



AGRONOMISCHE
WAARDE VAN
BEWERKTE DIERLIJKE
MEST VALORISEREN
EN OPTIMALISEREN

Luik 1 / 4.01.2018



INHOUD

1	Inleiding.....	4
2	Macro-screening mestbewerkingstechnieken.....	4
3	Selectie technieken voor micro-screening.....	6
4	Micro-screening geselecteerde technieken.....	7
1.	Scheiding.....	7
1.1	Techniek	7
1.1.1	TYPE SCHEIDER	9
1.2	Samenstelling eindproducten	22
1.3	Proeven met eindproducten	28
1.4	Marktpotentieel	30
1.5	Praktijkervaring	31
1.6	Emissies	31
2.	Gescheiden stalconstructies.....	34
2.1	Techniek	34
2.2	Samenstelling eindproducten	39
2.2.1	Dunne fractie	39
2.2.2	Dikke fractie	40
2.3	Proeven met eindproducten	41
2.4	Marktpotentieel	41
2.5	Emissies	41
2.6	Praktijkervaring	42
3.	Mengen van mestsoorten.....	42
3.1	Techniek	42
3.1.1	Mengen in de opslag	43
3.1.2	Mengen bij uitrijden	48
3.2	Samenstelling eindproducten	49
3.3	Veldproeven	52
3.4	Marktpotentieel	53
3.5	Emissies	53
3.6	Praktijkervaring	53
3.7	Wetgeving	54
4.	Aanzuren.....	55
4.1	Techniek	55
4.2	Samenstelling eindproducten	60
4.3	Proeven met eindproducten	60
4.4	Marktpotentieel	60
4.5	Emissies	62
4.6	Praktijkervaring	66
4.7	Extra 1: biologisch aanzuren	67
4.7.1	Voedingsbronnen voor micro-organismen	68
4.7.2	Effect van biologisch aanzuren op NH ₃ -emissies en N-gehalte mest	69
4.7.3	Effect van biologisch aanzuren op broeikasgasemissies	69
4.8	Extra 2: fosforrecuperatie via aanzuring	70
4.8.1	Techniek	71
4.8.2	Marktpotentieel	72
5.	Pocketvergisting.....	73
5.1	Techniek	73
5.2	Samenstelling eindproduct	77
5.3	Proeven met eindproducten	80
5.4	Marktpotentieel	82
5.5	Emissies	82
5.6	Praktijkervaring	83
6.	Boerderijcompostering.....	84
6.1	Techniek	84



6.2	Samenstelling eindproducten	88
6.3	Proeven met eindproducten	93
6.4	Marktpotentieel	94
6.5	Emissies	94
6.6	Praktijkervaring	94
7.	SWOT-analyses.....	96
7.1	Scheiding	96
7.1.1	Vijzelpers	96
7.1.2	Zeefbocht	97
7.1.3	Centrifuge	98
7.2	Gescheiden stalconstructies	99
7.3	Mengen	99
7.4	Aanzuren	100
7.5	Pocketvergisting	101
7.6	Boerderijcompostering	101
8.	Conclusie.....	103
	Referenties	106
	Bijlagen	113



1 INLEIDING

De doelstelling van de VLM-onderzoeksopdracht “Agronomische waarde van bewerkte dierlijke mest valoriseren en optimaliseren” is nagaan welke mestbewerkingstechnieken resulteren in eindproducten met een meer optimale nutriëntensamenstelling dan onbewerkte dierlijke mest; dit met het oog op een betere valorisatie van dierlijke mest op Vlaamse landbouwgrond.

De verwachting is dat door mestbewerking de nuttig bruikbare bemestingsruimte beter zal kunnen ingevuld worden met mest van dierlijke oorsprong, waarbij zowel op agronomisch als milieukundig vlak geen toegiften gedaan moeten worden.

‘Luik 1 – Inventarisatie’ is het startpunt van de opdracht. Hier worden bestaande en nieuwe technologieën en de bijhorende eindproducten geïdentificeerd, die kunnen leiden tot een maximale aanvoer aan effectieve organische koolstof uit dierlijke mest in Vlaanderen, gekoppeld met een efficiënte aanwending van de aanwezige N en P, zonder of met zo min mogelijk ongewenste verliezen naar het milieu.

In een eerste fase wordt een overzicht gemaakt van verschillende mestbewerkingstechnieken die op de markt of in ontwikkeling zijn in binnen- en buitenland. In deze macroscreening (zie Bijlage II) worden de kenmerken (criteria input, kenmerken eindproducten, etc.) van zowel laag- als hoogtechnologische technieken opgelijst. Deze informatie wordt verzameld uit de literatuur, alsook door contacten met de constructeurs of gebruikers van de betreffende techniek.

Uit deze macro-screening heeft de stuurgroep de meest optimale technieken geselecteerd voor toepassing in de Vlaamse landbouw.

Deze selectie van 6 technieken, alsook de eindproducten, worden in ‘Micro-screening geselecteerde technieken’ uitgebreid gedocumenteerd. Van elke techniek wordt ook een SWOT-analyse (sterktes, zwaktes, opportuniteiten, bedreigingen) gemaakt. Dit maakt de vergelijking en selectie van technieken eenvoudiger.

Op basis van de conclusies uit deze microscreening selecteerde de projectstuurgroep enkele eindproducten (resultierend uit deze technieken) als meest beloftevol. Deze eindproducten (of combinaties ervan) worden opgenomen in de proeven binnen luik 2. In luik 2 wordt een proevenonderzoek uitgevoerd om de agronomische en milieukundige karakteristieken van een aantal (combinaties van) technologieën en producten van bewerkte dierlijke mest te kwantificeren. In luik 3 wordt een economische studie uitgevoerd om de haalbaarheid van een aantal (combinaties van) technologieën en producten kwantitatief te bepalen met inschatting van de mogelijke impact voor Vlaamse landbouwers.

2 MACRO-SCREENING MESTBEWERKINGSTECHNIKEN

Het doel van de macro-screening is het aanbieden van een inventarisatie van technieken uit binnen- en buitenland die kunnen leiden tot een maximale aanvoer aan effectieve organische koolstof uit dierlijke mest in Vlaanderen, gekoppeld met een efficiënte aanwending van de aanwezige N en P.

De methodologie voor het tot stand komen van deze inventarisatie is de volgende:



1. Vertrekken van een brede basis – met oog voor alle mogelijke mestbewerkingstechnieken, gaande van zeer laagtechnologisch (mengsystemen, aanzuringssystemen, homogenisatie, extensieve compostering) tot hoogtechnologisch (elektrolyse, membraanfiltratietechnieken, etc.). Er wordt een zo volledig mogelijk overzicht beoogd.
2. Bronnen voor de korte beschrijving van de technologie zijn o.a. (niet limitatief!):
 - Book of Abstracts ManuResource Conference, 5-6 December 2013
 - Lebuf, V., Accoe, F., Van Elsacker, S., Vaneckhaute, C., Meers, E., Ghekiere, G. & Ryckaert, B. (2013). Inventory: Techniques for nutrient recovery from digestate. Report published in the framework of Interreg IVB ARBOR, 26pp.
 - Vaneckhaute, C., Lebuf, V., Belia, E., Meers, E., Tack, F.M.G., Vanrollegem, P.A. (2014). Nutrient recovery from (digested) bio-waste: Systematic technology review and product classification. Submitted for Bioresource Technology.
 - Inventarisatie nutriëntrecuperatietechnologie uit mest en digestaat in het kader van MIP Nutricycle
 - VCM-bibliotheek – verzameling mestverwerkingstechnieken sinds 1996
3. Om na te gaan op welk type mest deze technologie toepasbaar is, wordt nagegaan welke DS-gehalten het ingaande product moet hebben, of er limieten zijn aan de N-gehalten, of de viscositeit en de structuur van het ingaande materiaal een kritische parameter vormt. Voor zover deze gegevens bij het VCM of in de literatuur niet te vinden zijn, wordt hiervoor contact opgenomen met de constructeur van de technologie of met een gebruiker die ervaring heeft met de technologie. Deze contacten worden, voor zover niet gekend bij VCM of bij één van de partners, via Internet of via buitenlandse partners, gezocht.
4. Om na te gaan wat de eigenschappen van het eindproduct zijn, en hoe de nutriënten zich door de bewerking herverdelen, wordt opnieuw eerst via een literatuurstudie naar informatie gezocht. Voor zover deze gegevens bij het VCM of in de literatuur niet te vinden zijn, wordt hiervoor contact opgenomen met de constructeur van de technologie of met een gebruiker die ervaring heeft met de technologie. Deze contacten worden, voor zover niet gekend bij VCM of bij één van de partners, via Internet of via buitenlandse partners, gezocht. De macro-screening voorziet nog geen exacte samenstelling van de eindproducten, juist omdat deze samenstelling zo varieert per type ingaand product. De macro-screening geeft wél aan of het eindproduct van de technologie resulteert in verschillende fracties die rijker/armere zijn aan N/P/K/C dan het ingaande product. Deze fractionering in koolstof en nutriënten over verschillende deelfracties kan voor een welbepaalde technologie veralgemeend worden voor verschillende types mest. Een exacte samenstelling per type ingaande mest zou ons in dit eerste stadium te ver leiden, en is ook niet van absolute noodzaak voor de keuze van technologieën voor diepgaande evaluatie.

De exacte samenstelling per type ingaande mest wordt wél beoordeeld bij de uitgebreide evaluatie van de geselecteerde technieken (micro-screening). Indien deze samenstelling gekend is voor zowel runderdrijfmest, varkensdrijfmest als pluimveemest, wordt dit meegegeven in het deelrapport; indien deze technologie nog niet getest is op deze mesttypes, wordt met de constructeur besproken of een eventuele extrapolatie op basis van bestaande analyses van eindproducten verdedigbaar is.

In Bijlage II worden de resultaten van de macro-screening in tabelvorm en schematisch weergegeven. Ook worden 8 cascades gemaakt van interessante combinaties van verschillende technieken.



3 SELECTIE TECHNIKEN VOOR MICRO-SCREENING

In de macroscreening (Bijlage II) wordt een overzicht gemaakt van alle mogelijke mestbewerkingstechnieken, gaande van zeer laagtechnologisch (mengsystemen, aanzuringssystemen, homogenisatie, extensieve compostering) tot hoogtechnologisch (elektrolyse, membraanfiltratietechnieken, etc.).

Daarbij wordt beoordeeld of de techniek een **gunstige nutriëntenherverdeling** realiseert; dit betekent dat de techniek resulteert in minstens één eindproduct dat:

- een significant hogere NK:P-ratio heeft dan de onbewerkte ingaande dierlijke mest
- een significant hogere C:P-ratio heeft dan de onbewerkte ingaande dierlijke mest

Daarnaast was een belangrijke selectieparameter of de techniek al dan niet **toepasbaar is op het landbouwbedrijf** (zonder aanvoer mest van derden), dit wil zeggen bij capaciteiten <10.000 ton mest op jaarbasis. Deze on-farm (laagtechnologische) technieken hadden de voorkeur bij selectie, omdat deze op korte termijn en zonder veel aanpassingen en grote investeringen kunnen doorgevoerd worden op het landbouwbedrijf.

Ook volgende criteria worden in de quotering van de technieken (en de resulterende eindproducten) meegenomen: aanwezigheid **effectieve organische stof** en aanwezigheid van **ongewenste stoffen**.

Op basis van deze criteria worden volgende technieken niet weerhouden:

- Alternatieve omzettingstechnieken naar biomassa via eendenkroos, algen of insecten: deze technieken zijn eerder gericht op productie van biomassa, en niet op het verkrijgen van een mestproduct met een optimalere nutriëntenverhouding. Daarnaast zijn er nog teveel onzekerheden over deze technieken.
- Co-vergisting: co-vergisting op grote schaal (waarbij stromen van derden verwerkt wordt) is niet haalbaar op boerderijniveau (te hoge investering)
- Strippen, extractie, precipitatie, filtratie
- Elektrisch/energetisch bewerken van mest
- Homogeniseren, ozoniseren, verdunnen van mest
- Biologische behandeling van mest: voorkeur gaat naar technieken waar nutriënten niet afgebroken worden, maar wel in een andere verhouding aanwezig zijn ofwel gerecupereerd worden.
- Toevoeging van kalk, bacteriën, sporenelementen of kleimineralen
- Scheiding via trommelfilter, zeefbandpers, DAF
- Intensieve compostering
- Drogen en pelletiseren: deze technieken vragen zeer veel energie en is daarom minder interessant. Desalniettemin kan het interessant zijn in combinatie met een vergistingsinstallatie met WKK waar warmte beschikbaar is. Gedroogde of gepelletiseerde producten hebben een hoog P-gehalte en de beschikbaarheid van N is te beperkt om interessant te zijn voor gebruik in de Vlaamse landbouw.

Volgende technieken worden wel weerhouden voor verdere evaluatie:

- Scheidingstechnieken (centrifuge, vijzelpers, zeefbocht)
 - Ook al is de centrifuge beter geschikt voor grootschalige toepassingen (>10.000 ton), toch wordt besloten om deze techniek verder te evalueren, gezien het belangrijk aandeel van centrifuges bij mestverwerkingsinstallaties in Vlaanderen, en het aanbod van mobiele centrifuges. De stuurgroep



oordeelde ook dat het testen van de dunne fractie uit de centrifuge interessant is voor onderzoek in veldproeven (Luik 2) omdat deze dunne fractie vandaag meestal in de biologie wordt verwerkt en zo de stikstof voor bemesting verloren gaat.

- Gescheiden stalconstructies
- Mengen van mestsoorten (zowel in (collectieve) opslag als bij het uitrijden)
- Toevoegen van zuren
- Pocketvergisting (op zuiver dierlijke mest)
 - Ook al realiseert deze techniek geen nutriëntenherverdeling (NK:P ratio blijft dezelfde), toch wordt besloten om deze techniek verder te evalueren, gezien het belangrijk aandeel van pocketvergisters in Vlaanderen.
- Boerderijcompostering (zowel mono- als co-)

4 MICRO-SCREENING GESELECTEERDE TECHNIEKEN

Hieronder worden de weerhouden technieken uit de marco-screening in detail besproken.

1. SCHEIDING

1.1 TECHNIEK

Doel van scheiding is het splitsen van ruwe mest/digestaat in een dunne en dikke fractie, ten behoeve van de verdere verwerking en/of afzet. In Vlaanderen voeren veehouders (varken, rund) hun mest meestal als geheel af naar een verwerkingsinstallatie waar het eerst gescheiden wordt in een dikke en dunne fractie: de dunne fractie wordt biologisch verwerkt, de dikke fractie wordt afgevoerd naar een compostering/droging/vergisting. Het bekomen effluent na biologische verwerking kan, indien gewenst, door de landbouwer terug afgenomen worden. De landbouwers betalen een totaalprijs voor de verwerking.

Echter hoeven de gescheiden fracties niet steeds verwerkt te worden, maar is er ook interesse om de dunne fractie en/of dikke fractie op het land uit te rijden. Vooral rundveehouders, die hun eigen mest meestal zelf kunnen uitrijden op eigen land, tonen interesse; dit met de strengere P-normen in het nieuwe MAP5 en de afschaffing van het melkquotum voor ogen.

Kenmerkend bij scheiding is namelijk dat het organische materiaal en het fosfaat zich ophopen in de dikke fractie, en de stikstof (en kalium) voornamelijk in de dunne fractie. Het is namelijk zo dat N deels aan de vaste stof (Norg) bindt en deels oplosbaar (Nmin) is; P_2O_5 bindt grotendeels aan de vaste stof en K_2O is volledig oplosbaar. Na scheiding wordt dus een dunne en dikke fractie bekomen met een hogere NK:P-ratio en respectievelijk een hogere C:P-ratio dan de onbewerkte ingaande dierlijke mest. Daarnaast gaat vooral de interesse uit naar het gebruik van de dikke fractie als alternatief boxstrooisel; zoniet moet deze fractie nog aan een bepaalde kost worden afgezet.

Tot 2012 werd bij mestverwerking gebruik gemaakt van mobiele scheidingsinstallaties in Vlaanderen. Op vandaag hebben alle verwerkers van drijfmest een vaste installatie staan. Echter bij de individuele landbouwer groeit vandaag (2015) opnieuw de interesse voor gebruik van mobiele scheiding, voornamelijk op rundveebedrijven, maar ook op varkensbedrijven.



