvoorbeeld om hermetisch afgesloten bronnen, of de lucht heeft een behandeling gehad waardoor we vrijwel zeker zijn dat er geen biologische risico's meer zijn. De classificatie 'hoog' betekent dat er een reële kans op emissie van bio-aerosolen is. Dit is het geval wanneer er emissies plaatsvinden van deeltjes waarvan we niet zeker zijn dat alle bio-aerosolen geneutraliseerd zijn.

Tabel 3.7 Opbouw en toelichting factsheets processtappen mestbewerking



Voor het onderwerp luchtreiniging wordt een iets ander format gebruikt voor de factsheets, dit omdat er andere informatie gewenst is over dit type technologie.

Bladnummer	Verwijsnummer
Activiteit	Het onderdeel van de mestbewerkingsketen waar de techniek deel van uitmaakt: op- en overslag, mestscheiding, mestbewerking of luchtreinigingstechnieken.
Techniek	Onder welke naam is deze techniek algemeen bekend?
Beschrijving techniek	Korte omschrijving van de basisprincipes waarop de werking van een techniek gebaseerd is.
Rendement bio-aerosolen	Hoe effectief is deze techniek tegen bio-aerosolen? Wanneer er bronnen zijn die een kwantitatief antwoord kunnen geven, worden deze ook aangehaald. In andere gevallen wordt een kwalitatieve schatting gegeven.
Energieverbruik	Energieverbruik, ook hier wordt gepoogd een kwantitatief antwoord te geven, maar bij gebrek aan bronnen wordt een kwalitatieve schatting gegeven.
Afvalstromen	Welke afvalstromen ontstaan er bij het gebruik van deze techniek?
Hulpstoffen	Welke hulpstoffen zijn nodig om deze techniek te laten werken?
Kosten	Hoeveel investeringskosten vergt deze techniek, en hoeveel kost de bedrijfsvoering?
Eisen	Aan welke eisen moet een techniek voldoen om te voldoen aan het 'potdichtprincipe'?

Tabel 3.8 Opbouw en toelichting factsheets luchtreinigingstechnieken



## 4 Factsheets

### 4.1 Op- en overslag

#### 4.1.1 Overslag

Bladnummer	T0.1
Activiteit	Op- en overslag
Techniek	Overslag van vloeibare mest
Beschrijving techniek	Drijfmest wordt aangeleverd door gesloten vrachtwagens die de mest overpompen naar een opslag middels gesloten slangen.
Type mest	Drijfmest en digestaat, dunne fracties van (digestaat van) onder andere varkensmest, rundermest en nertsenmest.
Ontstaan van emissie naar lucht	Er kan verdringingslucht vrijkomen bij het vullen van een silo. Dat is lucht die in de opslag zit, maar wordt verdrongen door de binnenkomende mest.
Aanvullende maatregelen	M1.3, M1.4
Alternatief	-
Kritische punten	-
Diffuus of gekanaliseerd	Diffuus
Debiet	Laag
Kans op emissie van bio-aerosolen	Laag



Bladnummer	T0.2
Activiteit	Op- en overslag
Techniek	Overslag van vaste mest
Beschrijving techniek	Vaste mest zoals pluimveemest, geitenmest of paardenmest is niet verpompbaar maar wordt verladen door middel van grijpers of kiepen.
Type mest	Dikke fracties van onder andere runder- of varkensmest, stromest van varkens, pluimvee, paarden en geiten. Daarnaast nog droge pluimveemest en gedroogde mestfracties van de andere diersoorten.
Ontstaan van emissie naar lucht	Wanneer de activiteit plaatsvindt in de open lucht kunnen deeltjes verwaaien.
Aanvullende maatregelen	M1.0, M1.1, M1.2
Alternatief	-
Kritische punten	Wanneer deze overslag plaatsvindt in de open lucht, is verwaaiing mogelijk. Emissies van bio-aerosolen zijn dan niet te voorkomen, tenzij de mest al gehygiëniseerd was voordat het verladen werd. Deze kans kan gereduceerd worden door de overslag te laten plaatsvinden in een overdekte ruimte waar de lucht wordt afgezogen en behandeld.
Diffuus of gekanaliseerd	Diffuus
Debiet	Niet van toepassing
Kans op emissie van bio-aerosolen	Hoog



## 4.1.2 Opslag

Bladnummer	T0.3
Activiteit	Op- en overslag
Techniek	Open opslag
Beschrijving techniek	Mest wordt tijdelijk opgeslagen voordat het bewerkt kan worden. Ook kunnen tussenproducten die ontstaan in het bewerkingsproces worden opgeslagen voordat ze afgevoerd worden. Vooral vaste mest kan in de open lucht worden opgeslagen, bijvoorbeeld in sleufsilos. Vanuit het potdichtprincipe is open opslag niet toegestaan.
Type mest	Divers
Ontstaan van emissie naar lucht	Emissies van (bio-)aerosolen treden op bij verwaaiing van blootliggende droge, vaste mest.
Aanvullende maatregelen	M1.0, M1.1, M1.2
Alternatief	T0.4, T0.5
Kritische punten	Open opslag van droge of gedroogde mest is vatbaar voor verwaaiing.
Diffuus of gekanaliseerd	Diffuus
Debiet	Niet van toepassing, afhankelijk van wind
Kans op emissie van bio-aerosolen	Hoog, want er kan verwaaiing plaatsvinden van mest



Bladnummer	T0.4
Activiteit	Op- en overslag
Techniek	Semi-gesloten opslag
Beschrijving techniek	Semi-gesloten opties voor de opslag van mest zijn mestkelders of mestbassins die niet volledig gesloten zijn. Mestbassins hebben bijvoorbeeld een ontluchting voor tijdens het verladen. Ook betreft het de opslag van (vaste) mest in hallen, die kunnen openen voor verkeer.
Type mest	Divers
Ontstaan van emissie naar lucht	Ontluchting bij verladen, diffuse emissies door kieren.
Aanvullende maatregelen	M1.1, M1.2, M1.3, M1.4
Alternatief	T0.5
Kritische punten	Tijdens verladen
Diffuus of gekanaliseerd	Diffuus
Debiet	Niet van toepassing
Kans op emissie van bio-aerosolen	Zeer afhankelijk van het type mest. Bij droge mest is verwaaiing mogelijk, bij natte mestvormen is deze kans vrijwel nul.



Bladnummer	T0.5
Activiteit	Op- en overslag
Techniek	Gesloten opslag
Beschrijving techniek	Gesloten opslagsystemen zijn mestilo's, mestkelders en mestzakken. Ook kan mest opgeslagen worden in dezelfde hal als waarin de bewerkingen plaatsvinden, dit geldt ook als gesloten opslag omdat die hal gesloten moet zijn.
Type mest	Divers
Ontstaan van emissie naar lucht	Ook een gesloten opslag heeft een ontluchtingssysteem om overdruk te voorkomen. Deze dampen kunnen bio-aerosolen bevatten.
Aanvullende maatregelen	M1.2, M1.3, M1.4, luchtreinigingstechnieken
Alternatief	T0.4
Kritische punten	-
Diffuus of gekanaliseerd	Gekanaliseerd
Debiet	Laag
Kans op emissie van bio-aerosolen	Laag





## 4.1.3 Interne logistiek

Bladnummer	T0.6
Activiteit	Op- en overslag
Techniek	Interne logistiek vloeibare mest
Beschrijving techniek	Vloeibare mest ondergaat verschillende bewerkingsstappen en moet dus verplaatst worden tussen verschillende machines. Bij drijfmest, of de dunne fractie daarvan, gebeurt dat door verpompings. Het is dus een gesloten systeem.
Type mest	Vloeibare mest
Ontstaan van emissie naar lucht	Hoewel verpompen een vrijwel gesloten systeem is, ontstaan er wel emissies bij het vullen van lege tanks: verdringingslucht komt dan naar buiten. Dat geeft een klein debiet aan vervuilde lucht. Als de silo's in de procesruimte staan, hoeft dat geen probleem te zijn omdat de lucht dan wordt gezuiverd door het centrale luchtreinigingssysteem.
Aanvullende maatregelen	M1.3, M1.4
Alternatief	-
Kritische punten	Lekkage
Diffuus of gekanaliseerd	Diffuus
Debiet	Laag
Kans op emissie van bio-aerosolen	Laag



Bladnummer	T0.7
Activiteit	Op- en overslag
Techniek	Interne logistiek vaste mest
Beschrijving techniek	Dikke mestfractie ondergaat verschillende bewerkingsstappen en moet dus verplaatst worden tussen verschillende machines. Dit is mogelijk met transportbanden, of batchgewijs met bijvoorbeeld shovels.
Type mest	Dikke fractie van runder- en varkensmest, pluimveemest, paardenmest.
Ontstaan van emissie naar lucht	De mest is in beweging en kan dus stuiven als deze droog genoeg is.
Aanvullende maatregelen	M1.0, M1.1, M1.2
Alternatief	-
Kritische punten	Volledigheid van afsluiten
Diffuus of gekanaliseerd	Diffuus
Debiet	Niet van toepassing
Kans op emissie van bio-aerosolen	Hoog



## 4.1.4 Voorbehandeling

Bladnummer	T1.1
Activiteit	Voorbehandeling
Techniek	Vergisting
Beschrijving techniek	<p>Vergisting is een proces waarbij mest door gistcellen wordt omgezet in gasen zoals methaan, koolstofdioxide en minimale concentraties van waterstofsulfide en ammoniak. Het proces vindt plaats in gesloten silo's, in de afwezigheid van zuurstof. Er zijn diverse keuzes te maken aangaande het vergistingsproces. Zo kan het nat (&lt;15 % droge stof) of droog (20-40 % droge stof) plaatsvinden, kan het temperatuurprofiel liggen tussen 0 °C en 75 °C, en kan het proces eentraps of meertraps worden uitgevoerd. Wanneer een ander organisch materiaal samen met de mest wordt vergist, heet het co-vergisting. Alle varianten hebben met elkaar gemeen dat de biologische processen hetzelfde zijn, en dat ze plaatsvinden in gasdichte, verwarmde en geroerde tanks.</p>
Type mest	Drijfmest, eventueel bijgemengd met vaste mest.
Ontstaan van emissie naar lucht	<p>Vergisten vindt plaats in gasdichte tanks. De gasen worden opgevangen en verder bewerkt tot groen gas of lokaal bruikbaar gas. Ook zijn er overdrukventielen aanwezig en een affakkelininstallatie die incidenteel emissies kunnen geven. De kans op emissies van bio-aerosolen bij deze incidentele emissies is echter zeer laag.</p> <p>Vergisting is een 'nat' proces, dus emissies van stof zullen nihil zijn wanneer er gas ontsnapt via het overdrukventiel van een vergistingstank. Ook emissies van gas uit de gasopslag hebben geen emissies van bio-aerosolen tot gevolg omdat dit gas geen vaste deeltjes meer bevat. In de landbouwsector wordt doorgaans niet vergist op temperaturen die hoog genoeg zijn voor hygiënisatie.</p>
Aanvullende maatregelen	T5.6, T5.7
Alternatief	Veelal wordt vergisten toegepast op mest vóóordat de mest het bewerkingsproces in gaat. Er is dus geen vervangende techniek, maar er is wel altijd een keuze of vergisting wordt toegepast of niet.