Scheidingsefficiëntie

Het scheidingsrendement is het procentuele aandeel van een stof die bij scheiding in de dikke fractie terecht komt, ten opzichte van de ingaande hoeveelheid van die stof (verhouding hoeveelheid en concentratie nutriënten in dikke fractie op hoeveelheid en concentratie nutriënten in ruwe mest). Zo garandeert een hoog scheidingsrendement voor fosfaat dat relatief weinig ruwe mest verwerkt hoeft te worden om een gewenste hoeveelheid fosfaat in de vorm van dikke fractie af te kunnen voeren (Schröder, 2009).

Voor een hoog scheidingsrendement is een hoog drogestofgehalte van de mengmest van belang. Bij een hoger drogestofgehalte wordt per kubieke meter ingaande mengmest een grotere hoeveelheid dikke fractie verkregen met een hoger drogestofgehalte. De scheidingsrendementen voor stikstof, fosfaat en kali nemen daarbij eveneens toe. Daarom kan het best verse mest gescheiden worden. Hoe langer de mest opgeslagen is geweest, hoe meer afbraak van organisch materiaal is opgetreden. Hierdoor daalt het drogestofgehalte van de mengmest (Schröder, 2009 en Moller, 2002).

Het scheidingsrendement varieert per type scheider maar is dus ook sterk afhankelijk van de input (type mest, drogestofgehalte, leeftijd mest, afkomstig van onderaan of bovenaan in mestput, ...).

Ook het eventueel gebruik van hulpstoffen kan het scheidingsrendement verbeteren (zie verder). Ondanks het feit dat bepaalde technieken een laag scheidingsrendement halen, kunnen deze toch interessant zijn voor scheiding op bedrijfsniveau.

Bij scheiding wordt over het algemeen ~15% dikke fractie en 85% dunne fractie gevormd. Echter is dit afhankelijk van het type scheider, de afstelling van de scheider, type mest, drogestofgehalte mest, gebruik polymeren, etc.

Chemicaliënverbruik

De afscheiding van nutriënten kan worden verbeterd door het gebruik van vlokmiddelen, namelijk anorganische coagulanten (veelal ijzer- of aluminiumzouten) of organische flocculanten (ook wel polymeren genoemd) (Schröder, 2009).

Bij het gebruik van vlokmiddelen (voorbeelden: poly-electrolyten, FeCl_3 , $\text{Al}_2(\text{SO}_4)$, AlCl_3 , chitosan, polyacrylamides) moet men rekening houden met mogelijke negatieve gevolgen voor de afzetmogelijkheden van de mestproducten (vb. beschikbaarheid van P_2O_5 in de dikke fractie) (WUR, 2014b).

Zo zullen chloriden en sulfaten zich na scheiding hoofdzakelijk in de dunne fractie bevinden. Te hoge chloridegehalten kunnen chloorschade veroorzaken bij de gewassen. Ook bij toevoeging van ijzer (om coagulatie en uitvlokking te bevorderen) zijn verhoogde gehalten waar te nemen in beide fracties, met een opconcentratie in de dikke fractie door volumereductie.

Emulsiëpolymeër wordt niet meer gebruikt, en worden vervangen door poederpolymeër, bv. kationogene polyacrylamides.

Vandaag worden hulpmiddelen vooral gebruikt voor scheiding van digestaat. Gemiddeld wordt 4-20 kg poederpolymeër/ton DS gedoseerd (Bressinck, 2014).

Inputstromen

Organisch materiaal in rundveemengmest bestaat voor een groter deel uit structuurrijk vezelig materiaal terwijl het organisch materiaal in varkensmest veel fijner is. Sommige scheidingsmiddelen zijn ontwikkeld voor scheiding van rundveemengmest, en werken niet goed op varkensmengmest omdat



er te weinig structuurrijk materiaal in zit. Er wordt dan te weinig dikke fractie afgescheiden (Schröder, 2009).

Door een ander rantsoen en verschil in spijsverteringssysteem tussen varkens en koeien is er ook een groot verschil in gemiddelde mineralgehalten tussen verschillende soorten varkensmest (vleesvarkens- en zeugenmest) en rundermest. De stikstof- en fosfaatgehalten van vleesvarkensmest zijn aanzienlijk hoger dan in zeugenmest en in rundermest. Verschillen in de samenstelling van mest hebben een rechtstreeks effect op de samenstellingen van de fracties na scheiding (Schröder, 2009).

Bij scheiding van rundermest dient ook rekening gehouden te worden met de aanwezigheid van zand. Met het rantsoen krijgen koeien in de gangbare veehouderij namelijk veel meer zand binnen dan varkens. Dit zand bezinkt niet of slechts gedeeltelijk in de mestkelder of -opslag. Dat betekent een verhoogd risico op slijtage van de mestscheiders. Dit geldt ook in verhoogde mate wanneer er zand wordt toegepast als strooisel in ligboxstallen (Schröder, 2009).

Regelgeving mobiele scheiding

- Alle landbouwers die gebruik willen maken van een mobiele scheider moeten zich in orde stellen met de milieuvergunningswetgeving (VLAREM). Kleinschalige installaties, mobiel of ingeplant op een veeteeltbedrijf, kunnen onder rubriek 9 ingedeeld worden (in plaats van rubriek 28.3). Dergelijke installaties worden gezien als bijhorende tot de uitbating van het veeteeltbedrijf. De voorwaarden hiervoor zijn dat in de installatie enkel dierlijke mest, geproduceerd op die plaats, be- of verwerkt mag worden, zonder bijmenging van afval;
- Identificatie en mestbankaangifte
Zolang er geen mest van derden wordt verwerkt, moet de landbouwer zich bij de mestbank niet identificeren als be-/verwerker en moet de landbouwer deze mestverwerkingsactiviteit vermelden op zijn mestbankaangifte van het landbouwbedrijf.
- Mesttransportregelgeving blijft van toepassing op de eindproducten na scheiding: transport van dikke fractie naar een be-/verwerker dient bv. door een erkend mestvoerder met mestafzetdocumenten te gebeuren. Gezien de samenstelling van deze producten afhankelijk is van o.a. de efficiëntie van de scheider, zal bovendien een samenstelling (stikstof en fosfaat) op basis van analyse bepaald moeten worden.
- Tijdelijke opslag van dikke fractie moet gebeuren zonder dat er mest kan afspoelen naar de waterlopen.
- De scheider moet grondig gereinigd worden voor gebruik op een volgende installatie (voor sanitaire redenen).

1.1.1 TYPE SCHEIDER

Scheiding kan via verschillende systemen gebeuren. De keuze gebeurt op basis van het gewenste eindproduct, gewenste capaciteit, investerings- en operationele kosten, enz.

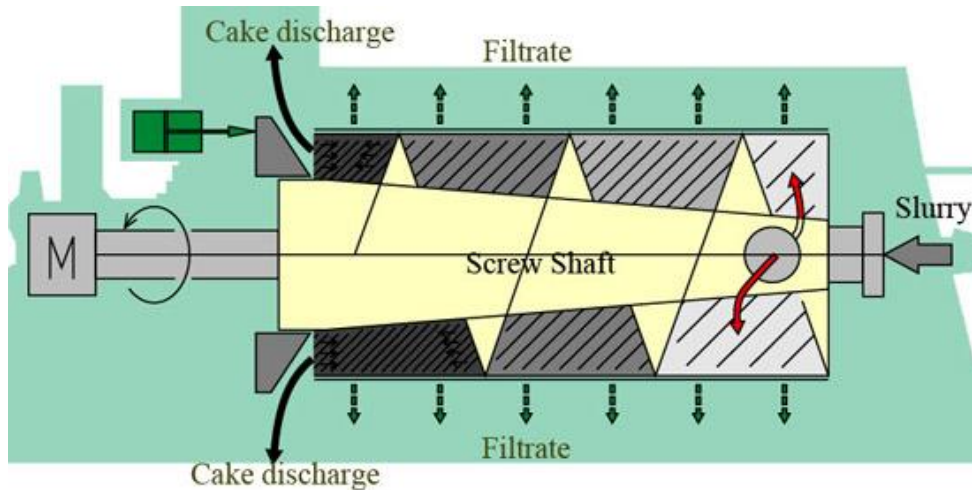
Volgende scheidingssystemen met resulterende eindproducten worden door de stuurgroep van de VLM-onderzoeksopdracht 'Agronomische waarde van bewerkte dierlijke mest', geselecteerd voor een diepgaande evaluatie in dit rapport:

- Vijzelpers
- Zeefbocht
- Centrifuge of decanter

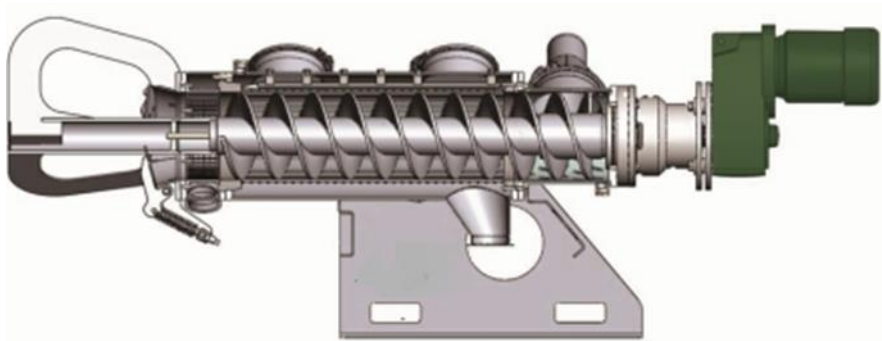


VIJZELPERS

Een vijzelpers (of schroefpers, schroefpersfilter, “screw press”) is een machine waarin een schroef ronddraait binnen een cilindrisch geperforeerde trog met gaatjes van 0,1-1mm (Figuur 1 en Figuur 2). De dunne fractie wordt via deze perforaties van de rest van de mest fysisch gescheiden. Hierbij zorgt de schroef voor een gradueel toenemende druk. De schroef met as perst de dikke fractie in een uitvoerleiding. Het scheidingsresultaat kan gestuurd worden door de tegendruk van de afvoeropening. De scheiding gebeurt dus op basis van deeltjesgrootte (filtratie) (EMIS, 2014).



Figuur 1: Werkingsprincipe vijzelpers (Ishigaki Company)



Figuur 2: Werkingsprincipe vijzelpers (Infarm, 2014)

Inputstromen

Een vijzelpers is ongeschikt voor zeer dunne mestsoorten (<4% DS) (Schröder, 2009). De vijzelpers is minder geschikt voor varkensmest, omdat deze mestsoort te weinig structuur bevat; dit systeem werkt namelijk op deeltjesgrootte.

Ook in digestaat is er minder structuur aanwezig; door het vergistingsproces wordt het organisch materiaal namelijk grotendeels afgebroken waardoor de structuur verloren gaat.

Soms is het wel nodig om het digestaat eerst te scheiden met een vijzelpers, indien het DS-gehalte te hoog is voor de centrifuge (Host, persoonlijke communicatie, 2014).

Vijzelpersen zijn ook gevoelig voor grove delen, zodat een voorafscheider en/of snijrichting noodzakelijk kan zijn (Schröder, 2009).



Capaciteit en kostprijs

Volgens EMIS (2014) zijn typische capaciteiten van vijzelpersen 2–10 m³/u. Andere bronnen geven capaciteiten aan in dezelfde grootte-orde (Tabel 1). De capaciteit is dus eerder laag.

Tabel 1: Kostprijs, debiet en verbruik vijzelpersen

Bron	Invest. kost (€)	Debiet (m ³ /u)	Elektr. verbruik (kWh/m ³)
VCM & STIM, 2004	17.250 – 24.000	4-10	1.5 – 2 kWh/m ³
Moller, 2002			0.6 – 1.2 kWh/m ³
Schröder, 2009	>25.000	4-15	1 kWh/m ³ *
Popovic, 2014	30.000	6-25	0.4 - 1.2 kWh/m ³
WUR, 2014a	30.000		0.2 €/ton

*Het energieverbruik van een mestscheider wordt vaak opgegeven zonder het benodigde verbruik van randapparatuur als mengers, opvoerpompen, transportbanden, compressoren en dergelijke. In de praktijk kan het totale energiegebruik van een mestscheidingssysteem aanzienlijk hoger zijn dan in deze tabel is weergegeven.

Het energiegebruik voor mestscheiding is onder andere afhankelijk van het drogestofgehalte van de te scheiden mengmest.

De techniek is ook toepasbaar op het landbouwbedrijf (zonder aanvoer mest van derden), dit wil zeggen bij capaciteiten <10.000 ton mest op jaarbasis. Dit is dus een laagtechnologische techniek, die op korte termijn en met een relatief lage investering kan uitgevoerd worden op het landbouwbedrijf (Tabel 2).

Tabel 2: Globale kosten per m³ scheiding met vijzelpersen van 5.000 m³ mengmest per jaar (excl. toezicht en extra kosten voor opslag en afzet van de fracties) (Schröder, 2009)

Invest. kost (€)	Elektr. verbruik (kWh/m ³)	Afschrijving (€/m ³)	Onderhoudskosten (€/m ³)	Kosten (€/m ³)
30.000	0.12	0.6	0.3	1.02

Binnen het huidige VLIF-ondersteuningsbeleid is de mestscheider toegevoegd aan de lijst van subsidiabele investeringen (30% steun) (mixer en leidingen aan 15%). De investeringskost moet minimaal 15.000 euro bedragen, en er moet voldaan worden aan de verschillende gestelde voorwaarden (zie <http://lv.vlaanderen.be/nl/subsidies/vlif-steun/vlif-investeringssteun-voor-land-en-tuinbouwers>). De voorziene VLIF-steun voor scheiders kan enkel aangevraagd worden door een landbouwer; loonwerkers kunnen deze steun dus niet aanvragen.

Scheidingsefficiëntie

De prestaties van de vijzelpersen zijn o.a. afhankelijk van de samenstelling van de mest. Voor weergave van de prestatiecijfers wordt dus meestal een range gegeven waarbinnen deze (gemiddeld) ligt (Tabel 3 en Tabel 4).



Tabel 3: Kenmerken vijzelpers

Bron	Capaciteit (m ³ /u)	Rendement (%) (P ₂ O ₅)	DS% dikke fractie
Schröder, 2009	4-15	20-40	25-35
Popovic, 2014	6-25	-	20-25
Carels, 2012	-	-	27-28
Moller, 2002	-	-	13-36
WUR, 2014a	-	30	20

Tabel 4: Scheidingsrendement vijzelpers (EMIS, 2014)

Bron	DS% dikke fractie	% in dikke fractie (ruwe mest: 100%)		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1	25-35	20-30	20-50	20-30
2	28-33	30-40	30-45	
3	30-35	36-42	85	

- 1) *FAN Separator*
- 2) *Bauer S650, uitgaande van ruwe mest met 8% ds, zonder polymeren*
- 3) *BioArmor, vijzelpers met polymeren*

Uit de resultaten van Tabel 3 en Tabel 4 is te zien dat de prestatiecijfers (capaciteit, rendement fosfaat, rendement DS) verschillend zijn per merk van vijzelpers.

Zo is het DS-rendement van de scheider afhankelijk van de lengte van de vijzel, aantal zeven, diameter zeefkooi, enz. Bijvoorbeeld: de GEA X-screw vijzelpers kan een DS% van 25% behalen met een korte vijzel en enkele zeef (filteropening 0.75 mm), en tot >30% DS met een langere vijzel en dubbele zeef (met filteropening 0.55 mm). Deze laatste is dan ook geschikt voor ligboxvulling (dikke fractie) (Danneels Melktechniek, 2015).

Daarnaast is de scheidingsefficiëntie ook afhankelijk van de leeftijd van de mest (zie Tabel 5): hoe ouder de mest, hoe lager de scheidingsefficiëntie.