Bladnummer	T1.1
Kritische punten	Volledigheid van afsluiten, aanwezigheid van een fakkel voor onvoorziene emissies.
Diffuus of gekanaliseerd	Primair gekanaliseerd, lekkages zijn diffuus.
Debiet	Laag, bij goed functioneren zijn er geen emissies van bio-aerosolen.
Kans op emissie van bio-aerosolen	Laag



Bladnummer	T1.2
Activiteit	Voorbehandeling
Techniek	Hygiëniseren
Beschrijving techniek	<p>Hygiënisatie is een warmtebehandeling waarbij mest minimaal 60 minuten op een temperatuur van 70 °C wordt gehouden. Dit is noodzakelijk om mest exportwaardig te maken (behalve bij stapelbare pluimveemest), maar het is bovenal een methode om alle ziektekiemen en dus ook bio-aerosolen te neutraliseren. Er zijn verschillende technische uitvoeringen bekend van dit proces. Voor drijfmest worden doorgaans verwarmde tanks gebruikt, hetzij in een batchproces of een continue uitvoering. Voor dikke fractie worden bijvoorbeeld stoomvijzels gebruikt. Hete stoom verhit dan een vijzel waar de mest doorheen gaat. De verwarmde mest moet dan minimaal 60 minuten op een temperatuur van 70 °C worden gehouden. Na hygiënisatie (ook wel pasteuriseren genoemd) is het aantal ziektekiemen en bacteriën in de behandelde fractie sterk verminderd, maar nog niet helemaal nul. Sommige micro-organismen zijn beter bestand tegen de hogere temperaturen dan andere. Bovendien heeft het proces weinig effect op endotoxinen en de meeste virussen.</p>
Type mest	Divers
Ontstaan van emissie naar lucht	<p>Hygiënisatietanks zijn doorgaans gesloten systemen die geen emissie naar lucht hebben. Stoomvijzels zijn er wel in open uitvoering, daar kan verstuiving optreden bij de behandeling of bij verladen.</p>
Aanvullende maatregelen	M1.3
Alternatief	-
Kritische punten	<p>Hygiëniseren verlaagt de risico's die gebonden zijn aan de emissie van bio-aerosolen aanzienlijk. Er blijft echter wel een niet gekwantificeerd restrisico over.</p>
Diffuus of gekanaliseerd	Gekanaliseerd
Debiet	Laag
Kans op emissie van bio-aerosolen	<p>Laag; er vindt een sterke reductie van het aantal ziektekiemen plaats.</p>

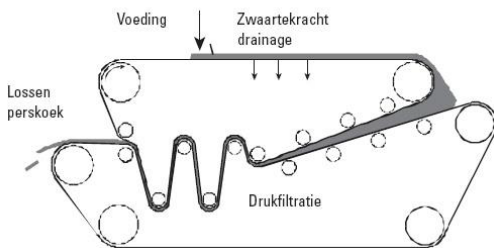


## 4.2 Scheiden

### 4.2.1 Gesloten systemen

Bladnummer	T2.1
Activiteit	Mestscheiding
Techniek	Gesloten scheidingsstelsel (schroefpers/vijzelpers, centrifuge)
Beschrijving techniek	Er zijn verschillende technieken om drijfmest te scheiden in een dikke en dunne fractie. Deze systemen hebben met elkaar gemeen dat het (tenminste gedeeltelijk) gesloten systemen zijn. Het scheidingsproces zelf vindt gesloten plaats, maar de dikke mestfractie komt wel uit het gesloten proces. Deze wordt in een container gedeponerd of valt op de vloer. Soms worden vlokmiddelen toegevoegd aan de mestfractie om het scheidingsproces te bevorderen. Er zijn ook mobiele uitvoeringen van deze scheidingstechnologie. Deze draaien enkele dagen op locatie en worden dan naar een andere boerderij verplaatst om daar mest te scheiden. Vooral van vijzelpers en centrifuges zijn mobiele uitvoeringen.
Type mest	Varkens- of rundveemest, eventueel digestaat.
Ontstaan van emissie naar lucht	Vanwege de gesloten aard van het systeem zijn er nauwelijks emissies. Wel kunnen er diffuse emissies door lekkage optreden, of emissies bij in- en uitvoer van mest.
Aanvullende maatregelen	M1.2
Alternatief	T2.2, T2.3
Kritische punten	In- en uitladen van materiaal.
Diffuus of gekanaliseerd	Gekanaliseerd
Debiet	Laag
Kans op emissie van bio-aerosolen	Laag

## 4.2.2 Open systemen

Bladnummer	T2.2
Activiteit	Mestscheiding
Techniek	Zeefbandpers
Beschrijving techniek	<p>Bij een zeefbandpers wordt de te bewerken mest eerst over een waterdoorlatende transportband geleid. Zo kan door de zwaartekracht een deel van het water wegglopen. Daarna wordt de mest tussen twee transportbanden geleid, waar het wordt samengeperst. Minimaal een van de twee banden is waterdoorlatend, zodat het water uit de mest wordt geperst. Voor een goede werking is het nodig dat de transportbanden continue worden gewassen. Ook moet er vlokmiddel toegevoegd worden aan de mest. Een voordeel van zeefbandpersen is dat ze een hoog debiet aankunnen in vergelijking met andere systemen zoals vijzelpersen.</p>
<p><i>Zeefbandpers</i></p> 	
Type mest	Drijfmest, soms is er een voorscheidingsstap aanwezig om stenen af te vangen.
Ontstaan van emissie naar lucht	Een zeefbandpers is een open systeem. Hoewel het ook een nat proces is en dus niet veel zal stuiven, komen er wel dampen vanaf die bio-aerosolen kunnen bevatten.
Aanvullende maatregelen	M1.2
Alternatief	T2.1
Kritische punten	-
Diffuus of gekanaliseerd	Diffuus
Debiet	Laag
Kans op emissie van bio-aerosolen	Hoog



Bladnummer	T2.3
Activiteit	Mestscheiding
Techniek	Bezinking
Beschrijving techniek	<p>De vloeibare mest wordt opgeslagen in een silo, waarin de vaste deeltjes door hun hogere soortelijk gewicht zullen neerslaan in de vloeistof. Er zijn veel verschillende technische uitvoeringen van dit principe, allen baseren hun werking op het hogere soortelijk gewicht van de vaste deeltjes in de mest ten opzichte van water. Bezinken is alleen geschikt voor relatief vloeibare mest, zoals zeugenmest. Het is belangrijk dat de temperatuur niet te hoog wordt, maximaal ongeveer 16 °C. Daarmee werkt bezinken het beste in de koude maanden, niet in de zomer. Boven ongeveer 16 °C begint de mest namelijk spontaan te vergisten, wat verstorend werkt voor het bezinkingsproces. Eventueel kunnen vlokmiddelen worden toegevoegd, dan kan wel het hele jaar door gewerkt worden. Een droge stofgehalte van 7 % is haalbaar voor de dikke fractie, tegen 1,9 % voor de dunne fractie.</p>
Type mest	Dunne zeugenmest, vleesvarkensmest, dunne fractie na vijzelpers, als nabehandelingstechniek
Ontstaan van emissie naar lucht	<p>Dit proces kan plaatsvinden in een gesloten silo, waar emissies dus uitgesloten zijn. Ook is het mogelijk dat het plaatsvindt in open bekkens, dan is er wel kans op emissies. Echter, gezien de hoge vochtigheid van de gebruikte mest zullen de emissies van fijnstof dan wel bio-aerosolen minimaal zijn.</p>
Aanvullende maatregelen	M1.0
Alternatief	T2.1, T2.4
Kritische punten	-
Diffuus of gekanaliseerd	Diffuus
Debiet	Laag
Kans op emissie van bio-aerosolen	Hoog bij open bekkens, laag bij gesloten tanks.





Bladnummer	T2.4
Activiteit	Mestscheiding
Techniek	Zeven (trommelfilter, papierfilter, doekfilter en zeefscherm)
Beschrijving techniek	Zeven is de eenvoudigste techniek om onoplosbare deeltjes uit een waterige oplossing te scheiden. Vaak zijn dit open installaties. Er zijn verschillende methoden in omloop om dit te doen, maar ze werken allemaal op basis van filtratie van vaste delen mest uit de vloeibare fractie.
Type mest	Drijfmest, of dunne fractie van varkens- of rundmest.
Ontstaan van emissie naar lucht	Nauwelijks, het is een nat proces. Eventueel kunnen er wel dampen ontstaan die bio-aerosolen bevatten.
Aanvullende maatregelen	M1.1, M1.2
Alternatief	T2.1, T2.3
Kritische punten	Bepalende factoren: aard van zeefmateriaal, volledigheid van afsluiten, behandeling uitgaande lucht.
Diffuus of gekanaliseerd	Diffuus bij een open systeem, bij een gesloten systeem gekanaliseerd.
Debiet	Laag
Kans op emissie van bio-aerosolen	Laag, want het materiaal is vochtig



## 4.3 Mestbewerking – dikke fractie

### 4.3.1 Compostering

Bladnummer	T3.1
Activiteit	Mestbewerking
Techniek	Open compostering
Beschrijving techniek	<p>Composteren is een biologisch proces waarbij, onder zuurstofrijke condities, organische stof wordt omgezet in humus door micro-organismen. Het materiaal wordt gestapeld op een hoop van twee tot vier meter hoog. De micro-organismen zullen dan het materiaal gaan verwerken tot diverse gassen en een vast overblijfsel, de humus. De werkzame organismen genereren ook warmte, waardoor de temperatuur van de composthoop op kan lopen tot 70-80 ° C. Dit geeft een aanzienlijke waterverdamping, composteren wordt dan ook wel 'biothermisch drogen' genoemd. Als het proces enige dagen heeft geduurd, zal de temperatuur weer teruglopen naar ongeveer 35 °C, omdat andere micro-organismen actief worden. Het gewichtsverlies dat optreedt naar aanleiding van composteren kan oplopen tot ongeveer 50-60 %. Het is belangrijk dat het materiaal goed doorlucht wordt en niet te nat of te droog is, dit alles om de omstandigheden zo goed mogelijk te maken voor de micro-organismen. Om deze reden wordt een composthoop periodiek omgewenteld en doorlucht. Omdat een temperatuur van &gt;70 °C wordt bereikt, wordt composteren ook gezien als hygiëniseren. Het verschil met gesloten compostering is dat open compostering plaatsvindt in de open lucht, niet in afgesloten tunnels.</p>
Type mest	Dikke fracties van onder andere varkensmest, rundmest of digestaat. Pluimveemest, geitenmest
Ontstaan van emissie naar lucht	Verwaaiing van deeltjes door wind en doorluchting
Aanvullende maatregelen	M1.1, M1.2
Alternatief	T3.2-T3.8
Kritische punten	Omwentelen, doorblazen met lucht
Diffuus of gekanaliseerd	Diffuus, afgezogen lucht is gekanaliseerd
Debiet	N.v.t., afhankelijk van wind. Bij afzuiging is het debiet hoog.
Kans op emissie van bio-aerosolen	Hoog

Bladnummer	T3.2
Activiteit	Mestbewerking
Techniek	Gesloten compostering
Beschrijving techniek	<p>Composteren is een biologisch proces waarbij, onder zuurstofrijke condities, organische stof wordt omgezet in humus door micro-organismen. Het materiaal wordt in een tunnel, kelder, of anderszins gesloten apparaat gebracht. Daar gaan micro-organismen het verwerken tot diverse gassen en een vast overblijfsel. De werkzame organismen genereren ook warmte, waardoor de temperatuur in de tank op kan lopen tot 70-80 °C. Dit geeft een aanzienlijke waterverdamping, composteren wordt dan ook wel 'biothermisch drogen' genoemd. Als het proces enige dagen heeft geduurd, zal de temperatuur weer teruglopen naar ongeveer 35 °C, omdat andere micro-organismen actief worden. Het gewichtsverlies dat optreedt naar aanleiding van composteren kan oplopen tot ongeveer 50-60 %. Het is belangrijk dat het materiaal goed doorlucht wordt en niet te nat of te droog is, dit alles om de omstandigheden zo geschikt mogelijk te maken voor de micro-organismen. Omdat een temperatuur van &gt;70 °C wordt bereikt, kan composteren ook gezien worden als hygiëniseren. Eventueel kan een ander organisch materiaal worden mee gecomposteerd, dat wordt co-compostering genoemd. In de praktijk van mestbewerking is de bedoeling vooral dat de mest wordt gehygiëniseerd en een lager watergehalte krijgt. Het composteerproces duurt dus niet enkele weken, zoals zou gebeuren als het composteerproces helemaal afgerond zou worden. Na enkele dagen wordt het proces al gestopt omdat het gewenste resultaat dan al is bereikt. Van humus is dan nog geen sprake.</p>
Type mest	Dikke fracties van onder andere varkensmest, rundermest of digestaat. Pluimveemest, geitenmest



Bladnummer	T3.2
Ontstaan van emissie naar lucht	De gassen die ontstaan bij het composteringsproces moeten worden afgevoerd. Deze gasstroom kan bio-aerosolen bevatten. Het eindproduct is gehygiëniseerd, maar de afgasstroom dat nog niet.
Aanvullende maatregelen	M1.2, luchtreinigingstechnieken
Alternatief	T3.1, T3.3-T3.8
Kritische punten	Behandeling proceslucht
Diffuus of gekanaliseerd	Gekanaliseerd
Debiet	Hoog
Kans op emissie van bio-aerosolen	Hoog

### 4.3.2 Drogen

Bladnummer	T3.3
Activiteit	Mestbewerking
Techniek	Convectiedroging (trommeldrogers, banddrogers, wervelbeddrogers, pneumatische droger, schudbeddroger, stoomdroger, cycloondroger, gasstraler)
Beschrijving techniek	Convectiedrogers brengen warmte over naar het te drogen materiaal door er warme lucht overheen te blazen. Er zijn verschillende technieken om dit te doen, allen hebben gemeen dat de droging plaatsvindt door een grote luchtstroom.
Type mest	Stapelbare varkensmest, rundmest, pluimveemest en dikke mestfractie van andere mestsoorten.
Ontstaan van emissie naar lucht	In veel installaties wordt de proceslucht gerecirculeerd, met name om warmte terug te winnen en zo energie te besparen. Het afgasdebiet is desalniettemin hoog en dit gas bevat nog veel fijnstof. Dit fijnstof kan deels bestaan uit bio-aerosolen. De hitte van het proces kan een hygiëniserende werking hebben, maar dit hangt af van de precieze temperatuur en verblijfstijd.
Aanvullende maatregelen	Luchtreinigingstechnieken
Alternatief	T3.4, T3.5, T3.6
Kritische punten	Verblijfstijd, temperatuur
Diffuus of gekanaliseerd	Gekanaliseerd
Debiet	Hoog
Kans op emissie van bio-aerosolen	Hoog



Bladnummer	T3.4
Activiteit	Mestbewerking
Techniek	Conductiedroging (gesloten trommeldroger, pijpenbundeldroger, schroefdrogers, peddeldrogers, Carver Greenfield, adsorptiedrogers)
Beschrijving techniek	Conductiedrogers brengen warmte over naar het te drogen materiaal door geleiding. De mest wordt over een warm oppervlak geleid en zo opgewarmd en gedroogd. Er zijn uiteenlopende technieken om dit principe uit te voeren. Een variant maakt gebruik van een vacuüm gepompte trommel, om zo het kookpunt van water te verlagen en dus het drogingsproces meer energie-efficiënt uit te kunnen voeren.
Type mest	Varkensmest, rundermest, pluimveemest en dikke mestfractie van andere soorten.
Ontstaan van emissie naar lucht	Door de afwezigheid van een grote afgasstroom is de emissie van (bio-)aerosolen veel kleiner. Wel is er nog steeds een kleine afgasstroom die dus ook behandeld dient te worden. Afhankelijk van de verblijftijd en temperatuur kan deze stap beschouwd worden als hygiënisatiestap voor de vaste fractie.
Aanvullende maatregelen	Luchtreinigingstechnieken
Alternatief	T3.3, T3.5, T3.6
Kritische punten	Verblijftijd, temperatuur
Diffuus of gekanaliseerd	Gekanaliseerd
Debiet	Laag
Kans op emissie van bio-aerosolen	Hoog

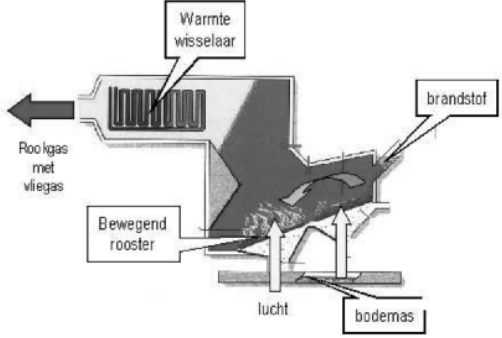


Bladnummer	T3.5
Activiteit	Mestbewerking
Techniek	Stralingsdroging (Infrarooddrogen, diëlectrisch drogen)
Beschrijving techniek	Door middel van straling wordt warmte contactloos overgebracht naar het te drogen materiaal. Dit materiaal loopt over een lopende band onder panelen door die deze straling uitzenden. Het afgasdebiet is gering en bestaat uit verdampt water uit het droogmateriaal.
Type mest	Vaste varkensmest, rundmest, pluimveemest en dikke mestfractie van andere soorten.
Ontstaan van emissie naar lucht	Het afgasdebiet is laag, en het is ook al sterk verwarmd. Afhankelijk van de verblijfstijd en temperatuur kan dit proces als hygiënisatiestap worden gezien voor de vaste fractie.
Aanvullende maatregelen	Luchtreinigingstechnieken
Alternatief	T3.3, T3.4, T3.6
Kritische punten	Verblijfstijd, temperatuur
Diffuus of gekanaliseerd	Gekanaliseerd
Debiet	Laag
Kans op emissie van bio-aerosolen	Hoog



Bladnummer	T3.6
Activiteit	Mestbewerking
Techniek	Vriesdrogen
Beschrijving techniek	Vriesdrogen is een proces waarbij producten worden gedroogd zonder de chemische structuur al te veel aan te tasten. Eerst wordt het product bevroren, daarna wordt het in een kamer geplaatst met een zeer lage luchtdruk. Dit zorgt ervoor dat het water sublimeert, dat wil zeggen overgaat van de vaste fase naar gasfase zonder eerst een vloeistof te worden.
Type mest	Dikke fractie van varkensmest, rundmest, pluimveemest en dikke mestfractie van andere soorten.
Ontstaan van emissie naar lucht	Bij het sublimeren komt waterdamp vrij, dat kan bio-aerosolen bevatten.
Aanvullende maatregelen	Luchtreinigingstechnieken
Alternatief	T3.3, T3.4, T3.5
Kritische punten	-
Diffuus of gekanaliseerd	Gekanaliseerd
Debiet	Laag
Kans op emissie van bio-aerosolen	Hoog, de luchtstroom kan bio-aerosolen bevatten die nog niet zijn gehygiëniseerd.

### 4.3.3 Thermische oxidatie

Bladnummer	T3.7
Activiteit	Mestbewerking
Techniek	Thermische oxidatie (verbranding, vergassing, pyrolyse)
Beschrijving techniek 	Er zijn diverse manieren om (vaste) mest thermisch te oxideren. Een belangrijke is verbranding, daarbij wordt materiaal verbrand onder de ruime aanwezigheid van zuurstof. Er zijn vele keuzes te maken in technieken om de omstandigheden zodanig te beheersen dat optimale verbranding wordt verzekert. Pyrolyse is een soortgelijk proces, maar nu zonder zuurstof. Door de mest te verhitten tot temperaturen van 300-1000 °C in de afwezigheid van zuurstof, vallen de chemische bestanddelen uiteen in gassen, teer, kool en water. Vergassing is een tussenvorm waarbij mest wordt verhit, met een ondermaat zuurstof. De verbranding is dus onvolledig waardoor de mest uiteenvalt in CO, CH <sub>4</sub> , water, teer en een vaste kool. De gassen die ontstaan bij vergassing en pyrolyse kunnen gebruikt worden als laagcalorische brandstof.
Type mest	Droge mest, doorgaans pluimveemest
Ontstaan van emissie naar lucht	De chemie van verbranding, vergassing en pyrolyse verschilt flink. Echter, alle technieken werken met temperaturen die volledige kiemdoding verzekeren. Er zijn dus geen emissies van bio-aerosolen.
Aanvullende maatregelen	Luchtreinigingstechnieken
Alternatief	T3.1-T3.6, T3.8
Kritische punten	Voordat mest in de oven gevoerd kan worden, moet het goed gedroogd zijn. Vaak gebeurt dat op dezelfde locatie met warmte van de verbrandingsoven. Bij dit proces kan wel veel emissie optreden van bio-aerosolen. Zie daarvoor de factsheets over drogen.
Diffuus of gekanaliseerd	Gekanaliseerd
Debiet	Hoog
Kans op emissie van bio-aerosolen	Laag





## 4.3.4 Overig

Bladnummer	T3.8
Activiteit	Mestbewerking
Techniek	Kalkbehandeling
Beschrijving techniek	Ongebluste kalk (CaO), gebluste kalk (Ca(OH) <sub>2</sub> ) of dolomitische kalk (CaMgO) wordt toegevoegd aan de dikke fractie van mest. Die kan voor gedroogd zijn met een andere techniek, maar dat is niet noodzakelijk. Door de toevoeging van de kalk stijgt de pH tot 10-12, en de temperatuur tot ongeveer 40 °C. Door deze effecten zal een gedeelte van het aanwezige water chemisch gebonden worden door de kalk, of verdampen. Ook zullen microbiologische elementen worden geneutraliseerd door de verhoogde temperatuur en hoge pH-waarde, een kalkbehandeling heeft dus een hygiëniserende werking. Het droge stofgehalte kan stijgen tot 10-15 %.
Type mest	Dikke fractie van varkensmest, rundmest. Pluimveemest
Ontstaan van emissie naar lucht	Kalkbehandeling lijkt technisch gezien erg veel op opslag. Daarom spelen ook dezelfde problemen rondom emissies van bio-aerosolen. Wanneer het proces plaatsvindt in de open lucht, is verwaaiing een probleem.
Aanvullende maatregelen	M1.2
Alternatief	T3.1-T3.7
Kritische punten	-
Diffuus of gekanaliseerd	Diffuus, afgezogen lucht is gekanaliseerd
Debiet	Laag
Kans op emissie van bio-aerosolen	Hoog voor toevoegen kalk, laag daarna



Bladnummer	T3.9
Activiteit	Mestbewerking
Techniek	Productvormgeving
Beschrijving techniek	Nadat de dikke mestfractie is bewerkt met andere technieken, bijvoorbeeld drogen, wordt de mest tot brokjes of korrels geperst. Vaak gebeurt dit met behulp van conditionering van de droge door het toevoegen van stoom. Na persen worden de korrels gezeefd en eventueel gekoeld, waarna ze worden opgeslagen voor vervoer.
Type mest	Dikke mestfractie na bewerking.
Ontstaan van emissie naar lucht	Het persen kan zorgen voor stofemissies. Echter, de mest die wordt geperst, is al gedroogd of anderszins gehygiëniseerd. Daarom worden er nauwelijks tot geen emissies van bio-aerosolen verwacht.
Aanvullende maatregelen	M1.2
Alternatief	-
Kritische punten	-
Diffuus of gekanaliseerd	Diffuus, afgezogen lucht is gekanaliseerd
Debiet	Laag
Kans op emissie van bio-aerosolen	Laag



## 4.4 Mestbewerking – dunne fractie

### 4.4.1 Omgekeerde osmose

Bladnummer	T4.1
Activiteit	Mestbewerking
Techniek	Omgekeerde osmose
Beschrijving techniek	Bij omgekeerde osmose wordt voorgezuiverde dunne mestfractie door een semi-doorlatend membraan geperst. Het membraan zal het water doorlaten, maar niet de stoffen die opgelost zitten in het water. Zo ontstaan er twee fracties: een concentraat en zuiver water. Vaak wordt omgekeerde osmose toegepast als laatste stap in de zuiveringsketen voor dunne fractie. Na behandeling mag het resterende water geloosd worden op het oppervlaktewater, mits er nog een nabehandeling wordt toegepast met een ionenwisselaar om restanten stikstof te verwijderen.
Type mest	Dunne fractie, effluent van biologische zuivering
Ontstaan van emissie naar lucht	Geen, dit is een gesloten waterbehandelingsstelsel
Aanvullende maatregelen	-
Alternatief	T4.3
Kritische punten	n.v.t.
Diffuus of gekanaliseerd	n.v.t.
Debiet	n.v.t.
Kans op emissie van bio-aerosolen	-



### 4.4.2 Strippen en scrubben

Bladnummer	T4.2
<p>Activiteit</p> <p>Techniek</p> <p>Beschrijving techniek</p> <p>(de Buisonjé F., 2013)</p>	<p>Mestbewerking</p> <p>Strippen en scrubber</p> <p>Een voorbehandelde, liefst deeltjesvrije vloeistof wordt bovenin een kolom gebracht. Aan de onderzijde van deze kolom wordt lucht of stoom geblazen. De mest en lucht zijn dus tegengestelde stromen in de kolom. In de kolom vindt migratie plaats van ammonia (<math>\text{NH}_4^+</math>) naar de proceslucht of stoom, deze wordt dus rijk aan ammonia. Dit wordt er weer uit verwijderd door zure wassing of condensatie. De gebruikte proceslucht kan daarna weer worden hergebruikt. Eventueel wordt een base toegevoegd aan de mest voordat het in de stripper gaat, dit om het <math>\text{NH}_3/\text{NH}_4^+</math> evenwicht meer naar <math>\text{NH}_4^+</math> te stuwen en zo de efficiëntie te verhogen. De luchtmassa die nu veel ammoniak bevat, wordt dan door een aangeschakelde zure luchtwater geleid, de scrubber.</p>
Type mest	Dunne mestfractie
Ontstaan van emissie naar lucht	Het betreft een gesloten systeem, dus er zijn geen emissies.
Aanvullende maatregelen	Luchtreinigingstechnieken
Alternatief	T4.1
Kritische punten	-
Diffuus of gekanaliseerd	Gekanaliseerd
Debiet	Laag
Kans op emissie van bio-aerosolen	Laag



## 4.4.3 Indampen

Bladnummer	T4.3
Activiteit	Mestbewerking
Techniek	Indampen (omloopverdamer, filmverdamer, sproeifilmverdamer)
Beschrijving techniek	Bij indampen wordt mest verwarmd tot het kookpunt, zodat water en andere vluchtige verbindingen verdampen en de mest indikt. Er ontstaat een zoutarm condensaat en een ingedikt overblijfsel van de drijfmest. Beide fracties blijven wel vloeibaar. Om gebruik te kunnen maken van lagere temperaturen is het gebruikelijk het proces uit te voeren onder lage druk. Vaak wordt een indamer gecombineerd met een voorgeschakelde stripper of biologische zuivering. De ammoniak is dan al verwijderd uit de mest, indamping levert dan een loosbaar condensaat en een dikkere fractie die kan worden bijgemengd bij de overige dikke fractie.
Type mest	Dunne mestfractie
Ontstaan van emissie naar lucht	Indampen vindt plaats in een gesloten systeem met condensatiestap om het water weer af te vangen. De niet-condenseerbare dampen blijven in het systeem of gaan door een nageschakelde luchtbehandelingstechniek om gereinigd te worden.
Aanvullende maatregelen	Luchtreinigingstechnieken
Alternatief	T4.1, T4.4, T4.5, T4.6, T4.7
Kritische punten	Verblijfstijd, temperatuur
Diffuus of gekanaliseerd	Gekanaliseerd
Debiet	Laag
Kans op emissie van bio-aerosolen	Laag