Tabel 5: Scheidingsefficiëntie vijzelpers (SWEA) (filtratie >1 mm), in functie van leeftijd mest en debiet scheider (Moller, 2002)

Type mest	Opslagd uur	Debiet (l/u)	Electr. verbruik (kWh/ton)	Scheidingsefficiëntie (%)		
				DS	Totaal-P	Totaal-N
Varkensmest	2 w	2594	0.9	27.25	7.12	6.62
Rundveemest	2 w	1868	-	29.94	15.46	7.58
	4 mnd	3456	1.1	13.12	7.97	4
Digestaat	vers	1765	0.6	18.39	10.30	7.36
	vers	3145	1.2	22.98	8.68	6.01

////////////////////////////////////

Het DS-gehalte en de capaciteit kunnen licht aangepast worden (door de landbouwer zelf) door aanspannen van de conische punt van de vijzelpers: hoe meer aangespannen, hoe lager de capaciteit, maar hoe hoger het DS-gehalte.

Naargelang het gewenste eindproduct kan de zeefkooi ook vervangen worden door een zeefkooi met andere diameter – dit moet uiteraard aangekocht worden, en is niet inbegrepen in de initiële aankoopprijs.

Chemicaliënverbruik

Bij dit laagtechnologische scheidingssysteem wordt er minder/geen gebruik gemaakt van polymeren.

Constructeurs en verdelers van vijzelpersen

Oplijsting van enkele constructeurs/verdelers (niet limitatief):

- MAS schroefpersfilter van Smicon (NL): www.smicon.nl - zowel voor stationair als mobiel gebruik.
- Vijzelpers van WEDA Damman & Westerkamp GmbH (DE): <http://www.weda.de/>
- Sepcom schroefpersfilter van WAM-groep (IT) - zowel voor stationair als mobiel gebruik.
- Keydollar mestscheider (verschillende uitvoeringen) (NL): <http://www.keydollar.nl/keydollar-mestscheiders/> - de Keydollar Dry Bed bereikt een DS-% richting 40%, waardoor deze geschikt is voor productie van boxstrooisel
- Systeem Maverko (NL): <http://www.maverko.nl/> - mobiele scheider
- FAN separator (DE): <http://www.fan-separator.de/>
- FiberMaster van Infarm (DK): <http://infarm.dk/produkt/2/fibermaster>
- SWEA vijzelpers (DK): <http://www.swea.dk/GB-separator.html>
- AGM vijzelpers (DK): <http://www.agrometer.dk/en/spare-parts/agriculture/> (zie Figuur 3)



Figuur 3: Vijzelpers (Agrometer, 2014)

- KP Series Presses van Vincent Corporation (US): <http://www.vincentcorp.com/content/new-series-kp-presses> (zie Figuur 4)



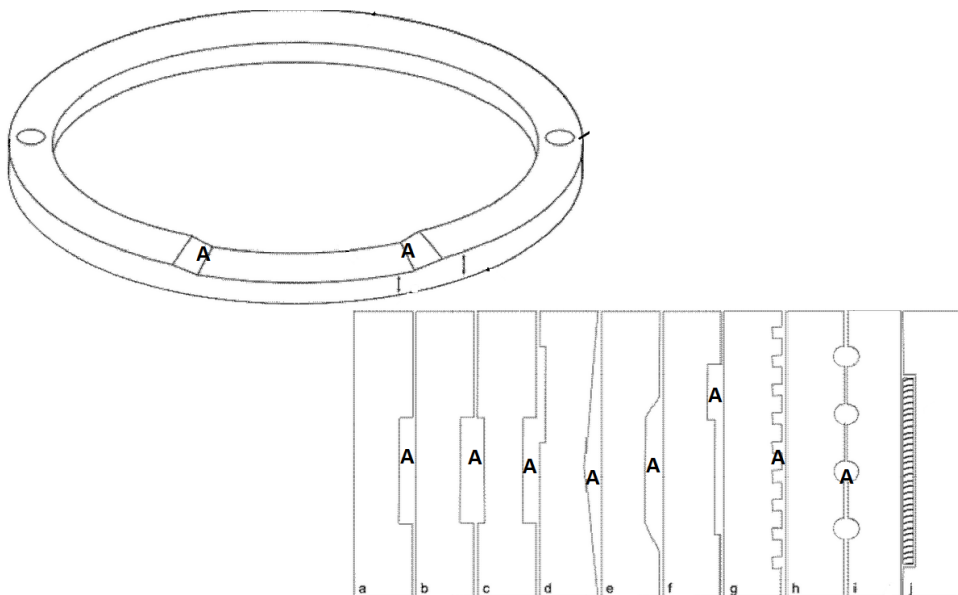
Figuur 4: Vijzelpers (Vincent Corporation, 2014)



- UTS vijzelpers (DE): <http://www.uts-biogas.com/en/technology/separator.html>
- EYS vijzelpers (TR): <http://www.e-y-s.com/en/Screw-Press-Separators> - zowel voor stationair als mobiel gebruik.
- Bauer separator S655/S855 (AT): <http://www.bauer-at.com/>
- GEA X-Screw: <http://www.gea-farmtechnologies.com/hq/en/bu/farm-equipment/manure-management/Manure-Treatment/xscrew/> - voor scheiding van rundveemest (75-300 melkkoeien → 1-3 m³/u) (Danneels Melktechniek, 2015)
- Doda vijzelpers (NL): http://www.doda.com/separator_coclea.htm - DS% 30-35%. (Brochure DODA, SIM Holland).
- Low Nutrient Press scheider (constructie Marc Bollaert) (BE)

VARIANT– LNP scheider

Een Vlaamse varkenshouder heeft in 2014 een variant op de conventionele vijzelpers ontwikkeld – de Low Nutriënt Press (LNP). In plaats van een zeefkooi wordt gebruik gemaakt van een bepaald aantal schijven, afhankelijk van de gewenste capaciteit, die via een hydraulische druk tegen elkaar worden geperst. De zeefopening is zeer belangrijk voor het scheidingsrendement en wordt bepaald door de freesdiepte in de verschillende schijven (zie A - Figuur 5). De fijnste zeven van de vijzelpersen die momenteel op de markt zijn, hebben een doorlaat van 0.15 mm, bij de LNP kan de kleinste zeefopening in theorie 0.02 mm zijn. Door de zeven rug aan rug te plaatsen, is het mogelijk om met dezelfde zeefschijven een doorlaatopening te realiseren die dubbel zo groot is als de freesdiepte. Dit laat toe om met eenzelfde scheider zowel varkensmest als rundveemest te scheiden (gemengde bedrijven).



Figuur 5: LNP-scheidingsstelsel (A: freesdiepte) (bron: patent Manure separator EP 2759188 A1)

Wanneer de openingen tussen de schijven verzadigd zijn met vaste deeltjes, kunnen deze gemakkelijk gedemonteerd worden. Daarbovenop zal de bundel zeefschijven minder storingsgevoelig (bijvoorbeeld aan stenen) en veel sterker en robuuster zijn dan de gevoelige zeefkooi van een klassieke vijzelpers.

Wanneer een beter scheidingsrendement gevraagd wordt, kunnen de metalen ringen voorzien worden van een ronde gefreesde groef. Hierin kan een water doorlaatbare koord gelegd worden om nog meer organische deeltjes tegen te houden.

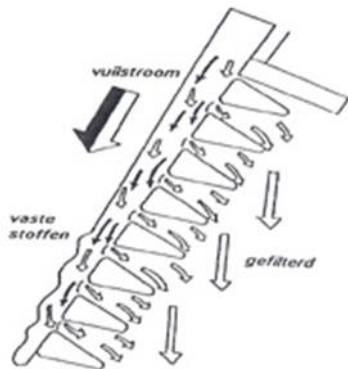


Dit is dus een modulair systeem, die eenvoudig aan de gewenste capaciteit en gewenst eindproduct kan worden gewijzigd (aantal schijven, freesdiepte).

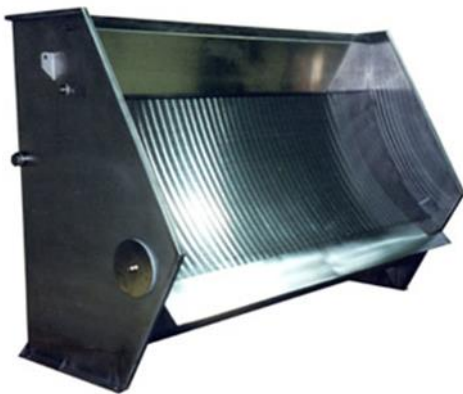
De techniek moet verder geoptimaliseerd worden voor toepassing in de praktijk. De varkenshouder in kwestie heeft de ontwikkelingen hier rond stopgezet door gebrek aan financiering.

ZEEFBOCHT

Een zeefbocht ("sieve bend", "curved sieve", "curved screen") is een zeefstelsel zonder mechanisch bewegende onderdelen. De ruwe mest wordt gelijkmatig verdeeld over het zeefoppervlak. De vaste deeltjes kunnen niet door het zeefdek (filter) stromen en glijden via het gebogen oppervlak van de zeef af naar een verzamelpunt (zie Figuur 6 en Figuur 7). De vloeistof wordt via de openingen in het zeefdek onttrokken aan de ruwe mest, en wordt via een pomp afgevoerd. De scheiding gebeurt dus ook op basis van deeltjesgrootte (filtratie).



Figuur 6: Werkingsprincipe zeefbocht (Filtermat Filters, 2014)



Figuur 7: Zeefbocht (LennTech, 2014)

Inputstromen

De zeefbocht werkt niet goed op varkensmengmest, omdat er te weinig structuurrijk materiaal in zit (systeem werkt op deeltjesgrootte). Er wordt dan te weinig dikke fractie afgescheiden (Schröder, 2009). Scheiding op varkensmest wordt wel toegepast als voorscheiding op centrifuge (zie verder). Bij producten met hoge viscositeit treden verstoppingen op.

Capaciteit en kostprijs

De capaciteit is afhankelijk van de vuillast van de inputstroom en van de gekozen filtermaat (Smicon, 2014). In Tabel 6 en Tabel 7 worden de globale kenmerken en kosten van de zeefbocht weergegeven.



Tabel 6: Kenmerken zeefbocht

Bron	Invest. kost (€)	Capaciteit (m ³ /u)	Elektr. verbruik (KWh/m ³)	Rendement (%) (P)	DS% DIF
Evers <i>et al.</i> , 2010	10.000-30.000	10-20	0.2	<30	<25
EMIS, 2014	34.000	-	-	-	25

Tabel 7: Globale kosten per m³ van scheiding met zeefbocht van 5.000 m³ mengmest per jaar (excl. toezicht en extra kosten voor opslag en afzet van de fracties) (Schröder, 2009)

Invest. kost (€)	Elektr. verbruik (kWh/m ³)	Afschrijving (€/m ³)	Onderhoudskosten (€/m ³)	Kosten (€/m ³)
25.000	0.06	0.5	0.25	0.81

Scheidingsefficiëntie

De zeefbocht heeft een zeer laag scheidingsrendement voor P₂O₅. Resultaten over de samenstelling van de dikke en dunne fractie na scheiding met zeefbocht zijn beperkt (Tabel 8).

Tabel 8: Scheidingsrendement zeefbocht (voorbehandeling met anaërobe bacteriën) (EMIS, 2014)

% DS van dikke fractie	% in dikke fractie (ruwe mest: 100%)		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
25	3.6	-	-

Chemicaliënverbruik

Bij dit laagtechnologisch scheidingssysteem wordt er geen gebruik gemaakt van polymeren. De techniek op zich zorgt niet voor ongewenste stoffen (EMIS, 2014).

Constructeurs & verdelers

In Vlaanderen wordt de zeefbocht gebruikt voor de scheiding van heel dunne mest (vb zeugenmest) waarbij met een centrifuge weinig of geen afscheiding gebeurt wegens een te laag DS%. Het afgezeefd materiaal wordt terug bij de ruwe mest gevoegd voor scheiding met een centrifuge samen met dikkere (vlees)varkensmest (mondelinge info Trevi).

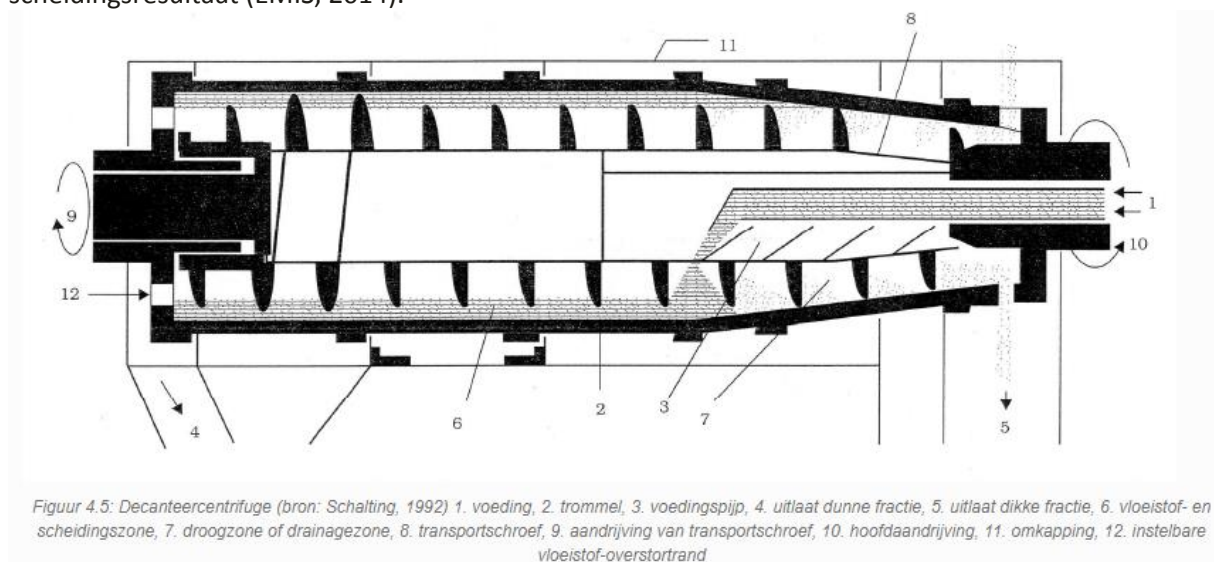
Oplijsting van enkele constructeurs/verdelers (niet limitatief):

- BDI Screens (US): <http://www.bdiscreens.com/sievescreens.htm>
- GEA farm technologies (DE): file:///C:/Users/emsw/Downloads/FARM_EQUIPMENT_LowRes_GB_1_F39_400777_tcm55-89083.pdf
- Hendrick screen co. (US): <http://www.hendrickscreenco.com/assets/docs/sbapps.pdf>
- Trevi zeefbocht (BE). <http://www.trevi-env.com/nl/index.php> - *eigen concept*

CENTRIFUGE

Een centrifuge (ook wel decanter genaamd) bestaat uit een dichte trommel welke ronddraait. Vanwege de middelpuntvliedende kracht worden de zware delen, niet-opgeloste delen naar de buitenkant van de trommel geslingerd. In de trommel bevindt zich een schroef die deze delen afvoert. De scheiding gebeurt dus op basis van de soortelijke massa van de deeltjes (zie Figuur 8).

De kern van een decanteercentrifuge bestaat uit een dichte trommel, met daarin een schroef. Door de trommel een zeer hoge rotatiesnelheid te geven ontstaat er een G-kracht. De eigenlijke werking van de centrifuge berust op het feit dat de axiaal binnengebrachte meststroom een centrifugale kracht zal ondervinden omwille van de draaisnelheid van de trommel. Deze kracht zorgt ervoor dat de mestdeeltjes met een dichtheid hoger dan deze van de mestvloestof naar de wand van de trommel gedreven worden. Deze geforceerde sedimentatie grijpt voornamelijk plaats in het eerste, cilindrische deel van de trommel. De relatieve snelheid van de schroef zorgt er vervolgens voor dat het gesedimenteerde materiaal getransporteerd wordt naar de achterste conische sectie van de trommel. Hier wordt het sediment als het ware uit de vloestoflaag getild en verder ingedikt onder invloed van de blijvende centrifugale kracht. Op het einde van de conische sectie wordt het sediment tenslotte afgevoerd. Het centrifugaat, ook wel centraat genoemd, wordt bij het begin van het cilindrisch gedeelte afgevoerd via openingen die regelbaar zijn, waardoor de hoogte van de vloestoflaag in de trommel kan geregeld worden. Bij centrifuges zijn druk en toerental van belang voor het scheidingsresultaat (EMIS, 2014).



Figuur 8: Werkingsprincipe centrifuge (bron: EMIS, 2014)

Inputstromen

Centrifuges zijn geschikt voor scheiding van zowel varkens- als rundermest (Schröder, 2009).

Uit het onderzoek van Verlinden (2005) bleek dat er slechts een beperkte (negatieve) relatie bestond tussen de stikstofscheidingsefficiëntie en het droge stofgehalte van de mest. Met andere woorden, in min of meerdere mate geldt dat de scheiding efficiënter verloopt voor stikstof indien de ruwe mest een hoger droge stofgehalte heeft. De fosfaatscheidingsefficiëntie kon met geen enkele gemeten parameter in verband gebracht worden.

Centrifuges zijn gevoeliger voor slijtage door zand dan de andere types scheiders (Schröder, 2009). Centrifuges zijn ook gevoelig voor grove delen, zodat een voorafscheider en/of snijinrichting noodzakelijk is.



De prestaties van de centrifuge zijn afhankelijk van de chemische samenstelling van de mest (input). Voor weergave van de prestatiecijfers wordt dus meestal een range gegeven waarbinnen deze (gemiddeld) ligt (Tabel 9).

Tabel 9: Kenmerken centrifuge (Evers *et al.*, 2010)

Rendement (P)	DS% DIF
60-70%*	25-30%

*Scheidingsrendement zonder gebruik hulpstoffen

Centrifuges zijn ook geschikt voor scheiding van digestaat. Voor het scheidingsrendement moet wel rekening gehouden worden met de variabele samenstelling (input vergister, mesofiel/thermofiel, structuurgehalte). Zonder toevoeging van polymeren zijn de slecht bezinkbare deeltjes (vaste deeltjes, zouten) niet/moeilijk afscheidbaar (mondelinge info GEA Westfalia, 2015).

Capaciteit en kostprijs

Volgens EMIS (2014) zijn typische capaciteiten van centrifuges 8-30 m³/u; Andere bronnen vermelden capaciteiten tot 100 m³/u. Zowel investeringskost als de onderhoudskost is veel hoger dan bij de vijzelpers. Dit systeem lijkt dus minder geschikt voor toepassing op een individueel landbouwbedrijf (zonder externe mestaanvoer).

Tabel 10: Kostprijs en verbruik centrifuge

Bron	Invest. kost (€)	Debiet (m ³ /u)	Elektr. verbruik	Kosten (€/m ³)
VCM & STIM, 2004	150.000-215.000	7-31	2-2.5 kWh/m ³	
Schröder, 2009	>100.000	4-100	4 kWh/m ³ *	
WUR, 2014	100.000		0.8 €/ton	
Evers <i>et al.</i> , 2010	>100.000	4-100	2.5 kWh/m ³	3.30

*Het energieverbruik van een mestscheider wordt vaak opgegeven zonder het benodigde verbruik van randapparatuur als mengers, opvoerpompen, transportbanden, compressoren en dergelijke. In de praktijk kan het totale energiegebruik van een mestscheidingssysteem aanzienlijk hoger zijn dan in deze tabel is weergegeven.

Tabel 11: Globale kosten per m³ van scheiding met centrifuge van 5.000 m³ mengmest per jaar (exclusief toezicht en extra kosten voor opslag en afzet van de fracties) (Schröder, 2009)

Invest. kost (€)	Elektriciteitsverbruik (kWh/m ³)	Afschrijving (€/m ³)	Onderhoudskosten (€/m ³)	Kosten (€/m ³)
100.000	0.48	2	1	3.48

Scheidingsefficiëntie

Het scheidingsrendement van de centrifuge is hoog. De centrifuge heeft een veel betere efficiëntie dan de vijzelpers, vooral wat betreft de fosfaatverwijdering naar de dikke fractie. Bij de centrifugatie worden toerentallen tot 4000 rpm bereikt. Dit laat toe relatief kleine mestdeeltjes (> 0.02 mm) en een groot deel van de fosfaat af te scheiden, maar vereist een hoge kwaliteit bij de constructie van de centrifuge, en vraagt een hogere kost.



In Tabel 12 wordt de scheidingsefficiëntie van een Alfa Laval centrifuge weergegeven.

Tabel 12: Scheidingsefficiëntie centrifuge (Alfa Laval) (Moller, 2002)

Type mest	Opslag	Debiet (l/u)	Energievraag (kWh/ton)	Scheidingsefficiëntie (%)			
				DS	Ptot	Ntot	COD*
varkensmest	2 w	750	6.01	60.48	62.28	29.32	37.23
	1 mnd	1189	4.32	48.28	60.43	18.59	/
	21 d	1036	4.6	62.1	63.56	20.08	/
	28 d	709	6.3	32.77	65.89	13.12	/
rundveemest	2 w	983	5.1	65.17	82	49.12	59.09
	1 mnd	1189	4.3	59	77.8	31.66	/
	4 mnd	1050	7.3	55.02	78.74	26.99	/
digestaat	Vers	869	5.61	68.55	90.95	24.21	48.82
	Vers	/	5	65.07	64.21	31.01	/
	Vers	2000	2.5	59.7	83.33	25.35	/
	Vers	1433	3.1	53.5	52.35	23.69	/

*COD = chemical oxygen demand of chemische zuurstofvraag (CZV)

Opnieuw is te zien dat de scheidingsefficiëntie gerelateerd is aan de ouderdom van de mest, en het aandeel droge stof in de mest (verschillende efficiënties bij verschillende mesttypes).

Ook in Tabel 13 en Tabel 14 wordt het scheidingsrendement van de centrifuge weergegeven.

Tabel 13: Scheidingsefficiëntie (%) van de centrifuge (percentages van de parameters aanwezig in de dikke fractie) (Verlinden, 2005)

Centrifuge	
n	72
DS (%)	53
OS (%)	60
N total (%)	20
N min (%)	13
P ₂ O ₅ (%)	76
K ₂ O (%)	4
Na ₂ O (%)	4
CaO (%)	69
MgO (%)	88

n = aantal stalen



Tabel 14: Scheidingsrendement centrifuge

Bron		% DS van dikke fractie	% in dikke fractie (ruwe mest: 100%)		
			N	P ₂ O ₅	K ₂ O
EMIS, 2014	*	35	34	70	17
	**	30	33	75	
	***	30	34	80	
WUR, 2014a			25	65	

* Alfa Laval, debiet van 0,965 m³/h en 2.520 t/min

** Westfalia

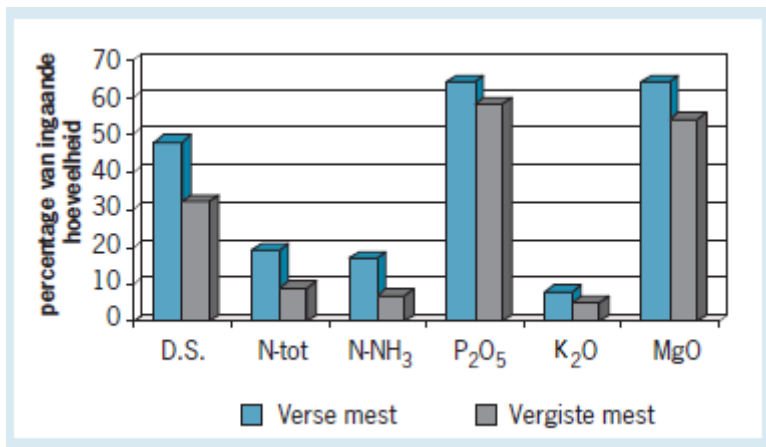
*** Pieralisi, uitgaande van ruwe mest met 8,7% ds, zonder polymeren

In de studie van Hjorth et al. (2010) wordt, op basis van verschillende literatuurbronnen, een gemiddelde scheidingsefficiëntie van 61% DS, 28% N-totaal en 71% P-totaal aangegeven (scheiding varkens- en rundermest).

Verschiedende bronnen geven dus verschillende efficiënties aan, afhankelijk van het type mest, ouderdom mest, type centrifuge, etc.

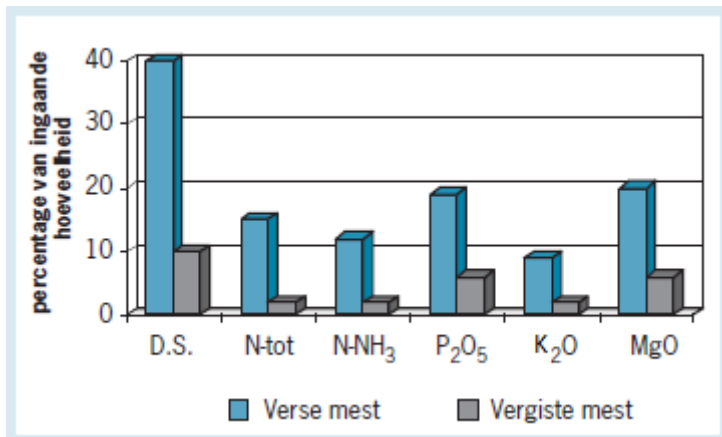
Vergelijking efficiëntie centrifuge en vijzelpers

Bij scheiding met centrifuge is het scheidings-% voor totaal-P hoger dan voor DS, terwijl bij scheiding met een vijzelpers het scheidings-% voor DS hoger is dan voor totaal-P (zowel voor mest als digestaat). Een vijzelpers is dus voornamelijk geschikt voor het verkrijgen van een hoog DS-gehalte, i.p.v. een hoge afscheiding van nutriënten (zie Figuur 10: Scheidingsrendement voor DS en mineralen van de vijzelpers bij scheiding verse varkensmest en vergiste varkensmest (de Buisonjé & Smolders, 2002)Figuur 9 en Figuur 10).



Figuur 9: Scheidingsrendement voor DS en mineralen van de centrifuge bij scheiding verse varkensmest en vergiste varkensmest (de Buisonjé & Smolders, 2002)





Figuur 10: Scheidingsrendement voor DS en mineralen van de vijzelpers bij scheiding verse varkensmengmest en vergiste varkensmengmest (de Buisonjé & Smolders, 2002)

Uit Figuur 9 en Figuur 10 blijkt ook dat het scheidingsrendement van digestaat bij een vijzelpers een factor 3 tot 4 lager dan van verse mest. Het scheidingsrendement van de centrifuge bij scheiding digestaat ligt aanzienlijk hoger dan dat van een vijzelpers.

Chemicaliënverbruik

De toepassing van hulpstoffen voor een beter scheidingsrendement is niet noodzakelijk, maar is wel een optie bij centrifuges (Schröder, 2009). Deze hogere scheidingsgraad gaat wel gepaard met een nattere koek (VCM & STIM, 2004). De eventuele toepassing van hulpstoffen werkt ook sterk kostenverhogend (Schröder, 2009). Dit wordt vooral toegediend bij scheiding van digestaat.

Constructeurs & verdelers

Oplijsting van enkele constructeurs/verdelers (niet limitatief):

- Westfalia Separator van GEA Westfalia (DE): <http://www.westfalia-separator.com/>
 - *Scheidingsrendement: 40% N en 70% P₂O₅. Chemicaliën zijn niet nodig, en er is geen filtratiesysteem, dus verstoppingen zijn niet mogelijk. Deze centrifuge kan ook op een mobiele unit gebouwd worden.*
 - *Geschikt voor scheiding digestaat: indien een doorgedreven scheiding gewenst is (tot 90-95% rendement), kan gekozen worden voor een 2-stapsscheiding – in de 2^{de} stap worden chemicaliën toegevoegd voor afscheiding van de slecht bezinkbare deeltjes.*
- Alfa Laval (S): <http://www.alfalaval.com/>
- Peralisi (IT): <http://www.pieralisi.com/>
- Haus (TR): <http://www.haus.com.tr/hausen/urunler.php?group=1&id=2>
- Deca Press DP van Hiller (GE): <http://www.hillerzentri.de> + <http://hiller-us.com/animal-waste-processing.php>:
 - *Deze centrifuge is geschikt voor scheiding van verschillende inputstromen (melkvee, rund, varken, pluimveemest, digestaat, enz.). Polymeren of andere additieven zijn niet nodig, maar kunnen wel gebruikt worden als een hoog scheidingsrendement van vaste stof is gewenst (> 90%). De gescheiden dikke fractie bevat tot 32% DS. De centrifuge verwijderd tot 90% vaste stof zonder gebruik van additieven, en tot 98% bij gebruik van additieven. Scheidingsrendement: 25% N en 50% P bij scheiding van minimaal 70% vaste stof.*

- DeLaval manure separator MAS910 van DeLaval (S): www.delaval.com (
-
-

- Figuur 11)



Figuur 11: Centrifuge (Delaval, 2014)

1.2 SAMENSTELLING EINDPRODUCTEN

VIJZELPERS

In Tabel 15 en Tabel 16 is de samenstelling van de verschillende fracties (ruw, dik, dun) na scheiding met vijzelpers weergegeven.

De resultaten van de dikke fractie en dunne fractie uit Tabel 15 zijn respectievelijk afkomstig van 12 stalen en 6 stalen.

Tabel 15: Samenstelling dikke en dunne fractie varkensmest na scheiding vijzelpers (VCM & STIM, 2004)

	Dif (12 stalen)	Duf (6 stalen)
DS (g/l)	266,40	58,59
OS (g/l)	223,10	32,10
P ₂ O ₅ (g/l)	5,93	3,47
N tot. (g/l)	10,7	7,39
N min (g/l)	5,71	4,75
K ₂ O (g/l)	5,68	6,21
Na ₂ O (g/l)	5,68	1,51
CaO (g/l)	7,35	2,62
MgO (g/l)	3,12	1,70

Voor de analyse van de ruwe mest in Tabel 16 worden 3 tot 6 stalen genomen; voor de dikke en dunne fractie worden 5 representatieve stalen genomen.

Tabel 16: Eindproducten vijzelpers (SWEA) (filtratie >1mm) (Moller, 2002)

Type mest	DS (g/l)	Ptot (g/l)	Ntot (g/l)	COD (g/l)*
-----------	----------	------------	------------	------------

////////////////////////////////////

	ruw	dif	duf	ruw	dif	duf	ruw	dif	duf	ruw	dif	duf
Varkensmest - vers staal, 2 weken in mestkelder	53.2	344.4	42.5	1.26	2.13	1.23	4.2	6.61	5.00	45.96	/	/
Rundveemest												
vers staal, 2 weken in kelder	63.7	364.7	46.3	0.69	2.04	0.63	2.5	6.09	3.8	42.47	/	/
16 weken in opslagtank	44.9	249.7	40.3	0.48	1.62	0.47	2.59	4.39	2.7	38.54	/	/
Digestaat												
Varkensmest + 25% afval, thermofiel	56.2	268.4	52.3	0.89	2.38	1.17	4.2	6.31	3.8	45.93	75.06	/
Rundermest + 25% ander afval, thermofiel	37.4	298.4	29.5	0.78	2.35	0.67	3.3	6.89	3.09	/	98.06	28.56

*COD = chemical oxygen demand of chemische zuurstofvraag (CZV)

De dikke fractie (dif) bij scheiding met vijzelpers bereikt 4.77-6.47, 1.69-3.38 en 1.5-2.08 keer hogere concentraties voor DS, totaal-P en totaal-N resp. dan de concentraties in de ruwe mest. Dit bevestigt dat de vijzelpers voornamelijk efficiënt is voor verwijdering van de droge stof (Moller, 2002).

In Tabel 17 wordt de prestatie van 2 verschillende modellen van een EYS vijzelpers weergegeven. Het aantal stalen waarop deze analyses gebaseerd zijn, zijn niet gekend.

Tabel 17: Samenstelling fracties varkens- en rundermest na scheiding met EYS vijzelpers model SP 600 en SP400 (Carels, 2012)

Type mest	Type scheider	Ntot (g/kg)	Ptot (g/kg)	DS (g/kg)	OS (g/kg)	C/N
Varkensmest						
Gem. ruwe mest	Model SP 600	6.29	4.3	66.7 (6.67%)	54	5
Gem. dikke fractie		8.6	7.1	284 (28.4%)	243	16.6
Gem. dunne fractie		5.08	3.9	62.3	37.7	4.3
Rundermest						
Gem. ruwe mest	Model SP 600	6.4	3.6	90 (9%)	55	5
Gem. dikke fractie		8	6.5	267 (26.7%)	230	16.6
Gem. dunne fractie		3.9	3.4	54.4	25	3.7
Gem. ruwe mest	Model SP 400	5.29	3.3	66.7 (6.67%)	45.8	5

Gem. dikke fractie		8.4	6.9	280 (28%)	240	16.6
Gem. dunne fractie		3.9	3.2	55.3	27	4

ZEEFBOCHT

Een zeefbocht geeft een zeer onzuivere dunne fractie (Schröder, 2009).