Bladnummer	T4.4
Activiteit	Mestbewerking
Techniek	Verdampen
Beschrijving techniek	<p>In een verdamper wordt dunne mestfractie, soms ook spuiwater uit de luchtwassers, ingedampt met behulp van mechanische damprecompressie. De verdamper bestaat uit een kilometerslang buizenstelsel. In die buizen krijgt de mest een vrije val. Tussen de buizen wordt hete stroom geblazen, die zo indirect de mest verhit. Samen met de vrije val leidt dat tot verdamping van de dunne mestfractie. Het proces wordt onder vacuüm uitgevoerd om de verdamping te versnellen en energie te besparen. Vaste bestanddelen vallen naar beneden waar ze worden opgevangen en eventueel bijgemengd met de dikke mestfractie in andere processtappen. De dampen die ontstaan bij het verdampen worden behandeld in een nageschakelde stripper.</p>
Type mest	Dunne mestfractie van verschillende soorten, spuiwater.
Ontstaan van emissie naar lucht	Het betreft een gesloten systeem, er zijn dus geen emissies naar de lucht uit dit apparaat. De luchtstroom die nog uit de nageschakelde stripper/scrubber komt, moet wel worden gereinigd van bio-aerosolen. Vanwege de hoge temperatuur zal er echter ook een (gedeeltelijke) hygiëniserende plaatsvinden in de verdamper.
Aanvullende maatregelen	Luchtreinigingstechnieken
Alternatief	T4.1, T4.3, T4.5, T4.7
Kritische punten	-
Diffuus of gekanaliseerd	Gekanaliseerde emissies uit de nageschakelde luchtwasser, niet uit de verdamper zelf.
Debiet	Hoog
Kans op emissie van bio-aerosolen	Laag, de verdamper zal een (gedeeltelijk) hygiëniserend effect hebben, bovendien gaat de luchtstroom nog door een stripper, scrubber en luchtwasser.



## 4.4.4 Biologische behandeling

Bladnummer	T4.5
Activiteit	Mestbewerking
Techniek	Biologische behandeling
Beschrijving techniek	Een biologische behandeling vindt plaats in grote bekkens. De eerste stap is het omzetten van ammoniak tot nitraten en nitrieten door aerobe bacteriën. In een tweede stap worden deze nitraten en nitrieten omgezet in N <sub>2</sub> en soms N <sub>2</sub> O door anaerobe bacteriën.
Type mest	Dunne fractie
Ontstaan van emissie naar lucht	Het proces vindt doorgaans plaats in grote, open bekkens. Verwaaiing van deeltjes uit de waterfase is een beperkt risico, maar het is zeer lastig om te bepalen wat het gehalte bio-aerosolen in de verwaaiide lucht is.
Aanvullende maatregelen	M1.0
Alternatief	T4.1, T4.2, T4.3, T4.4, T4.6, T4.7
Kritische punten	-
Diffuus of gekanaliseerd	Diffuus
Debiet	Niet van toepassing, afhankelijk van wind
Kans op emissie van bio-aerosolen	Laag. Verwaaiing van deeltjes uit een vloeistof is een zeer traag proces.



## 4.4.5 Flotatie

Bladnummer	T4.6
Activiteit	Mestbewerking
Techniek	Flotatie (DAF)
Beschrijving techniek	In een flotatietank worden onopgeloste deeltjes afgescheiden uit afvalwater. Het is een beproefde methode om lichte deeltjes te verwijderen, voor zwaardere deeltjes is een bezinktank doorgaans geschikter. In de tank met vloeistof wordt lucht onder druk ingeblazen, zodat het oplost in de vloeistof. De opgeloste lucht zal vervolgens bubbels gaan vormen, die coaguleren met kleine deeltjes in de vloeistof. Zodoende zullen de deeltjes boven komen drijven waar ze afgevangen worden door een schraper. Vaak worden coagulatiemiddelen toegevoegd aan de vloeistof om dit proces te versnellen en verbeteren.
Type mest	Dunne fractie van rundermest of varkensmest
Ontstaan van emissie naar lucht	Het slib dat resulteert van dit proces zou kunnen verwaaien wanneer het gedroogd wordt. (zie Drogen).
Aanvullende maatregelen	M1.0
Alternatief	T2.2, T2.3, T2.4, T4.4, T4.5, T4.7
Kritische punten	-
Diffuus of gekanaliseerd	Niet van toepassing
Debiet	Niet van toepassing
Kans op emissie van bio-aerosolen	Laag, omdat het een nat proces is zullen er nauwelijks emissies zijn van droge deeltjes. Deze kans kan helemaal geëlimineerd worden door het proces in een afgesloten hal uit te voeren.



## 4.4.6 Algenkweek

Bladnummer	T4.7
Activiteit	Mestbewerking
Techniek	Algenvijver
Beschrijving techniek	Een algenvijver is een ondiepe (0,2-0,6 m) vijver waarin de dunne fractie van mest kan worden bewerkt door middel van algen. De inhoud van de vijver wordt continu in beweging gehouden door middel van peddels of propellers. Onder invloed van zonlicht zullen de algen de opgeloste stoffen in de dunne fractie verwerken tot droge stof. Na enige tijd kunnen de algen weer worden afgescheiden door middel van filters. De productiesnelheid ligt rond de 15 gram droge stof per m <sup>2</sup> vijver, voor 1 m <sup>3</sup> mest is ongeveer 1,5-2 m <sup>2</sup> vijver nodig. De pH-waarde in de vijver kan, bij veel zonlicht, oplopen tot een waarde van 10.
Type mest	Dunne fractie van varkensmest, rundveemest of digestaat.
Ontstaan van emissie naar lucht	De vijver moet in de open lucht liggen zodat er genoeg zonlicht op valt. Dat betekent dat emissies erg moeilijk af te vangen zijn. Verwaaiing is dan een reële mogelijkheid.
Aanvullende maatregelen	M1.0
Alternatief	T2.1, T2.3, T2.4, T4.1, T4.3, T4.4, T4.5, T4.6
Kritische punten	-
Diffuus of gekanaliseerd	Diffuus
Debiet	N.v.t., afhankelijk van wind
Kans op emissie van bio-aerosolen	Laag

## 4.5 Luchtreiniging

### 4.5.1 Luchtwassers

Bladnummer	T5.1
Activiteit	Luchtreiniging
Techniek	Luchtwasser, chemische wasser, waterwasser
Beschrijving techniek	<p>Een luchtwasser, of gaswasser, laat gassen in een intensief contact komen met een vloeistof. Sommige bestanddelen van het gas zullen dan oplossen in de vloeistof. Een bekende variant is een drietraps gaswasser, dat is een zeer veel toegepaste technologie om de afgasstromen uit stallen te verwijderen. Eerst wordt stof verwijderd met een waterwasser, daarna ammoniak met een zure gaswasser en daarna worden resterende componenten zoals geur gefilterd door een bio filter. Het is mogelijk om stoffen toe te voegen aan de wasvloeistof om deze effectiever te maken tegen bio-aerosolen. Dit zijn bijvoorbeeld bactericiden of viriciden. Bij experimenten met gaswassers in het kader van bio-aerosolen (WUR, Technieken voor reductie van bio-aerosol emissies uit stallen) werden goede resultaten geboekt. Een hardnekkig probleem bij het toepassen van deze additionele stoffen is dat ze een vernietigend effect hebben op nageschakelde biologische reinigingssystemen, en dat ze gevaarlijke restemissies tot gevolg hebben. Dit betreft echter slechts 1 studie, in de nabije toekomst zal hier meer informatie over beschikbaar komen.</p>
Rendement bio-aerosolen	Zeer divers, het rendement op PM <sub>10</sub> kan 80% zijn bij een drietraps uitvoering (water-zuur-biologisch).
Energieverbruik	Hoog
Afvalstromen	Ammonium houdend spuiwater, ammoniumsulfaat
Hulpstoffen	Zwavelzuur
Kosten	Hoog



Bladnummer	T5.1
Eisen	<ul style="list-style-type: none"><li>• Dunne mestfractie wordt niet ingezet als waswater.</li><li>• Toereikende dimensionering van de luchtwasser voor het maximale debiet dat redelijkerwijs verwacht kan worden.</li><li>• Een voorgeschakelde stofverwijdering kan vereist zijn als de stofconcentraties te hoog zijn voor de gaswasser om te verwerken. Dit kan bijvoorbeeld een stoffilter, waterwasser of stofcycloon zijn.</li></ul>



Bladnummer	T5.2
Activiteit	Luchtreiniging
Techniek	Biologische wasser
Beschrijving techniek	Bij de biologische wasser worden de verontreinigende componenten in een luchtstroom in intensief contact gebracht met organisch materiaal dat bacteriën bevat die vervuilende stoffen kunnen afbreken. Deze bacteriën zijn in staat organische moleculen af te breken tot water, CO2 en andere kleinere moleculen. Er zijn verschillende uitvoeringen van dit principe. De werkzame bacteriën blijven in de installatie en worden niet meegevoerd met het effluent.
Rendement bio-aerosolen	Laag; hoewel verwacht mag worden dat er een kleine reductie is van fijnstof vanwege filtering, is het systeem niet ontworpen om emissies van fijnstof dan wel bio-aerosolen te reduceren. Bij metingen van bio-aerosolen na een bio filter is het ook erg moeilijk om te bepalen of de bio-aerosolen afkomstig zijn van de mest, of dat het delen zijn van de bacteriën uit het bio filter.
Energieverbruik	Laag
Afvalstromen	Slib. Nitriet- en nitraat houdend spuiwater, tenzij biologische stikstofverwijdering wordt toegepast.
Hulpstoffen	Water, voedingsstoffen
Kosten	Divers
Eisen	<ul style="list-style-type: none"><li>• De verblijftijd moet lang genoeg zijn om een voldoende stofreductie te realiseren.</li><li>• Een voorgeschakelde stofverwijdering kan vereist zijn als de stofconcentraties te hoog zijn voor de gaswasser om te verwerken. Dit kan bijvoorbeeld een stoffilter of stofcycloon zijn.</li><li>• De toevoer van vervuilde lucht moet enigszins constant zijn, biologische wassers kunnen slecht omgaan met pieken.</li></ul>



## 4.5.2 Filtratie

Bladnummer	T5.3
Activiteit	Luchtreiniging
Techniek	Stoffilter, doekenfilter
Beschrijving techniek	Filtereren kan een zeer effectieve manier zijn om stof te verwijderen, zo ook bio-aerosolen. Er zijn vele technische uitvoeringen beschikbaar, bij alle berust de werking op het persen van lucht door een filtermateriaal. Zowel grof stof, fijnstof en zeer fijn stof kunnen worden gefilterd, afhankelijk van het gebruikte filter. Belangrijk is dat het filtermateriaal regelmatig wordt schoongemaakt of gewisseld, omdat het na verloop van tijd verstopt zal raken met stof.
Rendement bio-aerosolen	Hoog
Energieverbruik	Laag/hoog afhankelijk van de drukval over het filter.
Afvalstromen	Stof, vervuild filtermateriaal
Hulpstoffen	Filtermateriaal
Kosten	Hoog bij de meeste uitvoeringen, omdat het filtermateriaal regelmatig moet worden vervangen. De kosten zijn echter sterk afhankelijk van de wijze van inzet, en het type filter.
Eisen	



Activiteit	T5.4
Techniek	Luchtreiniging
Beschrijving techniek	Biobed, bio filtratie, biologisch filter, compostfilter
Rendement bio-aerosolen	Een bio filter bestaat uit dicht op elkaar gepakt biologisch materiaal, zoals compost, turf of boomschors. Een installatie kan bestaan uit meerdere pakketten filtermateriaal. De afgasstroom loopt door het pakkingmateriaal, waar door ab- en adsorptieprocessen zuivering plaatsvindt. De werking van een bio filter kan gehinderd worden als het filtermateriaal te nat of te droog wordt.
Energieverbruik	Geen, maar de ventilator moet wel een drukval overwinnen
Afvalstromen	Periodiek moet het filtermateriaal worden vervangen. Afhankelijk van de variant kan er ook een kleine afvalwaterstroom zijn.
Hulpstoffen	Nutriënten
Kosten	Laag
Eisen	<ul style="list-style-type: none"><li>• Toereikende dimensionering van het filter voor het maximale debiet dat redelijkerwijs verwacht kan worden.</li><li>• Regelmatige automatische bevochtiging van het filtermateriaal.</li></ul>



Bladnummer	T5.5
Activiteit	Luchtreiniging
Techniek	Actief kool
Beschrijving techniek	Actief kool is een poreuze vorm van koolstof met een zeer groot adsorptieoppervlak. Door de micro poreuze structuur heeft het een intern oppervlak van 700-1500 m <sup>2</sup> per gram. Daardoor leent het zich uitstekend voor adsorptiedoeleinden. Een gasstroom wordt door actief kool geleid, waar de te verwijderen vervuilingen zich zullen hechten aan het koolstof.
Rendement bio-aerosolen	0, de techniek is ongeschikt voor het afvangen van stof. Dan raakt het filter namelijk verstopt. Wel wordt een actief koolfilter in de mestbewerkingsector vaak gebruikt om geur te verwijderen uit een afgasstroom.
Energieverbruik	-
Afvalstromen	Het actief kool raakt na enige tijd verzadigd en moet dan vervangen worden, of geregenereerd. Regeneratie is mogelijk door het te verwarmen tot hoge temperaturen.
Hulpstoffen	Impregnatie met zuren of basen kan helpen om andere stoffen af te vangen.
Kosten	Laag, het actief kool zelf kan wel duur zijn.
Eisen	



Bladnummer	T5.6
Activiteit	Luchtreiniging
Techniek	Warmtekrachtkoppeling
Beschrijving techniek	Een WKK wordt gebruikt voor het gelijktijdig opwekken van warmte en kracht. Vaak gaat het om restwarmte van industriële processen, deze restwarmte kan dan nuttig worden ingezet. In de landbouwsector betreft het WKK installaties die zijn gekoppeld aan een mestvergister. Het biogas dat wordt geproduceerd in de vergister wordt door de WKK verbrand en zo wordt elektriciteit opgewekt.
Rendement bio-aerosolen	Het betreft een verbrandingsproces, dus alle bio-aerosolen die in de luchtstroom zaten, worden geneutraliseerd. Wel is het mogelijk dat de energie van de WKK wordt gebruikt om andere processen aan te drijven die wel emissies tot gevolg hebben van bio-aerosolen.
Energieverbruik	Een WKK wekt energie op.
Afvalstromen	Afgasstroom, CO <sub>2</sub> , CO, NO <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> O.
Hulpstoffen	-
Kosten	Doordat energie wordt opgewekt, verdient een WKK zichzelf op termijn terug.
Eisen	Er moet een voorziening aanwezig zijn om bij uitval van de WKK te garanderen dat er geen ongecontroleerde emissies van biogas naar de atmosfeer zijn. Hiervoor kan eventueel een fakkel worden gebruikt.





Bladnummer	T5.7
Activiteit	Luchtreiniging
Techniek	Fakkel
Beschrijving techniek	Een fakkel wordt gebruikt om gassen te verbranden alvorens ze te lozen in de atmosfeer. Soms wordt extra methaan aangevoerd om het verbrandingsproces voorspoedig te laten verlopen of om het proces te stabiliseren.
Rendement bio-aerosolen	Hoog; bij goed functioneren blijven er geen bio-aerosolen over.
Energieverbruik	Een fakkel is in principe zelfvoorzienend, maar als additioneel gas nodig is, kunnen energiekosten wel hoog zijn.
Afvalstromen	CO <sub>2</sub> , CO, NO <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> O
Hulpstoffen	Eventueel aardgas
Kosten	Laag
Eisen	-

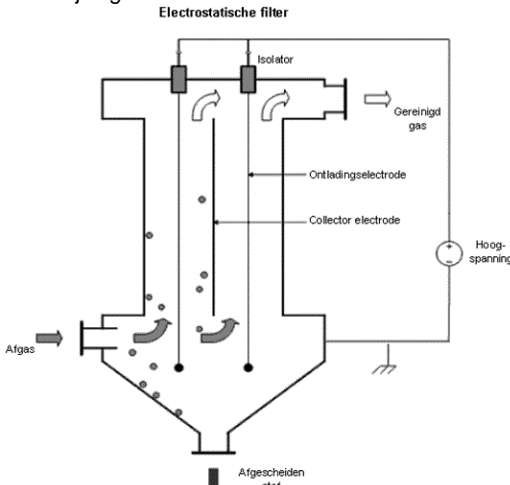


### 4.5.3 Experimentele luchtreinigingstechnieken

Bladnummer	E1.1
Activiteit	Luchtreiniging
Techniek	UVC straling
Beschrijving techniek	Door middel van kortegolfstraling is het mogelijk om vrijwel alle biologisch actieve componenten in een luchtstroom te neutraliseren. Elektrische panelen die straling uitzenden tussen 100 en 280 nm worden gericht op een luchtstroom om dit effect te bereiken. Het is erg belangrijk om voorgeschakelde technieken te gebruiken die het stofgehalte en de luchtvochtigheid sterk verlagen, deze twee factoren blokkeren namelijk straling en belemmeren zo de kiemdoding. Wanneer de techniek optimaal functioneert, is een kiemdoding van 100% bereikbaar. (Roelofs, 1999)
Rendement bio-aerosolen	100 % wordt vermeld als haalbaar.
Energieverbruik	Hoog
Afvalstromen	-
Hulpstoffen	-
Kosten	Hoog
Eisen	

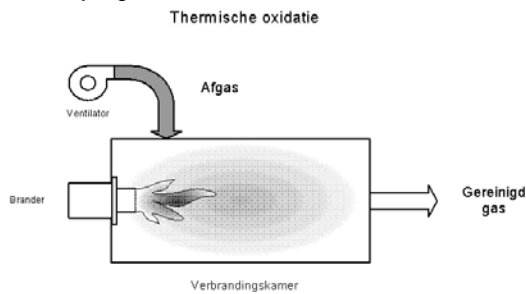


Bladnummer	E1.2
Activiteit	Luchtreiniging
Techniek	Chemische desinfectie
Beschrijving techniek	<p>Chemische oxidanten worden veelvuldig gebruikt voor desinfectie, bijvoorbeeld bij het zuiveren van water of in de medische wereld. Ook luchtstromen kunnen gezuiverd worden van biologische verontreinigingen door contact met sterke oxidators zoals ozon, chloriden, per-azijnzuur of waterstofperoxide. Het toevoegen van kleine hoeveelheden desinfectans heeft effect tegen zowel bacteriën als virussen. Deze techniek zou gecombineerd kunnen worden met bijvoorbeeld luchtwassers, door de chemicaliën toe te voegen in de wasvloeistof. Problemen zullen zich voordoen wanneer desinfectiemiddelen in een biobed of bio filter terechtkomen. Ook zijn de gebruikte chemicaliën giftig en corrosief; bij toepassing van oxidatoren zouden de nageschakelde apparaten ook corrosiebestendig gemaakt moeten worden, bijvoorbeeld door het gebruik van coatings of corrosiebestendige materialen. Ook moet gegarandeerd worden dat de middelen niet in het milieu terechtkomen. Om de voorgenoemde redenen wordt deze techniek (nog) niet toegepast in de landbouwsector, ook is onduidelijk of dit in de toekomst wel zal gebeuren.</p>
Rendement bio-aerosolen	Hoog
Energieverbruik	Laag
Afvalstromen	Giftig afvalwater
Hulpstoffen	Oxidatoren of zuren
Kosten	Hoog, vanwege alle maatregelen die getroffen moeten worden bij het omgaan met giftige en corrosieve stoffen.
Eisen	

Bladnummer	E1.3
Activiteit	Luchtreiniging
Techniek	Elektrostatisch filter
Beschrijving techniek 	Er wordt een elektrisch spanningsveld over de lucht gebracht, waardoor de deeltjes in de lucht een elektrische lading krijgen. Door deze lading worden de deeltjes aangetrokken tot gearde oppervlakken of oppervlakken met een tegengestelde lading. Onder invloed van de zwaartekracht vallen de samengeklonterde deeltjes vervolgens naar beneden, de stortbunker in. De techniek kan eventueel omgaan met vochtig stof en geeft, in tegenstelling tot andere filtertechnieken, nauwelijks een drukval over het filter. Er is echter weinig bekend over de effectiviteit tegen bio-aerosolen, huidige gegevens gaan over fijnstof in het algemeen.
Rendement bio-aerosolen	?
Energieverbruik	Hoog
Afvastromen	Stof
Hulpstoffen	-
Kosten	Hoog
Eisen	



Bladnummer	E1.4
Activiteit	Luchtreiniging
Techniek	Naverbrander
Beschrijving techniek	Afgassen worden door middel van verbranding op een hoge temperatuur gebracht. Deze temperatuur varieert tussen de 750 °C en 1200 °C. De technologie is zeer effectief in het verwijderen van vluchtige organisch stoffen en wordt dan ook voornamelijk voor dat doel ingezet. Wanneer de luchtstroom uit een mestbewerker door een naverbrander geleid zou worden, dan heeft de hoge temperatuur de neutralisatie van bio-aerosolen tot gevolg. Bij een dergelijke toepassing zou wel een grote hoeveelheid steunbrandstof benodigd zijn.
Rendement bio-aerosolen	Bio-aerosolen zullen de hoge temperatuur waarschijnlijk niet overleven, een rendement van 100 % tegen bio-aerosolen mag verwacht worden.
Energieverbruik	Afhankelijk van het debiet en de energie-inhoud van het afgas. Bij mestbewerkingsinstallaties waarschijnlijk zeer hoog doordat steunbrandstof nodig is.
Afvalstromen	CO <sub>2</sub> , CO, NO <sub>x</sub>
Hulpstoffen	Steunbrandstof, meestal aardgas
Kosten	Hoog
Eisen	



## 4.6 Aanvullende maatregelen

Bladnummer	M1.0
Activiteit	Windreductie
Toepasbaarheid	Op- en overslag
Beschrijving techniek	Open installaties kunnen stof, en dus ook bio-aerosolen, emitteren door verwaaiing aan de wind. Reductie van windsnelheid kan dan een grote reductie van emissies realiseren tegen lage kosten. De afscherming kan bestaan uit windschermen, afdekzeil of andere middelen.
Gekoppelde maatregelen	-
Kosten	Laag
Kritische punten	Ontwerp, weersomstandigheden
Rendement bio-aerosolen	Afhankelijk van type afscherming, materiaal en weersomstandigheden.



Bladnummer	M1.1
Activiteit	Afsluiten overslag
Toepasbaarheid	Op- en overslag
Beschrijving techniek	Emissies van bio-aerosolen kunnen in de hand worden gehouden door alle activiteiten in een gesloten hal te laten plaatsvinden.
Gekoppelde maatregelen	M1.2
Kosten	Hoog, afhankelijk van de aanvullende maatregelen
Kritische punten	Volledigheid van afsluiten
Rendement bio-aerosolen	Hoog

Bladnummer	M1.2
Activiteit	Centrale afzuiging en onderdruk
Toepasbaarheid	Alle gesloten systemen
Beschrijving techniek	Wanneer emissies plaatsvinden in een gesloten systeem, zoals een hal, is het mogelijk de lucht centraal af te zuigen. Deze lucht kan dan door een luchtreinigingssysteem worden geleid en zo worden ontdaan van bio-aerosolen. Door voldoende grote afzuiging ontstaat een onderdruk van enkele pascal in de hal. Dat betekent dat de luchtdruk in de bedrijfshal enkele pascal lager is dan de luchtdruk in de buitenlucht. Daardoor nemen diffuse emissies van bio-aerosolen naar de buitenlucht sterk af. De bedrijfshal moet voldoende luchtdicht zijn om de gewenste onderdruk te kunnen realiseren.
Gekoppelde maatregelen	M1.1
Kosten	Laag
Kritische punten	-
Rendement bio-aerosolen	Hoog



Bladnummer	M1.3
Activiteit	Dampretoursysteem
Toepasbaarheid	Op- en overslag
Beschrijving techniek	Bij het overpompen van drijfmest naar een silo, wordt de lucht in de silo verdreven naar buiten. Dat is een grote bron van emissies van bio-aerosolen. Dit is te voorkomen door de lucht uit de silo, terug te leiden naar de vrachtwagen waar de drijfmest uit afkomstig is. Zo wordt een volledig gesloten systeem gecreëerd.
Gekoppelde maatregelen	-
Kosten	Laag
Kritische punten	Volledigheid van afsluiten
Rendement bio-aerosolen	Hoog, emissies worden volledig voorkomen

Tabel 4.1

Bladnummer	M1.4
Activiteit	Drijvend dak
Toepasbaarheid	Op- en overslag
Beschrijving techniek	Bij het overpompen van drijfmest naar een silo, wordt de lucht in de silo verdreven naar buiten. Dat is te voorkomen door het dak van de mestsilo mee te laten bewegen met het vloeistofpeil. Een drijvend dak drijft op de vloeibare mest in de tank. Daarom heeft de silo altijd hetzelfde volume als het volume van de mest die zich in de tank bevindt. Er ontstaat dus ook geen verdringingslucht bij verladen.
Gekoppelde maatregelen	-
Kosten	Laag
Kritische punten	Volledigheid van afsluiten
Rendement bio-aerosolen	Hoog

## 5 Beoordeling 'poldichtprincipe' vergunningen

### 5.1 Methodiek risicobeoordeling met processchema

Er is een processchema opgesteld (figuur 5.1) waarin de verschillende stappen van mestbewerking in een logische samenhang zijn weergegeven. Per stap zijn de gangbare technieken beschreven welke kunnen worden toegepast in deze processtap. Per mestbewerkingsinstallatie kunnen één of meer van de stappen uit het schema plaatsvinden. In het processchema wordt gewerkt met verschillende vormen en kleuren. Op basis hiervan kan op eenvoudige wijze inzicht ontstaan over mogelijke risico's in de verschillende processtappen voor het ontstaan van bio-aerosolen in het mestbewerkingsproces.