Cijfers over de samenstelling van de eindproducten bij scheiding van mest met een zeefbocht zijn niet beschikbaar.

Afhankelijk van het type mest kan worden gesteld dat het afgezeefd materiaal ongeveer met 100% wordt ingedikt. Als de mest dus 5% DS heeft, zal de ingedikte mest ongeveer 10% DS bevatten. Scheidingsrendementen zijn sterk afhankelijk van het type mest maar naar verwachting zit ongeveer 60-70% van de fosfor in het afgezeefd materiaal. Dit type scheiding wordt ook enkel gebruikt bij mest met een laag DS gehalte die dus ook een laag P gehalte heeft. Afscheiding van stikstof is in deze weinig relevant (mondelinge info Trevi).

CENTRIFUGE

In Tabel 18 worden de parameters weergegeven van ruwe, dikke fractie en dunne fractie mest, verkregen na scheiding met een GEA Westfalia centrifuge, dit per type mestsoort. Het aantal stalen waarop deze analyses gebaseerd zijn, zijn niet gekend.

Tabel 18: Samenstelling fracties na scheiding met centrifuge (GEA Westfalia Belgium)

Type mest		DS (%)	OS (%)	N _{tot} (kg/ton)	P ₂ O ₅ (kg/ton)	K ₂ O (kg/ton)
Zeugen- en biggenmest	Ruwe mest	5-7	3.5-5.5	4.2	3	4.3
	Dunne fractie	<2.5	31 (12.7 kg/ton)	3.7 (75%)	1.4 (40%)	4.8 (95%)
	Dikke fractie	>27	69 (168.9 kg/ton)	7.3 (25%)	12.6 (60%)	1.5 (5%)
Varkensmest	Ruwe mest	8-10	5-7	7.2	4.2	7.2
	Dunne fractie	<2.5	21.9 (31%)	5.5 (65%)	1.2 (25%)	7.2 (85%)
	Dikke fractie	>30	267 (69%)	16.8 (35%)	21.0 (75%)	7.2 (15%)
Rundermest	Ruwe mest	7-10	5.5-8	4.4	1.6	6.2
	Dunne fractie	<3.5	27 (20.8 kg/ton)	3.2 (60%)	0.6 (30%)	5.6 (75%)
	Dikke fractie	>30	73 (274.8 kg/ton)	10.4 (40%)	6.6 (70%)	9.1 (25%)

////////////////////////////////////

In Tabel 18 en Tabel 19 is te zien dat via scheiding met centrifuge een dunne fractie met hogere C/P en hogere NK/P, en een dikke fractie met gelijkaardige C/P en lagere NK/P wordt bekomen. Ook wordt een vrij zuivere dunne fractie (weinig DS) verkregen (Schröder, 2009).

In Tabel 19, Tabel 20 en Tabel 21 worden de parameters van ruwe, dikke fractie en dunne fractie mestvarkensmengmest bij scheiding met verschillende centrifuges met elkaar vergeleken (2x Westfalia, 2x Pialalisi, 1x Alfa Laval). Per fractie (ruw, dik, dun) werd op 3 verschillende tijdstippen een staal genomen.

Tabel 19: Gehaltes in ruwe mestvarkensmengmest (Verlinden, 2005)

Parameter	Westfalia	Westfalia	Pialalisi	Pialalisi	Alfa Laval
pH	8.1	7.7	7.9	8.2	8.1
DS (kg/1000l)	55.02	67.57	118.6	117.3	109.09
OS (kg/1000l)	33.06	46.56	84.99	81.96	74.4
Totaal-N (kg/1000l)	7.2	8.54	10.63	12.4	11.87
Mineraal-N (kg/1000l)	4.55	6.01	6.44	10.03	8.51
P ₂ O ₅ (kg/1000l)	2.64	3.07	5.44	4.35	4.32
K ₂ O (kg/1000l)	4.85	5.06	6.57	8.1	7.57
Na ₂ O (kg/1000l)	1.1	1.28	1.32	1.42	1.64
CaO (kg/1000l)	2.38	1.62	4.28	3.54	4.01
MgO (kg/1000l)	1.1	1.52	3.04	2.13	2.23
Cl (kg/1000l)	1.45	2.31	3.96	0.6	4.09
S (kg/1000l)	0.65	0.36	0.92	1.57	0.97
Zout (mg/100g)	-	-	-	3040	-
EC (mS/cm)	33	57.2	29.8	-	38.6
As (mg/kg DS)	<5	-	-	-	-
Cd (mg/kg DS)	0.95	-	-	-	-
Cr (mg/kg DS)	15.3	-	-	-	-
Cu (mg/kg DS)	377.5	-	-	-	-
Ni (mg/kg DS)	15.3	-	-	-	-
Pb (mg/kg DS)	<5	-	-	-	-
Zn (mg/kg DS)	783.4	-	-	-	-
Hg (mg/kg DS)	<0.1	-	-	-	-

Tabel 20: Gehaltes na scheiding in dunne fractie (Verlinden, 2005)

Parameter	Westfalia	Westfalia	Pialalisi	Pialalisi	Alfa Laval
-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	------------



pH	8.1	8	8.2	8.2	8.2
DS (kg/1000l)	29.93	32.58	36.87	54.03	52.79
OS (kg/1000l)	16.32	19.26	23.23	33.06	30.76
Totaal-N (kg/1000l)	6.57	6.81	6.12	10.04	9.22
Mineraal-N (kg/1000l)	4.27	5.28	3.8	8.23	6.8
P₂O₅ (kg/1000l)	0.77	0.63	0.57	1.2	1.32
K₂O (kg/1000l)	4.9	5.05	5.17	7.14	7.41
Na₂O (kg/1000l)	1.12	1.27	1.08	1.31	1.62
CaO (kg/1000l)	0.6	0.66	0.94	0.95	1.62
MgO (kg/1000l)	0.15	0.15	0.22	0.33	0.44
Cl (kg/1000l)	1.6	2.31	3.07	4.14	2.92
S (kg/1000l)	0.51	0.36	0.48	0.82	0.7
EC (mS/cm)	37.1	57.2	31.1	92.7	47.0
As (mg/kg DS)	<5	-	-	-	-
Cd (mg/kg DS)	1.21	-	-	-	-
Cr (mg/kg DS)	12.2	-	-	-	-
Cu (mg/kg DS)	647.6	-	-	-	-
Ni (mg/kg DS)	23.6	-	-	-	-
Pb (mg/kg DS)	<5	-	-	-	-
Zn (mg/kg DS)	860.2	-	-	-	-
Hg (mg/kg DS)	<0.1	-	-	-	-

Tabel 21: Gehaltes na scheiding in dikke fractie (Verlinden, 2005)

Parameter	Westfalia	Westfalia	Pieralisi	Pieralisi	Alfa Laval
pH	7.7	7.3	7.5	7.6	7.7
DS (kg/1000l)	284	283.8	290.9	265.4	246.3
OS (kg/1000l)	206.8	217.8	213.6	206	180.1
Totaal-N (kg/1000l)	11.99	15.95	12.14	16.36	13.62
Mineraal-N (kg/1000l)	7.49	9.39	6.42	9.92	7.96
P₂O₅ (kg/1000l)	18.1	15.77	16.81	12.01	14.12
K₂O (kg/1000l)	5.45	4.93	5.82	7.08	7.63
Na₂O (kg/1000l)	1.17	1.2	1.12	1.24	1.57

////////////////////////////////////

CaO (kg/1000l)	13.89	7.23	11.2	8.88	12.09
MgO (kg/1000l)	9.9	9	9.79	7.04	7.68
Cl (kg/1000l)	0.32	0.55	0.69	0.6	0.88
S (kg/1000l)	1.83	1.3	1.62	1.57	1.21
Zout (mg/100g)	2180	1240	1210	3040	1590
As (mg/kg DS)	<5	-	-	-	-
Cd (mg/kg DS)	0.97	-	-	-	-
Cr (mg/kg DS)	18.5	-	-	-	-
Cu (mg/kg DS)	260.3	-	-	-	-
Ni (mg/kg DS)	12.7	-	-	-	-
Pb (mg/kg DS)	<5	-	-	-	-
Zn (mg/kg DS)	677.7	-	-	-	-
Hg (mg/kg DS)	<0.1	-	-	-	-

Het proces van het scheiden van de ruwe mest heeft in de dunne fractie vooral een verlagend effect op het fosfaat-, calcium- en magnesiumgehalte, in mindere mate op het stikstofgehalte en praktisch geen effect op het kalium- en natriumgehalte.

De resultaten van de Westfalia centrifuge doen vermoeden dat de zware metalen bij een gewone fysieke scheiding in de dunne fractie achterblijven (gemiddelde koper- en zinkgehalten) (Tabel 20).

De droge stof en de organische stof die nog overblijft in de dunne fractie na scheiding met een centrifuge varieert respectievelijk van 31 tot 54% en van 27 tot 49%. Van de oorspronkelijk aanwezige fosfaat blijft na scheiding nog 10 tot 31 % in de dunne fractie achter. Het grootste deel van de fosfaat wordt met andere woorden afgevoerd naar de dikke fractie. Dit geldt in vergelijkbare mate ook voor calcium en zelfs nog sterker voor magnesium.

Stikstof wordt slechts in beperkte mate uit de vloeibare fase verwijderd door de centrifuges. Van dit element wordt nog 58 tot 91% teruggevonden in de dunne fractie. Zwavel wordt met ongeveer dezelfde efficiëntie verwijderd dan stikstof. Kalium, natrium en chloriden zijn voornamelijk in de opgeloste fase aanwezig en worden na scheiding dan ook grotendeels teruggevonden in de dunne fractie.

In Tabel 22 worden de parameters weergegeven van ruwe, dikke fractie en dunne fractie mest na scheiding met een Alfa Laval centrifuge, dit per type mestsoort.

Tabel 22: Eindproducten centrifuge (Alfa Laval) (Moller, 2002)

Type mest	Opslag- duur	DS (g/l)			Ptot (g/l)			Ntot (g/l)			COD (g/l)*		
		ruw	dif	duf	ruw	dif	duf	ruw	dif	duf	ruw	dif	duf
Varken	2w	53.2	245.6	27.7	1.26	5.99	0.43	4.2	9.4	4.91	45.96	130.62	31.33



Runder	1mnd	47.9	279.3	28.4	1.14	8.32	0.40	4.4	9.88	4.6	57.80	191.26	46.69
	21d	17.1	187.3	13.9	0.38	4.26	0.24	2.2	7.79	2.2	/	/	/
	28d	25.5	178.2	17.5	0.62	8.71	0.17	3.9	10.91	3.4	/	/	/
	2w	63.7	199.1	30.2	0.69	2.71	0.21	2.5	5.89	2.8	42.47	105.65	25.68
	1mnd	54.8	207.8	27.5	0.61	3.05	0.17	2.9	5.90	2.6	48.12	189.16	37.02
	4mnd	44.9	212.4	24.6	0.48	3.25	0.13	2.59	6.01	2.1	38.54	209.12	26.13
Digestaat	vers	56.2	280.8	22.3	0.89	5.9	0.21	4.2	7.41	4.01	45.93	163.43	21.88
	vers	65.3	252.7	24.4	1.67	7.6	0.51	5	10.99	5.2	/	/	/
	vers	35.5	299.9	19.6	1.11	13.98	0.27	3.8	10.89	3.1	/	/	/
	vers	37.4	201.9	23.0	0.78	4.12	0.30	3.3	7.89	3.61	/	124.94	29.01

*COD = chemical oxygen demand of chemische zuurstofvraag (CZV)

Uit Tabel 22 blijkt dat de dikke fractie (dif) bij scheiding met centrifuge 3.1-11 en 4.6-12.5 keer hogere concentraties voor DS en totaal-P resp. bereikt dan de concentraties in de ruwe mest. Dit toont aan dat bij centrifugatie vooral DS en totaal-P van de dunne naar de dikke fractie wordt getransfereerd. De totaal-N in de dikke fractie is 1.76-3.54 keer hoger dan in de ruwe mest; deze stijging is veel lager, doordat de organische N naar de drogestofrijke fractie wordt getransfereerd, terwijl de opgeloste NH_4^+ in de dunne fractie blijft (Moller, 2002).

Hieronder wordt de gemiddelde samenstelling van dunne fractie varkensmest weergegeven, specifiek afkomstig van Vlaamse mest. In Tabel 23 worden de analyseresultaten 2005-2007 van Bodemkundige Dienst weergegeven; in Tabel 24 worden recente analyseresultaten van 2011-2015 weergegeven, dit voor zowel dunne als dikke fractie varkensmest.

Tabel 23: Gemiddelde samenstelling dunne fractie varkensdrijfmest (Coppens, 2009)

	Eenheid	pH	DS	OS	Ntot	Nmin	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO	Na ₂ O	CaO
DUF varkensdrijfmest	kg/1000l	8,2	27,2	15,0	5,8	4,5	0,8	4,4	0,2	1,3	0,8

Tabel 24: Gemiddelde samenstelling fracties na scheiding Vlaamse varkensdrijfmest (analyseresultaten 2011-2015) (resultaten Bodemkundige Dienst 2017)

	Eenheid	Ntot	Nmin	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO	Na ₂ O	CaO
Gemiddelde dunne fractie	kg/1000 l	4,8	3,3	1,0	3,9	0,5	1,5	0,8
Gemiddelde dikke fractie	kg/1000 l	11,1	4,4	18,0	6,1	9,7	1,9	14,9

1.3 PROEVEN MET EINDPRODUCTEN

EINDPRODUCTEN VIJZELPERS



In Nederland werden in 2010, 2011 en 2012 proeven gedaan op gebruik van dikke en dunne fractie rundveemest om vast te stellen of mestscheiding op bedrijfsschaal uitvoerbaar is en bijdraagt aan betere benutting van mineralen uit dierlijke mest (Verloop et. al., 2013).

Bij verkenning van de potentie van mestscheiding wordt aangenomen dat de werkzaamheid van N (de N opname vergeleken met die van kunstmest) in de dunne fractie duidelijk hoger is (80%) dan die van N in mengmest (60%). Om dit te staven, zijn in 2012 veld- en strokenproeven in grasland aangelegd. De meeste van deze proeven zijn uitgevoerd met de scheidingsproducten van een vijzelpers. De waargenomen werking van N in de dunne fractie, afgescheiden met eenvoudige technieken, is ongeveer gelijk aan die uit mengmest. Deze resultaten zijn in overeenstemming met die van eerdere jaren (2010 en 2011). Deze N-werking van de dunne fractie viel wat tegen. Dit komt mogelijk door i) een te klein verschil tussen de chemische samenstelling van de dunne fractie en mengmest of ii) een hogere emissie van ammoniak uit de dunne fractie (of een combinatie van beide). Als de oorzaak van de laag uitvallende N werking van de dunne fractie voldoende vaststaat, kunnen oplossingen gezocht worden. Tevens is de uitspoeling van nitraat naar grondwater uit de verschillende mestproducten onderzocht. Hierbij werden geen verschillen ontdekt (Verloop et. al., 2013).

Het LCV (Landbouwcentrum voor Voedergewassen in Vlaanderen) onderzocht vier bemestingsstrategieën voor grasland (250 N/ha RDM + 300 kg N_{werkzaam}/ha kunstmest; 25 à 28% kg N/ha + 300 kg N_{werkzaam}/ha; 250 N/ha dunne fractie RDM; 250 N/ha vergiste RDM). Analyseresultaten van 2 groeiseizoenen (op 2 locaties) gaven aan dat het % N dat het 1e jaar voor de plant beschikbaar komt, voor gewone rundermest 66% is, voor de dunne fractie rundermest (scheiding met vijzelpers) 71% en voor vergiste rundermest 75%. Door de hoge N/P verhouding in de dunne fractie, én het hogere kali-aandeel, kan een besparing op kunstmest gerealiseerd worden. Uit de proeven van LCV kwam men tot een besparing op kunstmest van bijna 40% (Schellekens & Latré, 2014).