#### *Vormen*

De vormen in het processchema hebben een specifieke betekenis:

- Rechthoek: vaste, vloeibare of gasvormige (deel)producten in het proces, zoals mest, dikke fractie, dunne fractie, water, lucht en biogas
- Ruit: processtappen, zoals overslag, opslag, voorbehandeling, scheiding, bewerkingen mestfracties en luchtreiniging
- Afgeronde rechthoek: keuze uit de gangbare toegepaste technieken in een processtap. Bij de processtap 'bewerken van dikke fractie' gaat het bijvoorbeeld om technieken zoals drogen, composteren en thermische oxidatie
- Lijn: logische verbinding tussen (deel)producten en/of processtappen

#### *Kleuren*

De basiskleur van het schema is blauw. Deze kleur is gegeven aan de rechthoeken, ruiten en lijnen in het schema. De afgeronde rechthoeken (toegepaste technieken) zijn gekoppeld aan een ruit en hebben een rode of groene kleur. De kleur geeft aan wat het (gezondheids-)risico bij de desbetreffende techniek is op het optreden van emissies van bio-aerosolen. Rood is de kleur voor technieken die emissies van bio-aerosolen tot gevolg kunnen hebben. De groene kleur is voor technieken die weinig kans op emissie van bio-aerosolen met zich meebrengen. Dat kan bijvoorbeeld zijn omdat de techniek volledig gesloten wordt uitgevoerd.

- Rood

De rode kleur is voor technieken die emissies van bio-aerosolen tot gevolg kunnen hebben. Zo heeft 'composteren' een rode kleur gekregen in het schema omdat de luchtstroom die uit de compostering komt mestdeeltjes kan meevoeren. Op die manier kan een gesloten composteertank toch emissies van bio-aerosolen tot gevolg hebben. Een ander voorbeeld van een rode classificatie is drogen. Ook bij dat proces ontstaat een product dat weliswaar is gehygiëniseerd, maar de luchtstroom die nodig is voor drogen kan mestdeeltjes meenemen

- Groen

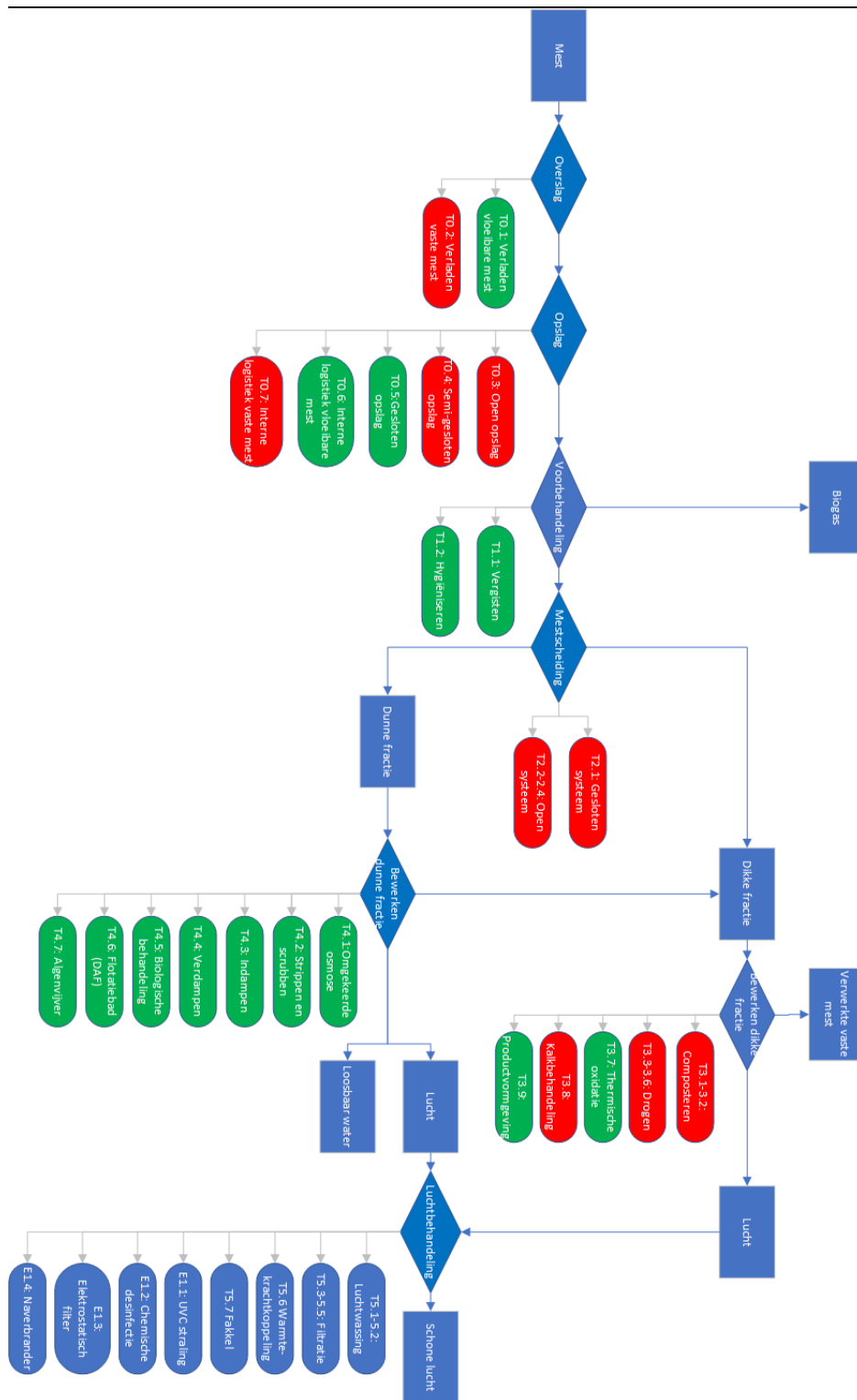
Een groene kleur betekent dat er weinig tot geen emissierisico's verwacht worden. Dit kan op twee manieren bereikt worden:

- De behandeling bevat een chemische bewerking die neutraliserend werkt op microbiologische organismen, zoals sterke zuren, basen, of hitte
- Het proces geeft geen emissies naar lucht





De techniek 'thermische oxidatie' heeft een groene kleur gekregen naar aanleiding van punt a. Deze luchtstroom is afkomstig uit ovens met temperaturen van honderden graden Celsius, er kan dus veilig aangenomen worden dat alle bio-aerosolen geneutraliseerd zijn. Een ander voorbeeld is indampen of een stripper/scrubber combinatie. In deze systemen circuleren weliswaar flinke debieten aan vervuilde lucht, maar volgens de huidige BBT-voorschriften zijn dit altijd volledig gesloten systemen. Er zijn dus geen emissies naar de buitenlucht.



Figuur 5.1 Processchema met verschillende processtappen en mestbewerkingstechnieken



## 5.2 Aandachtspunten bij risicobeoordeling

De beoordeling in twee kleuren geeft een snel overzicht van mogelijke risico's voor het ontstaan van bio-aerosolen. Door deze indeling met twee kleuren kunnen soms ook nuances verloren gaan. Er zijn twee aandachtspunten waar specifiek aandacht voor moet zijn bij de risicobeoordeling.

### 5.2.1 Stof en bio-aerosolen

Stof betreft alle vaste en/of vloeibare deeltjes in een gas ('aerosolen'). De herkomst van stof in de buitenlucht is zeer divers, bijvoorbeeld roet door verbranding, woestijnzand, zeezout, maar ook deeltjes van biologische herkomst. Deze 'bio-aerosolen' kunnen sporen zijn van planten, mestdeeltjes, maar ook bacteriën, virussen, schimmels of delen van dode bacteriën. Een verdere uitwerking van de definiëring van bio-aerosolen is eerder beschreven paragraaf 3.1.4.

Er is op dit moment slechts beperkte hoeveelheid informatie beschikbaar over de omvang van de emissie van bio-aerosolen. Over de emissie van (fijn)stof is in de praktijk van mestbewerking meer informatie beschikbaar. Voor een inschatting van het effect van luchtemissie beperkende maatregelen voor bio-aerosolen wordt de kennis gebruikt over stof reducerende maatregelen, gecombineerd met de expert judgement van het Kennisplatform Veehouderij over gezondheidsrisico's. De validiteit van die methodiek is sterk afhankelijk van het percentage bio-aerosolen in de totale emissie van stof uit een mestbewerkingsinstallatie. Omdat mest een biologisch materiaal is, doen we de aanname dat het percentage bio-aerosolen in de totale stoffractie hoog genoeg is om onze methodiek te rechtvaardigen. In hoofdstuk 6 worden verdere aanbevelingen gegeven omtrent deze kwestie. Paragraaf 3.2 geeft een uitwerking van het 'potdichtprincipe' en de achtergrond van dit begrip.

### 5.2.2 Reductie van het aantal ziektekiemen

#### Hygiënisatie

Om mest exportwaardig te maken, moet het eerst gehygiëniseerd worden. Dit houdt in dat de mest voor minimaal 60 minuten op een temperatuur van 70°C moet worden gehouden, of een gelijkwaardige behandeling. Dit is ter beoordeling van de Nieuwe Voedsel- en Warenautoriteit (NVWA) die de installatie moet erkennen op grond van de "Regeling dierlijke bijproducten 2011" (de Buissonjé, 2013). Het hygiënisatieproces zorgt voor een sterke reductie van het aantal bacteriën in de mest. De effectiviteit van dit proces is echter sterk afhankelijk van het soort bacterie. Grampositieve bacteriën zijn relatief goed bestand tegen de hoge temperatuur, in tegenstelling tot gramnegatieve bacteriën die een sterke concentratievermindering laten zien na hygiënisatie. Ook sporenvormers blijken het hygiënisatieproces relatief goed te overleven. Hoewel hygiënisatie dus zorgt voor een vrijwel steriel product, is het niet helemaal pathogenvrij. (Hoeksma et al, 2016). Dat betekent dat ook wanneer een mestproduct al is gehygiëniseerd, er dan nog steeds een, weliswaar klein, risico bestaat op de emissie van bio-aerosolen. Kwantitatieve informatie hierover is (nog) niet beschikbaar.



## Andere technieken

Onderzoek heeft aangetoond dat mestscheidingsprocessen geen noemenswaardige invloed hebben op het aantal pathogenen in mest. Vaste mest blijkt wel meer pathogenen te bevatten dan dunne mestfractie (Hoeksma et al, 2016). Mestvergisting kan een reducerend effect hebben op gramnegatieve bacteriën, maar heeft weinig effect op grampositieve bacteriën en virussen. Daarom kan mestvergisting niet gezien worden als een volwaardige vervangende techniek voor hygiëniseren.

## 5.3 Beoordeling vergunningen

Het processchema in figuur 5.1 geeft een compact overzicht van de risicopunten in een mestbewerkingketen. Hieruit wordt snel duidelijk welke punten specifieke aandacht nodig hebben om emissies van bio-aerosolen te voorkomen. Voor de beoordeling van een vergunningsaanvraag dienen enkele concrete vragen te worden beantwoord. Deze vragen ondersteunen bij het beoordelen van een vergunningsvergunning op het aspect gezondheidsrisico's door bio-aerosolen en best beschikbare technieken.