De dunne fractie na scheiding kan dus de opbrengst van het grasland doen toenemen. Het injecteren van de mest kan ook eenvoudiger en nauwkeuriger gebeuren; er wordt bespaard op transportkosten (afhankelijk van waar de scheiding gebeurt), er is minder opslagcapaciteit nodig, er is een geurreductie en er is minder energie nodig bij het verpompen en transport van de dunne fractie (brochure EYS, 2014).

EINDPRODUCTEN ZEEFBOCHT

Hier zijn geen resultaten van bekend.

EINDPRODUCTEN CENTRIFUGE

In het kader van het EU Interreg project Biorefine werd een brochure gepubliceerd die de resultaten bundelt van een groot aantal veldproeven uitgevoerd op verschillende gewassen door diverse Vlaamse instituten sinds 2008 (Universiteit Gent, 2008). Daarbij wordt o.a. dunne fractie digestaat als potentiële biogebaseerde kunstmestvervanger getest in de teelt van energiemaïs (2011), sla (2013) en bloemkool (2014). Deze dunne fractie wordt verkregen via scheiding met centrifuge.

Het gebruik van de dunne fractie van digestaat (al dan niet in combinatie met ruw digestaat) in de teelt van energiemaïs (referentie: varkensmest in combi met kunstmest) resulteerde in geen significante verschillen in vers gewicht, droog gewicht en lengte gewas. Daarnaast was het energetisch potentieel iets hoger (hogere opbrengst), en was er geen invloed op de nitraatuitloging. Het gebruik van digestaatderivaten leidde tot grote economische en ecologische voordelen (o.a. tot 3x minder synthetische K₂O gebruikt).

Daarentegen vertoonden de slakroppen een achtergestelde groei wanneer ze bemest werden met de dunne fractie van digestaat, maar er werden geen significante verschillen in de uiteindelijke opbrengst



van de sla gemeten (in vergelijking met traditionele bemesting met kunstmest). De oorzaak van deze achtergestelde groei kan te maken hebben met 2 cruciale variabelen in de dunne fractie van digestaat, namelijk electroconductiviteit (EC) en de aanwezigheid van ammoniak. Ook waren er geen significante verschillen in de gewas- en bodemkwaliteit.

In de bloemkoolteelt werden ook vrij vergelijkbare resultaten voor de blad- en koolproductie gevonden.

Het gebruik van de dunne fractie van digestaat lijkt dus een goed alternatief te zijn in vergelijking met de referentiebemesting in energiemaïs, sla en bloemkool. Echter is de heterogene samenstelling van digestaat, die afhankelijk is van de input van de vergister, een aandachtspunt voor verder onderzoek. Daarnaast is de werkzaamheid van stikstof uit digestaat moeilijk in te schatten (N-werkzaamheidscoëfficiënt van 60% vooropgesteld in de veldproeven, maar wellicht hoger).

Alle resultaten zijn te vinden in de brochure 'Veldproeven met biogebaseerde meststoffen' (Universiteit Gent, 2015).

1.4 MARKTPOTENTIEEL

Een mogelijkheid kan ook zijn dat de landbouwer de mest enkel laat scheiden (extern bij biologische mestverwerking die een centrifuge heeft), en de dunne fractie terug afneemt, of dat de landbouwer op zijn eigen bedrijf een (ev. mobiele) scheider voorziet. Het lage P-gehalte zorgt ervoor dat bemesting met dunne fractie niet P-limiterend is, waardoor meer dierlijke mest op Vlaamse landbouwgrond gevoerd kan worden, en de samenstelling van de dierlijke mest (nutriëntenverhouding) beter afgestemd is op de gewasbehoefte. Het K-gehalte van de mest verandert echter niet door scheiding (K is vooral in de dunne fractie terug te vinden), zodat de aanwending van mest hierdoor wel gelimiteerd kan zijn. Als deze mogelijkheid economisch rendabel blijkt te zijn voor alle partijen (veehouder, akkerbouwer, ev. mestverwerker), kan dit in de praktijk worden toegepast. Door de stijgende interesse hiernaar, worden deze mogelijkheden momenteel verder onderzocht.

Door het behoud van stikstof in de dunne fractie kan de stikstofbehoefte beter ingevuld worden met dierlijke mest en kan op die manier bespaard worden op gebruik van stikstofkunstmest. Een bijkomend voordeel is dat de dunne fractie van zowel runder- als varkensmest ook op derogatiepercelen kan uitgereden worden.

Indien scheiding op bedrijfsniveau gebeurt, is wel een extra opslag voor de dikke fractie nodig en mogelijk ook een extra opslag voor de dunne fractie.

Als er geen verdere mestbehandeling plaatsvindt, is het doel van mestscheiding om tegen lagere kosten de mest te kunnen afzetten. Hierbij dienen de totale kosten lager te zijn dan de mestafzetkosten zonder mestscheiding. Bij mestscheiding op boerderijschaal kan door gebruik te maken van een mobiele mestscheider de aanschaf van een dure installatie (met een te hoge capaciteit) worden voorkomen.

Volgens Schröder et al. (2009) is de aanschaf van mestscheiding op bedrijfsniveau niet interessant voor minder dan 1000 à 2000 ton/jaar. In dit geval wordt beter ruw afgevoerd of een mobiele scheider ingehuurd. Vanaf 1000 à 2000 ton wordt scheiding interessant, vooral voor rundveemest zijn de relatief goedkope scheidingsmiddelen dan interessant.

Kostprijs mobiele scheiding exclusief transport (hangt dus af of er een mobiele scheider in de regio is):



- Mobiele centrifuge (wordt altijd per kuub uitgedrukt): 4 à 4.5 euro per kuub ingaand voor de scheiding (ev. korting indien heel grote hoeveelheden vb 1500 à 2000 m³) en nog eens 4 euro per kuub ingaand voor de afzet van de dikke fractie (incl. transport afzet dif) (mondelinge info Fertikal, 2016)
- Mobiele vijzelpers (wordt altijd per uur uitgedrukt): 100 euro (transport + installatie) + 20 euro/u (met ~15à20 kuub/u) + transportkosten (voor afzet dikke fractie, maar op dit moment lokale afzet naar akkerbouwers, dus beperkte transportkost) (mondelinge info Hans Wallays, 2016)

VIJZELPERS

Door de lagere investeringskost en hoge DS-scheidingsefficiëntie, en geschiktheid voor meer vezelige mestsoorten, wordt deze scheidingsmethode vooral toegepast op rundveebedrijven. Na scheiding kan via de dunne fractie meer eigen mest op het land gebracht worden tot de maximale stikstofgift. De dikke fractie zou, mits aanpassing van het huidige wettelijke kader (in Vlaanderen niet toegelaten), gebruikt kunnen worden als boxstrooisel. Dit laatste zou maken dat dit systeem (met laag scheidingsrendement P) financieel interessant kan zijn voor de individuele landbouwer. In Nederland zijn er verschillende rundveehouders die dit wel reeds toepassen.

ZEEFBOCHT

De zeefbocht wordt in Vlaanderen slechts sporadisch gebruikt voor scheiding mest; dit voornamelijk als voorscheiding bij de centrifuge. Het lage scheidingsrendement maakt dat andere scheidingsystemen boven dit systeem worden verkozen.

CENTRIFUGE

Dit is reeds een commercieel/industriële systeem voor scheiding van mest.

1.5 PRAKTIJKERVARING

VIJZELPERS

Vooraf vanuit de rundveehouderij bestaat de interesse voor gebruik van vijzelpers (gebruik dikke fractie als boxstrooisel).

Het lagere scheidingsrendement (minder geschikt voor varkensmest) zorgt ervoor dat deze scheider minder interessant is voor varkenshouders, die zoveel mogelijk nutriënten willen afscheiden om zo meer eigen mest te kunnen gebruiken. Een Vlaamse varkenshouder heeft daarom een variant op de conventionele vijzelpers ontwikkeld – de Low Nutriënt Press (LNP). Deze mestscheider komt binnenkort op de markt en lijkt heel beloftevol voor toepassing op varkensbedrijven.

ZEEFBOCHT

In Vlaanderen zijn er nog een vijftal bedrijven die gebruik maken van een zeefbocht, in combinatie met een centrifuge, en een biologische mestverwerkingsinstallatie; dit voor een eerste zeving van de zeugenmest (mondelinge info Trevi). De zeefbocht kan dus gebruikt worden wanneer de mest te dun is, zodat de mest op die manier ingedikt kan worden voor verdere scheiding met een centrifuge. De dunne fractie gaat dan rechtstreeks naar de biologische verwerkingsinstallatie; de dikke fractie worden verder gescheiden in de centrifuge.

CENTRIFUGE

De centrifuge is een courante gebruikte scheidingstechniek als eerste stap in de verwerking van drijfmest (biologische verwerking). Dit is dus de meest gebruikte techniek bij mestverwerking in Vlaanderen (vaste scheider).



Centrifuges zijn ook geschikt voor toepassing als mobiele mestscheider (Schröder, 2009). Voor 2012 wordt in Vlaanderen nog gebruik gemaakt van mobiele centrifuges. Op vandaag hebben alle biologische mestverwerkingsinstallaties zelf geïnvesteerd in een centrifuge. Daarnaast zijn er twee mobiele centrifuges die in Vlaanderen bij individuele varkenshouders worden ingezet.

1.6 EMISSIES

Mestscheiding beïnvloedt de broeikasgasemissie op het eigen bedrijf tijdens het scheiden, bij de opslag van mestproducten en tijdens en na uitrijden. Maar het beïnvloedt ook de indirecte emissie buiten het bedrijf. Elke kg besparing op kunstmeststikstof levert indirect een besparing van de broeikasgasemissie op. Daarnaast levert ook verminderen van mestafvoer per vrachtwagen een besparing op. Het is de vraag wat het uiteindelijke netto effect is. Volgens een Nederlandse studie (Verloop et al., 2013) kan mestscheiding (rekening houdend met emissie door scheiding, opslag en aanwending, vastlegging van CO₂ in bodem, emissie door kunstmestverbruik en energieverbruik van mesttransport) de emissie van broeikasgassen verlagen (daling emissie van CO₂-equivalenten met 2%).

Aangezien de scheiding met vijzelpers of centrifuge in een gesloten systeem gebeurt, zal de eventuele extra emissie naar verwachting gering zijn en zou de hoeveelheid nutriënten die in het systeem komen hetzelfde moeten zijn als de hoeveelheid die het systeem verlaten (EMIS, 2014). De techniek op zich zorgt dus niet voor ongewenste emissies. Open systemen, zoals de zeefbocht, kunnen wel aanleiding geven tot NH₃-emissie en geurhinder (EMIS, 2014).

Mosquera et. al. (2010) heeft een literatuur- en laboratoriumonderzoek uitgevoerd rond bepaling van emissies van lachgas, methaan en ammoniak uit mest (rundvee-/varkensmest) na scheiding met centrifuge en vijzelpers. Hieronder worden de resultaten besproken.

Emissies tijdens opslag

Het laboratoriumonderzoek van Mosquera et al. (2010) toont aan dat tijdens opslag uit dunne fractie en ruwe mest vrijwel geen lachgas (N₂O) geëmitteerd wordt. Uit de dikke fractie komt tijdens opslag wel lachgas vrij. De verklaring hiervoor is dat tijdens opslag van vaste dikke fractie wel zuurstof beschikbaar is en tijdens opslag van vloeibare dunne fractie en ruwe mest niet. Zonder zuurstof blijft nitrificatie achterwege en wordt er geen lachgas geproduceerd. Hoe compacter de mest hoe moeilijker zuurstof in de mest kan binnendringen. Verder onderzoek naar mogelijke opslagmethodes (mestzak, inkuilen, enz.) voor de dikke fractie om emissies te beperken, werd niet uitgevoerd.

De hoeveelheid ammoniak die tijdens opslag van ruwe mengmest vrijkomt, is gerelateerd aan het gehalte minerale stikstof in de mest en parameters als zuurtegraad en temperatuur. De ammoniakemissie tijdens opslag van dikke fractie is aanzienlijk lager dan die van ruwe mest. De ammoniakemissie tijdens opslag van de dunne fractie is iets hoger dan die van ruwe mest. De emissie van ammoniak neemt dus toe in de volgorde dikke fractie, ruwe mest, dunne fractie.

De methaanproductie hangt sterk af van de beschikbare hoeveelheid afbreekbaar organisch materiaal en de temperatuur. Varkensmengmest bevat meer (gemakkelijk) afbreekbaar materiaal dan rundermengmest.

Uit de gescheiden fracties emitteert tijdens opslag aanzienlijk minder methaan dan uit de ruwe mest. De dunne fractie bevat minder afbreekbaar organisch materiaal dan ruwe mest en tijdens opslag van dikke fractie zijn de aerobe omstandigheden minder gunstig voor methaanvorming.

Emissies tijdens en na uitrijden

////////////////////////////////////

Bij mesttoediening is het uitgangspunt in deze studie dat ruwe rundveemest naar grasland gaat en ruwe varkensmest naar bouwland. Na scheiding gaan de dunne fracties naar grasland, en de dikke fracties naar bouwland, ongeacht of het om rundvee- of varkensmest gaat.

Op basis van de N-gehalten en drogestofgehalten in de gescheiden fracties en in de ruwe mest is van dunne fractie na toediening een lagere ammoniakemissie te verwachten, en van de dikke fractie een hogere t.o.v. ruwe mest. Het effect zal naar verwachting minimaal zijn indien beide fracties emissiearm worden toegediend.

Literatuurgegevens over ammoniakemissies na toediening van gescheiden mestfracties zijn echter niet eenduidig. Ook wat betreft methaan- en lachgasemissies zijn de literatuurgegevens niet eenduidig.

De resultaten van het laboratoriumonderzoek van Mosquera et al. (2010) laten zien dat de emissie van lachgas na toediening van dunne fractie op grasland een factor 1,4 hoger is dan na toediening van ruwe mest op grasland. Op bouwland is de emissie van lachgas na toediening van de dikke fractie een factor 11 lager dan na toediening van de ruwe mest.

Het gemeten emissieniveau na toediening op bouwland komt overeen met recent uitgevoerde veldmetingen. Emissies na (emissiearme) toediening in het veld worden sterk bepaald door de condities in de bodem. Voor de processen die zich in de bodem afspelen zijn hoeveelheid zuurstof, temperatuur, hoeveelheid stikstof en beschikbare hoeveelheid afbreekbaar organisch materiaal bepalende factoren. Hierin ligt ook een verklaring voor het verschil in lachgasemissie tussen dikke fractie en ruwe mest. Dikke fractie bevat minder (ammonium)stikstof en minder afbreekbaar organisch materiaal dan ruwe mest. Daardoor is na toediening van dikke fractie een lagere lachgasemissie te verwachten dan na toediening van ruwe mest.

De risico's van mestscheiding ten aanzien van broeikasgasemissies liggen bij de toegenomen emissie van lachgas, zowel uit de opslag als bij de toediening. Bovendien speelt bij varkensmest dat de ruwe mest naar bouwland gaat en de dunne fractie naar grasland. De hogere lachgas emissie is geen direct effect van de mestscheiding, maar meer van de toediening van de dunne fractie aan grasland in plaats van bouwland. De winst van mestscheiding ligt bij de verlaging van de methaanemissie uit de opslag. Ook Perazzolo et al. (2015) onderzocht op welke manier scheiding een effect had op de ammoniak- en broeikasgasemissies tijdens opslag van de dikke en dunne fractie bekomen na scheiding van digestaat (vergisting varkens- en/of rundermest).

Als het volledige management systeem in rekening wordt gebracht (opslag én uitrijden), wordt door mechanische scheiding het aandeel totale emissies verhoogd met 5-10% en met 1,5-2% voor NH₃ en N₂O. Opslag van de dikke en dunne fractie van digestaat, in vergelijking met niet-gescheiden mengmest, kan de NH₃-emissies namelijk significant doen stijgen. Daarnaast worden de CH₄-emissies wel gereduceerd met 34 resp. 15% voor varkens en runderdigestaat. Reducerende technieken zijn nodig om N-verliezen tijdens opslag van de gescheiden fracties digestaat te beperken, vb. afdekken van de opslagtank en/of aanzuring van de dunne fractie.