### 1. Bepalingen aangaande de informatievoorziening bij de vergunningaanvraag.

Om een beoordeling te kunnen maken, is een volledige procesbeschrijving inclusief de luchthuishouding nodig. Dat betekent dat het gehele mestbewerkingproces in detail is beschreven. De procesbeschrijving omvat ten minste de volgende stappen:

- Er dient een gedetailleerde omschrijving aanwezig te zijn van hoe het transport, de overslag en opslag plaatsvindt van de mest(fracties). De getroffen voorzieningen om emissies van bio-aerosolen te voorkomen moeten worden beschreven. Genoemd moet worden of er sprake is van verdrijvingslucht uit de opslagtanks en wat er met die lucht gebeurt. Wanneer er sprake is van overslag van vaste mest is er een omschrijving van de genomen maatregelen tegen stofvorming/verwaaiing van mest tijdens de overslag
- Er dient een gedetailleerde omschrijving aanwezig te zijn van de behandelingen die de mest(fracties) ondergaat. Dit omvat voorbehandelingstechnieken, mestscheiding en mestbewerking. Genoemd moet worden waar afgasstromen vrijkomen, waar die afgasstromen naartoe geleid worden en welke maatregelen zijn getroffen om de emissies te beperken
- Er dient een gedetailleerde omschrijving aanwezig te zijn van de maatregelen die zijn getroffen om luchtmissies naar de buitenlucht te zoveel mogelijk beperken. Hierbij is informatie nodig over het werkingsprincipe van de apparatuur en wanneer van toepassing, het stofverwijderingsrendement. De in figuur 5.1 rood gekleurde technieken verdienen daarbij extra aandacht in de beschrijving



Wanneer onder normale omstandigheden een hoge stofreductie wordt gerealiseerd, kan het zijn dat bij 'ongewone voorvallen' en 'calamiteiten' mogelijk hoge(re) emissies van bio-aerosolen optreden. Dat betreft situaties waarbij de luchtreinigingsapparatuur uitvalt of door onderhoud of storing niet correct functioneert. De aanvraag voor een vergunning dient hiervoor nadere informatie te omvatten:

- Een onderdeel van de vergunningsaanvraag is een beschrijving van mogelijke voorkomende situaties en de beheersmaatregelen die worden genomen gedurende 'ongewone voorvallen' en 'calamiteiten' om de tijdsduur van verhoogde emissies tot een minimum te beperken. Voorbeeld: bij storingen in het systeem dient de installatie automatisch te stoppen en waarschuwingssignalering te geven aan de verantwoordelijke personen. De bewerkingsinstallatie dient beveiligd te zijn om bij calamiteiten schade aan de omgeving en het milieu zoveel mogelijk te voorkomen

## **2. Toepassing best beschikbare technieken.**

De technieken en maatregelen uit het in dit onderzoek opgestelde overzicht zijn bekeken vanuit Best Beschikbare Techniek (BBT) oogpunt. Als kader voor het bepalen van BBT gelden de uitgangspunten uit het volgende kader. Deze uitgangspunten zijn daarna praktisch uitgewerkt.

### **Uitgangspunten BBT**

- De aangevoerde mest(fractie) heeft vooraf een hygiënisatiestap ondergaan of er vindt binnen het mestbewerkingsproces een hygiënisatiestap plaats
- Er geldt dat voor elke activiteit de voorkeur uitgaat naar een luchtdicht afgesloten uitvoering van de installatie
- De activiteiten waarbij geen sprake is van een luchtdicht afgesloten uitvoering van de installaties dienen in een luchtdicht afgesloten ruimte te worden uitgevoerd
- De luchtmissies naar de buitenlucht uit luchtdicht afgesloten installaties en ruimtes ondergaan een behandelingsstap waarmee de emissies van bio-aerosolen worden verminderd
- De aanvoer van mest vindt zoveel mogelijk plaats in luchtdicht afgesloten transportmiddelen

Wanneer alle bewerkingsstappen zorgvuldig zijn beschreven in de aanvraag, kan een BBT beoordeling daarvan plaatsvinden. Het uitgangspunt is een zo groot mogelijke reductie van de emissie van bio-aerosolen (minimalisatie) uitgaande van toepassing van de bovengenoemde richtlijnen voor BBT. Gebaseerd op de beschikbare procesbeschrijvingen worden de volgende (specifieke) maatregelen beschouwd als BBT. Indien binnen een mestbewerkingsinstallatie andere maatregelen worden toegepast, dient de initiatiefnemer voorafgaand de gelijkwaardigheid van de maatregel aan te tonen. De bewijslast hiertoe ligt bij de initiatiefnemer. Gedeputeerde Staten kunnen voor besluitvorming het Deskundigenpanel Veehouderij om een advies vragen.



Eisen aangaande de toepassing van best beschikbare technieken:

- Aanvoer, op- en overslag
  - De aanvoer van drijfmest en dunne fracties vindt plaats met luchtdicht afgesloten transportmiddelen of via gesloten leidingen. Aanvoer van vaste mest vindt tenminste plaats in transportmiddelen die zijn afgesloten met een dekzeil, afsluitbare laadkleppen of op een gelijkwaardige wijze
  - De verdrijvingslucht uit opslagtanks dan wel procesruimte wordt afgezogen en behandeld in een luchtreinigingsinstallatie
  - Vaste mest wordt opgeslagen en verladen in een luchtdicht afgesloten procesruimte welke onder onderdruk staat. Het laden en lossen van vaste mest mag pas starten als de procesruimte gesloten is en weer genoeg onder onderdruk staat
- Bewerkingen/procesruimte
  - Er geldt dat voor elke installatie de voorkeur uitgaat naar een luchtdicht afgesloten uitvoering van de techniek
  - Als een installatie of techniek een gekanaliseerde afgasstroom tot gevolg heeft, moet deze luchtstroom worden behandeld in een luchtreinigingsinstallatie
  - Installaties die diffuse emissie tot gevolg kunnen hebben, vinden plaats in een luchtdicht afgesloten procesruimte, welke op onderdruk staat. De diffuse emissie van deze installaties wordt indien mogelijk bij de bron afgezogen en de emissie wordt naar een luchtreinigingsinstallatie geleid
  - Alle ventilatielucht uit een procesruimte dient te worden afgezogen en te worden behandeld in een luchtreinigingsinstallatie
- Luchtreinigingsinstallatie
  - Alle afgezogen lucht moet worden gereinigd in een luchtreinigingsinstallatie. De richtwaarde voor de restemissie van stof bedraagt  $0 \text{ mg/Nm}^3$ . De grenswaarde van stof bedraagt maximaal  $5 \text{ mg/Nm}^3$ , overeenkomstig de (strengste) stofemissie-eis uit het Activiteitenbesluit voor inrichtingen. Er zijn verschillende luchtreinigingstechnieken beschikbaar om stofreductie met een restemissie van tenminste  $5 \text{ mg/Nm}^3$  te realiseren. Infomil geeft specifieke informatie over kenmerken van verschillende luchtreinigingstechnieken (<https://www.infomil.nl/onderwerpen/lucht-water/lucht/digitale-ner/luchtemissie/overzicht-factsheets/>)
  - De initiatiefnemer dient een onderbouwing te geven van de aangevraagde stofemissie-eis. De luchtreinigingstechniek moet voorts voldoen aan de eisen zoals die voortvloeien van toepassing zijnde BBT-documenten
  - De luchtreinigingsinstallatie dient een rendement op stof te hebben van tenminste 85%. Indien blijkt dat dit vanuit technische haalbaarheid of kosteneffectiviteit niet haalbaar is, kan hiervan worden afgeweken
  - Indien vergisting wordt toegepast, worden de vergistingsgassen van dit proces geleid via een luchtreinigingsinstallatie, warmtekrachtkoppelinginstallatie of een verbrandingsmotor. Onder luchtreinigingsinstallatie wordt ook verstaan een installatie ter opwaardering van de gasstroom naar aardgaskwaliteit ter levering aan het aardgasnet
  - Indien vergisting wordt toegepast dient een fakkel of andere maatregel te worden toegepast om vergistingsgas bij incidenten of onderhoud te verbranden



- Overig
  - Ramen en deuren moeten gesloten worden gehouden voor zover ze geen functie hebben voor luchtinlaat of het doorlaten van personen, dieren of goederen

### **3. Informatievoorziening tijdens bedrijf**

Er is sprake van een periodieke informatieplicht ten behoeve van de actualisatie van de stand der techniek. Degene die een inrichting drijft waaruit emissies van bio-aerosolen naar de lucht plaatsvinden, overlegt elke vijf jaar informatie aan het gevoegd gezag over:

- De mate waarin emissies van totaal stof naar de lucht plaatsvinden
- De maatregelen die genomen kunnen worden om emissies van totaal stof verdergaand te beperken voor zover technisch uitvoerbaar en economisch haalbaar, zodat deze zo dicht mogelijk bij 0 mg/Nm<sup>3</sup> komt

### **4. Voorschriften aangaande monitoring en controle**

De meeste gegevens over stofreductie gaat over installaties die correct functioneren. In de praktijk is dat niet altijd het geval. Dit kan te wijten zijn aan bijvoorbeeld achterstallig onderhoud of een gebrek aan kennis bij de operator. Ook zijn installaties die luchtstromen reinigen door onjuist handelen niet altijd in werking. Er zijn dus monitoringssystemen nodig om te garanderen dat de genomen maatregelen ook daadwerkelijk gebruikt worden. De volgende maatregelen moeten ten minste worden getroffen:

- De luchtreinigingsinstallaties functioneren correct en volgens het ontwerp
- Een luchtbehandelingsinstallatie moet uitgerust zijn met een elektronisch monitoringstelsel. Elke techniek heeft specifieke (emissierelevante) parameters om het functioneren van de installatie vast te stellen. Er dient te worden aangesloten bij de aanbevelingen van Infomil omtrent controle door emissierelevante parameters voor de verschillende technieken (zie <https://www.infomil.nl/onderwerpen/lucht-water/lucht/digitale-ner/meten-monitoring/controle/>)

#### **Voorbeeld voor luchtwasser**

- Voor luchtwassers worden ieder uur de waarden van in ieder geval de volgende parameters geregistreerd:
  - De zuurgraad van het water
  - De geleidbaarheid van het waswater in milliSiemens per centimeter
  - De spuiwaterproductie in kubieke meter (inclusief cumulatieve waarden)
  - De drukval over het filterpakket in pascal
  - Het elektriciteitsgebruik van de waswaterpomp in kilowatt uur (inclusief cumulatieve waarden)
- Het waswatersysteem van de luchtwasser is voorzien van een laagdebietalarmering die in werking treedt als het debiet van het waswater te laag is voor een goede werking van het luchtwassysteem.

Deze maatregelen zijn conform de eisen aan luchtwassers in de Activiteitenregeling artikel 3.99.



## Voorbeeld voorschriften voor luchtfilter

- Voor het luchtfilter wordt ieder uur de waarden van in ieder geval de volgende parameters geregistreerd:
    - Debiet van te behandelen afgasstroom
    - Drukval over filter
    - Bedrijfstijd/standtijd van het filtermateriaal
    - Temperatuur van te behandelen afgasstroom
  - Het waswatersysteem van de luchtwasser is voorzien van een drukvalalarmering die in werking treedt als de drukval te hoog wordt om een goede werking van het filter te bewerkstelligen.
- 
- In het geval dat een andere luchtreinigingstechniek wordt ingezet, moet op een gelijkwaardige manier de correcte werking van het desbetreffende apparaat worden aangetoond
  - De geregistreerde waarden van de parameters worden gedurende ten minste vijf jaar binnen de inrichting bewaard en worden beschikbaar gesteld aan het Bevoegd Gezag wanneer daarom gevraagd wordt
  - Binnen drie maanden na het in bedrijf nemen van de mestbewerkingsinstallatie dient een stofemissiemeting te worden uitgevoerd aan de afgasstroom van de luchtreinigingsinstallatie en het resultaat te worden overlegd aan het bevoegd gezag. Periodieke stofmetingen worden uitgevoerd overeenkomstig tabel 2.8 uit artikel 2.8 van het Activiteitenbesluit

## 5. Kosteneffectiviteit

In lid 2 van paragraaf 5.3 wordt gesproken van een richtwaarde voor emissies van stof van  $0 \text{ mg/Nm}^3$ , en een grenswaarde van maximaal  $5 \text{ mg/Nm}^3$ . De grenswaarde die in een vergunning wordt opgenomen is afhankelijk van de technische, ruimtelijke en economische mogelijkheden van de betreffende inrichting. Voor het bepalen van de kosteneffectiviteit van maatregelen wordt aangesloten bij de methodiek uit artikel 2.7 van het Activiteitenbesluit.

Een maatregel voor het reduceren van de emissies van stof is in ieder geval kosteneffectief indien de berekende waarde lager is dan EUR 8,00 per kg, en in ieder geval niet kosteneffectief wanneer deze hoger is dan EUR 15,00 per kg. Deze waarde betreft het aantal euro's per kilo voorkomen emissie van stof. Indien de berekende kosteneffectiviteit binnen het afwegingsgebied van EUR 8,00 – EUR 15,00 per kg ligt, bepaalt het bevoegd gezag bij maatwerkvoorschrift of die maatregel in een individueel geval kosteneffectief is.





## 6. Overige voorschriften

- Luchtreinigingsinstallatie dienen geschikt en toereikend gedimensioneerd te zijn
- De installatie dient te worden bedreven door een daartoe vakbekwaam persoon/personen
- De mestbewerkingsinstallatie dient planmatig te worden onderhouden en de inrichting dient schoon te worden gehouden
- Het proces dient zodanig te worden ingericht dat stofemissies in situaties waarin het systeem geheel of gedeeltelijk buiten werking is tot een uiterst minimum worden beperkt

## 7. Voorschriften over ongewone voorvallen/calamiteiten

Mochten deze situaties zich voordoen dan wordt verwezen naar de algemene verplichtingen zoals vastgelegd in hoofdstuk 17 van de Wet milieubeheer.

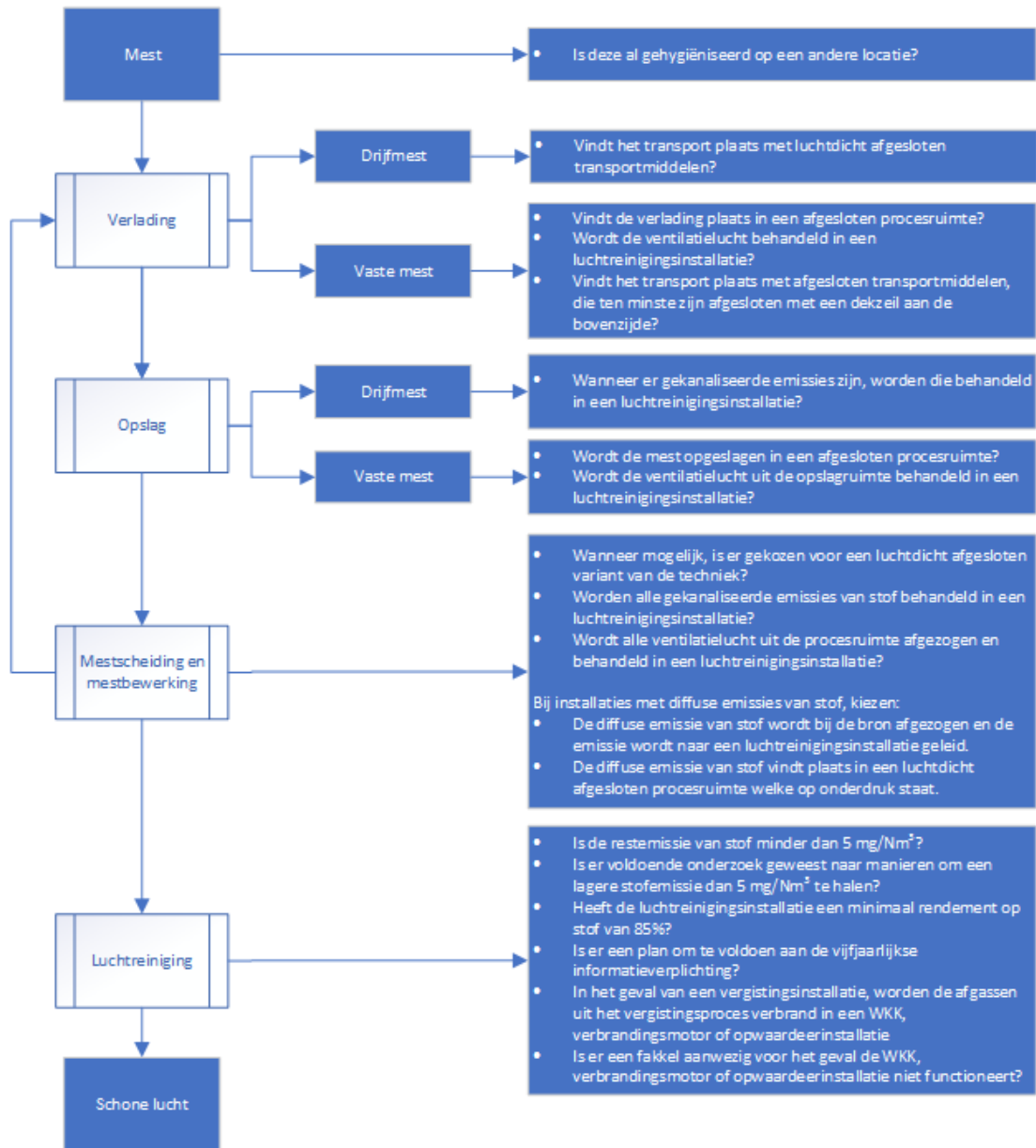
### 5.4 Voorschriften voor kleine mestbewerkingsinstallaties

De op te stellen beleidsregel betreft mestbewerkingsinstallaties die onder het bevoegd gezag van de provincie vallen. Doorgaans betreffen dit mestbewerkingsinstallaties met een capaciteit van 25.000 m<sup>3</sup> mest per jaar of meer die dierlijke mest van derden bewerken. Op enkele inrichtingen komt het voor dat een mestbewerkingsinstallatie bij een veehouderij is gebouwd. Indien de veehouderij onder het bevoegd gezag van de provincie valt, valt ook de mestbewerkingsinstallatie onder het bevoegd gezag van de provincie. Ook voor deze installaties is een minimalisatie van de daaruit voortvloeiende gezondheidsrisico's wenselijk. Indien deze installaties minder dan 25.000 m<sup>3</sup> mest per jaar bewerken is een andere benadering vereist, omdat de gebruikte technieken, praktische omstandigheden en financiële draagkracht van kleinschalige initiatieven verschillen van grootschalige mestbewerkingsinrichtingen.

Deze benadering is ingegeven vanuit oogpunt van risico's voor de gezondheid en evenredigheid van de te treffen maatregelen. Door een specifieke omschrijving van de eisen aan kleinere inrichtingen wordt voorkomen dat er regels ontstaan die geen, of slechts een zeer gering, effect hebben op het tegengaan van gezondheidseffecten door bio-aerosolen maar wel een (te) grote impact zouden hebben op de bedrijfsvoering.

#### **Voorschriften voor lokale mestbewerkingsinstallaties**

- De opslag, overslag en bewerking van mest vindt zodanig plaats dat dit niet in de open lucht plaatsvindt
- Diffuse emissies van stof worden zoveel mogelijk voorkomen



Figuur 5.2 Grafische weergave van de maatregelen uit paragraaf 5.3.



## 6 Aanbevelingen

Dit rapport vormt de technische onderbouwing van provinciale beleidsregels voor risicobeperking van gezondheidseffecten via de lucht van mestbewerkingsinstallaties. In dit rapport is de methodiek uitgewerkt voor de boordeling van vergunningsaanvragen en handvatten voor op te nemen voorschriften in de vergunning.

Er is op dit moment echter beperkte hoeveelheid informatie beschikbaar over de omvang van de gezondheidsproblematiek rondom bio-aerosolen en gezondheidseffecten bij mestbewerkingsinstallaties. Het verdient aanbeveling met onderzoek beter zicht te krijgen in de gezondheidseffecten van bio-aerosolen (paragraaf 6.1) en het effect van luchtreinigingstechnieken (paragraaf 6.2).

### 6.1 Onderzoek naar gezondheidseffecten van bio-aerosolen

Dit rapport beschrijft de huidige stand van kennis over de emissies van bio-aerosolen uit mestbewerkingsinstallaties en de technieken die deze emissies kunnen reduceren. We constateren dat er slechts weinig onderzoek is gedaan naar deze beide factoren. Zoals aangehaald in paragraaf 3.1.5 heeft het RIVM een grondig onderzoek verricht naar de emissie van bio-aerosolen uit veehouderijen. Daar kwam echter geen sluitende conclusie uit over de oorzakelijkheid van de relatie tussen gezondheidseffecten en de nabijheid van veehouderijen. Ook de oorzakelijkheid van de relatie tussen de concentratie van endotoxinen en gezondheidseffecten kon niet bewezen worden. Wel worden er sterke vermoedens geuit dat deze relaties bestaan. Het desbetreffende onderzoek heeft dus nog niet tot een afdoende antwoord kunnen leiden. Dit onderzoek betreft primair veehouderijen, niet mestverwerkers of gemengde bedrijven die zowel vee houden en mest bewerken. Onze aanbeveling is dan ook om aanvullend onderzoek te doen naar de gezondheidseffecten van bio-aerosolen.

### 6.2 Onderzoek naar geschikte luchtreinigingstechnieken

Doordat er slechts weinig onderzoek is gedaan naar bio-aerosolen en hun effecten, is er ook weinig bekend over technieken om de emissie ervan te meten of te reduceren. Omdat er een relatie vermoed wordt tussen de concentratie stof en de concentratie bio-aerosolen, is in dit rapport gefocust op maatregelen voor de reductie van stofemissie. Het is niet bekend of de reductiepercentages die luchtreinigingstechnieken halen bij stof, ook vergeleken kunnen worden met de reductiepercentages die diezelfde technieken halen bij bio-aerosolen. Er zijn enkele rapporten verschenen die hier een licht op werpen, maar die zijn summier van aard (Aarnink A.J.A. et al, Technieken voor reductie van bio-aerosol emissies uit stallen, WUR, 2015; Aarnink A.J.A. et al, Processen en factoren die van invloed zijn op de emissies van bio-aerosolen uit stallen, livestock research Wageningen UR, 2015; Hoeksma P. et al, Overleving van pathogenen bij mestverwerking, RIVM en Wageningen UR, 2016). Deze onderzoeken focussen op emissiereductie uit stallen en niet uit mestbewerkers, bovendien geven ze nauwelijks kwantitatieve informatie. Onze tweede aanbeveling is dan ook verdergaand onderzoek naar (de effectiviteit van) methoden om emissie van bio-aerosolen te reduceren.



## 7 Literatuur

Verdoes N., Timmerman M. Starmans, D.A.J. Mestverwerking varkenshouderij OrgAgro, Bouwmans te Bakel, WUR, 2002

Melse R.W., Verdoes N., Starmans, D.A.J., Mestverwerking varkenshouderij Strofilter in foliekas – De Sart te Alphen (NB), WUR, 2002

Timmerman M., Claessen P.J.P.W., Bosma A.J.J., Scheiding van varkensmest d.m.v. TowerFilter en vijzelpers, WUR, 2005

Schröder J., de Buisonjé F., Kasper G., Verdoes N., Verloop K., Mestscheiding: relaties tussen techniek, kosten milieu en landbouwkundige waarde, WUR, 2009

Roelofs P., Desinfectie van binnenkomende lucht met UV-straling, Praktijkonderzoek varkenshouderij, Vol. 13, No. 3, p.22-24, 1999

Aarnink A.J.A., Hagenaars T.J., Ogink N.W.M., Technieken voor reductie van bio-aerosol emissies uit stallen, WUR, 2015

Lemmens B., Ceulemans J., Elslander H., Vanassche S., Brauns E., Vrancken K., Beste Beschikbare Technieken (BBT) voor mestverwerking, BBT kenniscentrum VITO, 2007

De Buisonjé F., Melse R., Mosquera J., Verdoes N., inventarisatie emissies en geluidsoverlast van mestbewerkingsinstallatie en eventuele maatregelen, WUR, 2013

Aarnink A.J.A., Zhao Y., Dekker A., Ogink N.W.M., Processen en factoren die van invloed zijn op de emissies van bio-aerosolen uit stallen, livestock research Wageningen UR, 2015

Van Leuken J.P.G. et al, Verkenning van de microbiologische risico's voor de gezondheid, RIVM, 2017

Van Leuken, J.P.G., Hoeksma, P., Beantwoording Gezondheidsvragen Provincie Noord-Brabant, mestverwerker OOC / MACE te Oss, versie 3, 2016

Hoeksma P., Aarnink A.J.A., Rutjes S., Blaak H., de Buisonjé F., Overleving van pathogenen bij mestverwerking, RIVM en Wageningen UR, 2016

Maassen K. et al, Veehouderij en gezondheid omwonenden, RIVM, 2016

Maassen K. et al, Veehouderij en gezondheid omwonenden (aanvullende studies), RIVM, 2017



Baltussen J.J.M. et al, Toetsingskader humane gezondheidsaspecten met betrekking tot mestverwerking/-bewerking, Provincie Noord-Brabant, 2016

Hagenaars T.J., Heederik D.J.J., Ogink N.W.M., Vermeij I., Winkel A., Wouters I.M., Additionele maatregelen ter vermindering van emissies van bioaerosolen uit stallen: verkenning van opties, kosten en effecten op de gezondheidslast van omwonenden, Wageningen UR en Universiteit Utrecht, 2016

P. Hoeksma, briefrapport van 14 maart 2018, emissie bio-aerosolen bij mestbewerking, 2018

Kennisplatform Veehouderij en Humane gezondheid, kennisbericht van 14 februari 2018, kennisbericht Mest en mestbewerking

Gezondheidsraad, Endotoxins. Health-based recommended occupational exposure limit. Den Haag, Gezondheidsraad, 2010, publicatienummer 2010/04OSH, ISBN 978-90-5549-804-8

Gezondheidsraad, Gezondheidsrisico's rond veehouderijen. Den Haag: Gezondheidsraad, 2012; publicatienummer 2012/27, ISBN 978-90-5549-939-7

Kennisplatform Veehouderij en Humane gezondheid, kennisbericht van 24 mei 2017 versie 2, kennisbericht Fijnstof en endotoxinen.