In de literatuur zijn geen resultaten gevonden voor emissies tijdens het scheidingsproces.

Op basis van de samenstellingen van de eindproducten na scheiding, beschreven in dit document, wordt door Universiteit Gent, faculteit Bio-ingenieurswetenschappen, vakgroep Bodembeheer, een berekening gemaakt van de mogelijke ammoniakemissies en uitspoeling na toediening van de producten na scheiding vijzelpers en centrifuge (zie bijlage I).

Hoe hoger het % NH_4^+ van de totale N-inhoud, hoe meer kans op een grotere NH_3 -emissie. Daarbij wordt de pH van het product in rekening gebracht, waarbij een lage pH de vorming van NH_3 kan afremmen. Ook wordt de hoeveelheid toegediende N (170 kg N/ha en max. 70 kg P_2O_5 /ha) in rekening gebracht. Voor de gescheiden fracties varkensmest van vijzelpers en centrifuges wordt volgende aanname gedaan: dif centrifuge < dif vijzelpers < duf vijzelpers < duf centrifuge.

Bij een hoger % minerale N zal de kans op een grotere NO_3 -uitspoeling toenemen. Opnieuw rekening houdend met fosfor als limiterende factor wordt volgende aanname gedaan: dif centrifuge < dif vijzelpers < duf vijzelpers < duf centrifuge.

2. GESCHEIDEN STALCONSTRUCTIES

2.1 TECHNIEK

Urease, een enzym aanwezig in faeces, katalyseert de hydrolyse van ureum naar koolstofdioxide en ammoniak. Door het scheiden van faeces en urine in de stal, wordt het contact van urease met ureum vermeden, en vermindert de ammoniakemissie.

Chemicaliënverbruik

Er worden geen extra chemicaliën verbruikt (uitzondering: Dairy Welfare System, gebruik organische zuren).

Energieverbruik

Het energieverbruik van deze systemen is sterk bedrijfsafhankelijk. Een voorbeeld van het VeDoWS-systeem in een vleesvarkensstal met een 2000-tal varkensplaatsen geeft aan dat er 8 motoren nodig zijn met elk een vermogen van 0.25 kW, die gemiddeld 1.5u per dag werken. Dit komt neer op 3 kWh extra energieverbruik per dag. Het energieverbruik voor ventilatie wordt wel gereduceerd (er moet geen luchtwasser gebruikt worden). Ter vergelijking: bij een chemische luchtwasser bedraagt het gemiddeld opgenomen vermogen van de waswaterpompen 0.5-1.5 kW en het maximaal vermogen van de zuurpomp ongeveer 0.33 kW (VEMIS, 2014).

Voor het Vitalmaxx systeem rekent men met een motor om de mestband aan te drijven van ongeveer 0.55 kW. De banden draaien twee keer per dag.

Constructeurs & verdelers

Er bestaan constructies om in de stal urine van faeces te scheiden voor zowel melkveestallen, vleeskalverstallen als varkensstallen. Een (niet-limiterend) overzicht van de systemen in Vlaanderen en Nederland staat in Tabel 25. In Nederland zijn er heel wat meer systemen, en er komen er steeds nieuwe bij. Deze systemen worden best toegepast bij nieuwbouwstallen. Aanpassingen achteraf zijn moeilijker. Er moet bovendien voorzien worden in een externe mestopslag.

Tabel 25: Stalconstructies voor gescheiden afvoer mest en urine in Vlaanderen en Nederland

Naam	Land constructeur	Diersoort	Principe	Aantal gerealiseerde stallen (in het land van de constructeur, tenzij anders vermeld)
------	-------------------	-----------	----------	---



VeDoWS	BE	Vleesvarkens	V-vormig mestkanaal met schrapers	6 stallen (in totaal 12.000 vleesvarkens) + 1 stal in opbouw (2200 vleesvarkens)
Kempfarm Systems	NL	Vleesvarkens	V-vormige mestband die periodiek wordt afgedraaid	2 (Proefstal Sterksel + zeugenbedrijf Raalte)
Piggy (Dorset)	NL	Vleesvarkens	Zie onder	1 (Proefstal Sterksel)
Dairy Welfare System	BE	Melkvee	VeDoWS in de melkveehouderij, met sproeien van organische zuren op de roosters	Voorgesteld tijdens Agriflanders 2015
Stalbouw.nl	NL	Melkvee	Volle vloer van gietasfalt met urinesleuf	Ca. 15
Den Boer Beton	NL	Melkvee	Volle vloer met urinesleuven in de lengterichting	Ca. 100
HCI-Beton	NL	Melkvee	Volle vloer met urinesleuf en gaten (bij onderkeldering)	Onbekend
Concretit	NL	Melkvee	Volle vloer met urinesleuf	Onbekend
Swaans Beton	NL	Melkvee	Volle vloer met gaten voor directe afvoer van urine	Onbekend
Wopereis mestband (gebaseerd op Kempfarm Systems)	NL	Vleeskalveren en -varkens	V-vormige mestband die periodiek wordt afgedraaid	3 (kalveren, varkens, zeugen)
Vitalmaxx (Jansen Livestock Equipment)	NL	Vleeskalveren – kan ook bij varkens en melkvee	V-vormige mestband die periodiek wordt afgedraaid	5 (3 in Nederland, 1 in Duitsland, 1 in Amerika)
TRAC (Cooperl Arc Atlantique)	FR	Vleesvarkens	V-vormig mestkanaal met schrapers	Onbekend

Ruwe schatting is dat er in Nederland ca. 1500 melkveestallen zijn gerealiseerd met emissiearme loopvloeren. Bokma (onderzoeker Wageningen Universiteit, persoonlijke communicatie, 2015) verwacht dat daarvan ongeveer 15 % is uitgevoerd met vloersystemen die urine en mest aan de basis scheiden. De overige systemen zijn gebaseerd op andere emissiereducerende technieken, zoals

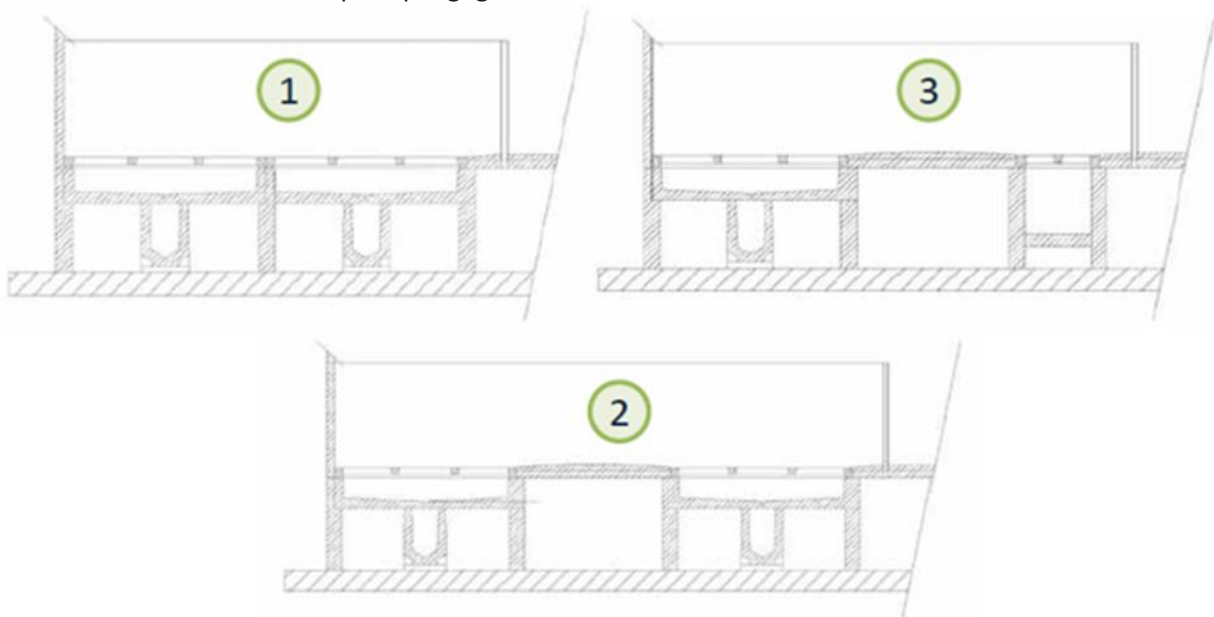
////////////////////////////////////

flappen die de mestkelder beter afsluiten, of een snellere afvoer van mest en urine door regelmatig schrapen. In Vlaanderen zijn er slechts een zeer beperkt aantal stallen met volle vloeren. Er zijn bij het VCM geen voorbeelden gekend van volle vloersystemen in Vlaanderen die urine en mest aan de basis scheiden.

VeDoWS

Het VeDoWS systeem is opgenomen als erkend emissiearm systeem (V 4.8) voor vleesvarkens en staat omschreven als 'Gescheiden afvoer van mest en urine door middel van een mest- en giergoot met mestschraper'. Het VeDoWS systeem is bovendien ontwikkeld voor dek- en drachtstallen, en werd in 2015 toegevoegd aan de lijst van ammoniak-emissiearme stalsystemen.

Bij het VeDoWS systeem komt onder de roostervloer een mest- en giergoot. De mestgoot bestaat uit 2 hellende betondelen met in het midden een spleetopening van 18 tot 22mm over de volledige lengte van de mestgoot. Onder deze spleetopening is de giergoot met schuine wanden voorzien en een maximale breedte van 30 cm. De spleetopening en de helling van de mestgoot laat toe dat de urine kan afgevoerd worden naar de giergoot. Deze urine kan dan verder via de giergoot naar een afgesloten gieropslag lopen. Om verstopping van de giergoot te vermijden, is het noodzakelijk dat de giergoten wekelijks gespoeld worden. Hiervoor kan men urine als spoelvloeistof gebruiken. Met een schraper wordt de vaste mest dagelijks uit de mestgoot verwijderd en geschoven op een centrale mestband, die de mest afvoert naar een mestopslag. De varkenshouder heeft hierbij de keuze uit 3 verschillende hokuitvoeringen: een hok met een volledige roostervloer; een hok met een mestkanaal, een bolle vloer en een mestkanaal, of een hok met een waterkanaal, bolle vloer en mestkanaal (Figuur 12). Dit stalsysteem wordt gecombineerd met een ondergrondse geconditioneerde luchtinlaat, maar daar wordt in dit document niet dieper op ingegaan.



Figuur 12: Hokuitvoeringen VeDoWS - hok met een volledige roostervloer (1), hok met mestkanaal, bolle vloer en mestkanaal (2), of hok met waterkanaal, bolle vloer en mestkanaal (3)

Een variant op het VeDoWS systeem voor de melkveehouderij, werd tijdens Agriflanders 2015 voorgesteld door Vermeulen Construct. Dit systeem staat in de PAS-lijst R1 (melk- en kalfkoeien ouder dan 2 jaar) opgenomen.

Kempfarm/Vitalmaxx/Wopereis

Deze systemen zijn gebaseerd op V-vormige mestbanden onder roosters. Bij het systeem van Wopereis worden mestbanden gemonteerd in de mestkelder van ongeveer een meter diep. De mestband is in

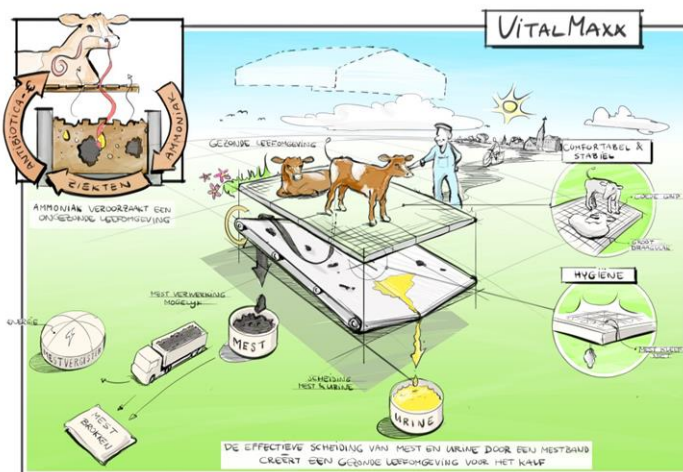


een V-vorm gelegd waardoor de urine naar het midden van de band loopt. Ook ligt de mestband aflopend waardoor 90% van de urine al van de band loopt alvorens het afdraaien. De mest ligt verspreid over de mestband. Vervolgens wordt de mestband om de drie uur afgedraaid.

Bij het Vitalmaxx systeem (Figuur 13 en Figuur 14) wordt gewerkt met mestbanden die minimaal tweemaal per dag automatisch afdraaien.



Figuur 13: Mestband Vitalmaxx (Buitinck, 2015)



Figuur 14: Werkingsprincipe mestband Vitalmaxx (Buitinck, 2015)

Pigsy

Ontwikkeld door Dorset. Onder de roosters (oranje op Figuur 15) ligt een kunststof schijnvloer. Daarop draait een schuif rond (de Pigsy is volledig rond). Deze stort de mest af in een gleuf (zie Figuur 16). Onder die gleuf ligt een geperforeerde vloer. De urine zakt door deze vloer heen en wordt via een buis afgevoerd naar buiten de stal. Op de geperforeerde vloer (= metalen plaats met gaatjes) loopt een andere hydraulische schuif. Deze trekt de dikke mest naar buiten (Figuur 17) (N. Verdoes, onderzoeker Wageningen Universiteit, persoonlijke communicatie, 2014).



Figuur 15: Piggy varkenstoilet (Dorset)



Figuur 16: Piggy varkenstoilet – kunststof schijnvloer (Verdoes, 2014)



Figuur 17: Piggy varkenstoilet - gleuf voor mestverwijdering (Verdoes, 2014)

Stalbouw.nl (vergelijkbaar met HCl-Beton, Den Boer Beton, Swaans Beton en Concrelit)

Het systeem van Stalbouw.nl bestaat uit een dichte vloer die urine afvoert via een verdiept kanaal (PVC-buis van 16cm doorsnede) dat van boven open is en waarvan de opening gelijk ligt met het laagste punt van de vloer. De vloer achter de ligboxen heeft een helling van 2% naar het midden van de vloer. In de verdiepte buis wordt de urine afgevoerd. De buis wordt frequent gereinigd, bijvoorbeeld door spoelen met urine. De mest gaat via een mestschuif naar een afstort achterin of buiten de stal. Een klepel aan de mestschuif haalt steeds de dikke fractie uit de verdiepte buis (zie Figuur 18). Stalbouw.nl noemt het systeem Herakles Emissie-Arme stal, afgekort HEAstal.





Figuur 18: Herakles stal (Stalbouw.nl)

Initiatieven zijn in het algemeen nog niet goed van de grond gekomen, omdat het in de rundveehouderij niet verplicht is ammoniakemissiearm te bouwen, en omdat er in de varkenshouderij door de financiële crisis nauwelijks nog nieuwe stallen gebouwd worden.

2.2 SAMENSTELLING EINDPRODUCTEN

2.2.1 Dunne fractie

Alle cijfers in Tabel 26 zijn cijfers voor urine van vleesvarkens, afkomstig uit gescheiden stalconstructies.

Tabel 26: Samenstelling dunne fractie vleesvarkens uit gescheiden stalconstructies

Bron	DS	OS	NH4-N (g/kg)	Ntot (g/kg)	P (g/kg)	K (g/kg)	pH	EC (mS/cm)
Chen (2014) – VeDoWS	1.1%	0.5%	2.8	3.7	0.10	1.41	8.8	24.2
Sigurnjak (2014) – VeDoWS	0.6%	0.1%	0.9	1.0	0.01	1.59	-	-
B. Vervisch, onderzoeker Inagro, persoonlijke communicatie, 2014- VeDoWS	8.3%	-	-	3.7	0.52	3.24	-	-
B. Vervisch, onderzoeker Inagro, persoonlijke communicatie, 2014- VeDoWS	1.99%	-	3.2	3.5	0.09	2.74	-	-

Vermeulen (2010) VeDoWS	-	2.4%	1.1%	-	3.28	0.05	3.49	-	-
Schröder et al. (2009)		2.7%	1.3%	3.6	4.3	0.22	5.89	-	-
Aarink et al. (2007) – dag 36		1.8%	-	5.4	5.88	0.07	3.95	9.26	-
Aarink et al. (2007) – dag 71		2.4%	-	7.07	7.83	0.59	4.06	8.70	-
Aarink et al. (2007) – dag 99		2.5%	-	7.61	8.35	0.37	4.35	-	-
Aarink et al. (2007) – dag 101		2.1%	-	-	8.84	0.22	-	-	-

In de urine vallen vooral de erg lage gehalten aan fosfor op.

In Tabel 27 staan cijfers voor urine uit melkveestallen met scheiding aan de bron. Hieruit blijkt dat de samenstelling van de dunne fractie tussen melkveestallen nogal sterk kan verschillen, zelfs binnen hetzelfde vloertype.

Tabel 27: Samenstelling dunne fractie melkvee uit gescheiden stalconstructies

Bron	DS	OS	NH4-N (g/kg)	Ntot (g/kg)	P (g/kg)	K (g/kg)
HCl Beton (2015) – Vloer W3	5.1%	3.4%	2.1	3.47	0.38	5.4
HCl Beton (2015) Vloer W5	5.0%	2.8%	1.9	5.47	0.18	8.3
HCl Beton (2015) – Vloer W5	1.0%	-	-	1.08	0.09	-

2.2.2 Dikke fractie

In Tabel 28 wordt de samenstelling van de dikke fractie vleesvarkens uit gescheiden stalconstructies weergegeven.

Tabel 28: Samenstelling dikke fractie vleesvarkens uit gescheiden stalconstructies

Bron	DS	OS	NH4-N (g/kg)	Ntot (g/kg)	P	K	pH	EC (mS/cm)
Vermeulen (2010)	26.3%	22.1%		11.97	2.76	4.57	-	-



Schröder et al. (2009)	25.2%	20.9%	2.3	11.00	6.9	9.7	-	-
Aarink et al. (2007) – dag 36	22.8%	-	4.45	12.80	2.86	5.06	6.31	-
Aarink et al. (2007) – dag 71	26.2%	-	5.73	13.14	4.0	5.52	6.56	-
Aarink et al. (2007) – dag 99	25.5%	-	4.42	12.59	3.78	5.24	6.58	-

2.3 PROEVEN MET EINDPRODUCTEN

In 2013 en 2014 werden door de Universiteit van Gent en Inagro bemestingsproeven uitgevoerd waarbij kunstmest vervangen werd door dunne fractie (met gebruik van een werkingscoëfficiënt van 100%) van een VeDoWS-stal (=ureum). Via deze blokkenproeven (in maïs) werd nagegaan in welke mate de biogebaseerde producten een aanvulling kunnen bieden bij dierlijke mest, ter vervanging van kunstmest. Uit de resultaten (Chen, 2014) op een maïsveld te Roeselare bleek dat het potentieel van ureum als NK-meststof groot is, aangezien de stikstof- en kaliwerkzaamheidscoëfficiënt van ureum gelijkaardig was aan die van het klassieke scenario met kunstmest. Zowel naar nitraatgehaltes in de bodem als naar gewasopbrengst, bleek de bemesting met dierlijke mest + ureum even efficiënt te werken als de gangbare bemesting (dierlijke mest + kunstmest) (MIP Nutricycle, n.d.).

In een veldproef in de winter van 2013-2014 bij Inagro, waar verschillende rassen rogge als tussenteelt werden gezaaid onder verschillende bemestingsstrategieën, scoorde het object met ureum significant lager in opbrengst dan de objecten met spuiwater, dunne fractie digestaat en kunstmest. De reden hiervoor is wellicht dat het object met ureum twee weken later werd bemest dan de objecten met spuiwater en kunstmest; de proefopzet was hier dus niet ideaal (Universiteit Gent, n.d.).

2.4 MARKTPOTENTIEEL

De urine kan gebruikt worden als NK-meststof met nauwelijks organische stof en fosfaat, en kan door het hoge gehalte aan minerale stikstof kunstmestvervangend werken. De vaste mest is ideaal om naar een vergister te brengen. In 2011 werden batchtesten gedaan om het biogaspotentieel van de vaste fractie uit een VeDoWS-stal te bepalen. In deze proef werd vastgesteld dat de vaste fractie van “oude mest” een methaanpotentieel heeft van 54.5 Nm³ CH₄/ton organische droge stof (37°C). De benodigde retentietijd om deze productie te bereiken bedroeg 18-20 dagen. De vaste fractie van het staal met “verse mest” had een methaanpotentieel van 288 Nm³ CH₄/ton organische droge stof (37°C). Deze productie werd bereikt na een twintigtal dagen. Ter vergelijking: voor energimaïs bedraagt het methaanpotentieel ongeveer 290-300 Nm³ CH₄/ton ODS (Biogas Labo, 2011).

2.5 EMISSIES

De emissiefactor voor het Vedows-systeem werd vastgelegd op 1.2 kg NH₃ per dierplaats per jaar. De emissiefactor voor geur bedraagt 7.4 ouE/s/dierplaats. De emissie van methaan bedraagt 1.17 kg per dierplaats per jaar (G. Vermeulen, Vermeulen n.v., persoonlijke communicatie, 2014). Voor traditionele stallen rekent men met 2.5-3.5 kg NH₃/dierplaats per jaar (Brusselman & Demeyer, 2014). Voor vleesvarkens bedraagt de emissiefactor voor geur in traditionele stallen 22-23 ouE/s/dierplaats per jaar (Ogink & Lens, 2001). De emissie van methaan bedraagt 15.7 kg per dierplaats per jaar (Mosquera & Hol, 2012).

Bij de Kempfarm-stal werd een ammoniakemissie gemeten van 1.05 kg NH₃ per dierplaats per jaar. Dit betekent een reductie van 60-70% ten opzichte van traditionele gedeeltelijk roostervloerstallen met

alleen een onderkeldering onder de roostervloer. De geuremissie was 5.9 ouE/s/dierplaats. De emissie van methaan was gemiddeld 0.94 kg per dierplaats per jaar. De referentie bedraagt ongeveer 10 kg per dierplaats per jaar (Groenestein et al., 2005). De emissie van lachgas was vergelijkbaar met traditionele stallen (Aarnink et al., 2007).

In de HEA-stallen voor melkvee streeft men naar een emissiewaarde van 6.5 kg NH₃ per dierplaats per jaar (Stalbouw.nl).

Op basis van de productsamenstelling hierboven beschreven, wordt een berekening gemaakt van de mogelijke ammoniakemissies en uitspoeling bij uitrijden (zie bijlage I).

2.6 PRAKTIJKERVARING

Door een primaire scheiding toe te passen wordt er een gunstiger stalklimaat gecreëerd dan bij end-of-pipe-technieken zoals luchtwassers. Dit biedt een betere arbeidsomgeving voor de landbouwer en een verbeterde diergezondheid. Over de levensduur van de verschillende (bewegende) onderdelen van het systeem zijn nog weinig gegevens beschikbaar.

Bij de volle vloer-systemen in de melkveehouderij, moet de volle vloer soms onder een helling gelegd worden voor een betere scheiding van de urine. Dit heeft in het verleden tot problemen met beloopbaarheid geleid. Bij dichte hellende vloeren is het daarom erg belangrijk dat de vloer voldoende grip biedt.

Arbeid

Het VeDoWS-systeem vraagt ongeveer dezelfde hoeveelheid arbeid als een luchtwasser (2h/maand/1000 vleesvarkens), (G. Vermeulen, Vermeulen n.v., persoonlijke communicatie, 2014).

Administratie

In de varkenshouderij moet men bij het bouwen steeds een systeem kiezen uit de lijst van ammoniakemissiearme stalsystemen. Wanneer men voor een systeem kiest, dan moet het bij de milieuvergunning- en/of bouwvergunningaanvraag vermeld worden.

Financieel

Bij het plaatsen van een stal met scheiding van urine en faeces aan de bron, zal er steeds een meerkost zijn ten opzichte van een klassieke roostervloer. Doordat de systemen relatief nieuw zijn, is er nog weinig bekend over de onderhoudskosten en de levensduur.

3. MENGEN VAN MESTSOORTEN

3.1 TECHNIEK

Bij mengen van mestsoorten worden verschillende soorten mengmest bij elkaar gebracht, en gehomogeniseerd, om zo een meststof te bekomen met een gewenste samenstelling. Door het opmengen van verscheidene mestsoorten met een verschillende N/P-samenstelling kan een meststof bekomen worden met een samenstelling die nauw aansluit bij de behoefte van het gewas. Op die manier kan de norm beter ingevuld worden met dierlijke mest en kan het kunstmestgebruik beperkt worden. Het is de bedoeling om op deze manier de acceptatiegraad van dierlijke mest voor de afnemer te vergroten zodat de plaatsingsruimte voor dierlijke mest toeneemt. Het proces wordt gestuurd op stikstof, fosfaat en kaligehalten.



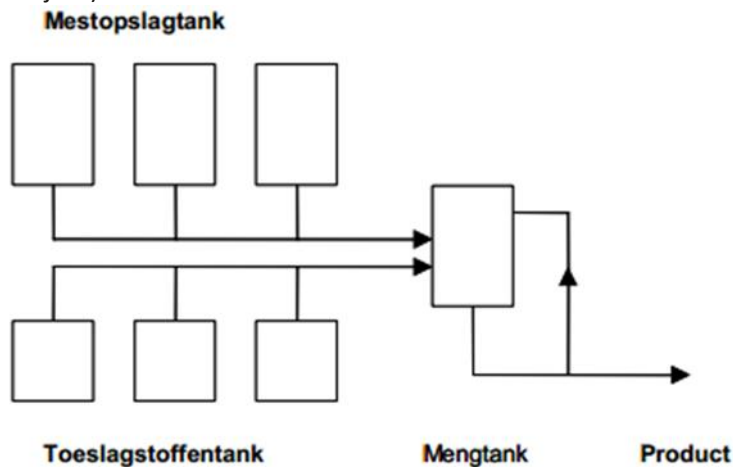
3.1.1 Mengen in de opslag

Het mengen van de verschillende meststromen kan in een vaste opslag op het akkerbouwbedrijf tijdens de winter, dan is de akkerbouwer verzekerd van de aanvoer van de mest en kan er tijd uitgespaard worden in het voorjaar (of in een tijdelijke opslagtank op de kopakker).

Voor het opmengen zijn er verschillende gescheiden stockageruimtes nodig: aparte stockage voor de aangevoerde 'zuivere' stromen en een tank waarin de eigenlijke menging plaatsvindt. Elke tank wordt voorzien van roermechanismen om bezinking tegen te gaan (zie Figuur 19).

Uitbaters van een mestverzamelpunt met een capaciteit van meer dan 300 kg P2O5 moeten een register bijhouden met de gegevens van alle aangevoerde en afgevoerde dierlijke mest en andere meststoffen. Als men registerplichtig is, moet het register ingevuld zijn uiterlijk de dag na de ontvangst of na het vertrek van de meststoffen. Het register moet gedurende vijf jaar bewaard worden op het adres van de uitbating. In het register moet het landbouwnummer of landnummer ingevuld worden, de soort mest, de vorm, de stock en de samenstelling van de mest in de opslag (de samenstelling wijzigt bij elke aanvoer, tenzij altijd dezelfde mestsoort met dezelfde samenstelling aangevoerd wordt. Bij elke aanvoer van nieuwe mest moet de samenstelling van de mest herberekend worden en in het register genoteerd worden.

De hoeveelheid die van elke stroom opgemengd dient te worden, om tot de ideale mix te komen, kan berekend worden aan de hand van analyseresultaten of vaste waarden. Via kleppen, debietmeters, pompen en een netwerk van leidingen worden de verschillende stromen in de juiste hoeveelheid overgebracht naar de mengtank. Na menging wordt het eindproduct afgezet naar de afnemer (in het voorjaar).



Figuur 19: Principe mengen in de opslag

Er zijn verschillende types mestopslagen, in alle maten en uitvoeringen:

- **Mestkelders**



Figuur 20: Mestkelder

- **Bovengrondse opslag**



Figuur 21: Mestzak



Figuur 22: Mestsilo

- **Mobiele mestopslag**

De mengmestopslagplaats moet aan een aantal constructievoorschriften voldoen en moet gebouwd worden volgens de regels van goed vakmanschap:

- In alle gevallen moeten de opslagplaatsen volledig afgesloten zijn van de buitenlucht, met uitzondering van de noodzakelijk ontluchtingspijpen. Enkel voor de opslag van effluenten met een laag gehalte aan ammoniakale stikstof die afkomstig is van mestbe- of mestverwerkingsinstallaties kan hiervan afgeweken worden.
- Het is verboden de opslag te voorzien van overstorten of afleidingskanalen.
- Bij een mestkelder moeten de zuig- en vulleidingen en de noodzakelijke openingen voor het mengen van de kelder buiten de stal gelegen zijn. Er moet een mestdichte voorziening zijn om de gemorste mest op te vangen tijdens het vullen en/of lossen. De kelder moet zodanig worden uitgevoerd dat er geen ruimten boven de mest kunnen ontstaan die volledig van de buitenlucht zijn afgesloten.
- Bij andere opslagconstructies zoals een mestzak of mestsilo's dient een mestdichte morsput te worden voorzien van minstens 125 l. Leidingen en afsluiters die niet op een vorstvrije diepte zijn aangelegd moeten tegen bevriezen worden beschermd. Bij vul- of aftapleiding en die onder druk staan door de inhoud moeten er twee afsluiters aanwezig zijn. Daarbij dient de



buitenste afsluiter met een veiligheidsslot te worden afgesloten. In de leidingen waarin hevelwerking kan optreden moeten afsluiters en ontluuchtingsvoorzieningen zijn aangebracht.

- Binnen een waterwingebied en/of de beschermingszones type I, II of III mag de vloer en de muren enkel uit gewapend beton zijn opgetrokken.

De volledige wetgeving en vereisten rond opslag van mest kunnen teruggevonden worden in Vlare I en Vlare II.

Roermechanismen voor homogenisering

Varkensmest en rundmest gedragen zich anders in de opslag. Bij varkensmengmest ontstaat een bezinklaag en bij rundmest een drijfslag. Rundveebedrijven beschikken veelal over een mixer, aangedreven via de aftakas van de tractor. Op de meeste varkensbedrijven wordt niet gemixt en wordt eerst de dunne mengmest opgezogen en daarna de dikkere fractie.

KLASSIEKE MENGSYSTEMEN

Om een homogeen product te bekomen en een bezinking/drijfslag te voorkomen wordt in de mestopslag een roermechanisme geplaatst. In een slalomsysteem zijn de mestkelders zó aangelegd dat de mest in een slalombeweging onder de stal circuleert. De mest wordt dus vanuit één punt gehomogeniseerd.

Elektrisch aangedreven mestmixers hebben als voordeel dat het mengen dagelijks via een tijdsintervalschakeling kan plaatsvinden. Een nadeel is dat ze een kleiner mengvermogen hebben t.o.v. mestmixers die aangedreven worden via de aftakas.

Bepaalde mengsystemen worden stationair uitgevoerd, maar er zijn ook mobiele systemen beschikbaar op de markt. Afhankelijk van het type opslag kan een mengsysteem gekozen worden.



Figuur 23: pomp - mengsysteem

Een pompmixer, zoals afgebeeld op Figuur 23, wordt het meest toegepast in een mestkelder van een rundveestal. Deze mixer pompt de mest op en kan deze in een gekozen richting, via een verschuifbare uitlaat, terug in de mestkelder pompen. Met andere systemen kan de mest niet opgepompt worden. Een dompelroerder (Figuur 24) vindt eerder zijn toepassing in varkensstallen en bovengrondse silo's. De roerder kan gemonteerd worden aan een draaibare zuil, zodat de richting van de stroom gestuurd kan worden en de silo bijgevolg optimaal gemixt wordt. De dompelroeders zijn dan ook meestal mobiel uitgevoerd (compartimenten in varkensstallen). Een ander systeem die frequent wordt gebruikt in bovengrondse mesttanks en lagunes zijn propellermixers (zie Figuur 25).



Figuur 24: Dompelroeders



Figuur 25: Propellermixer

AEROMIX

In Nederland kozen reeds een vijftiental bedrijven (melkveebedrijven, mesthandelaars) voor een relatief nieuw mestmixsysteem: BOS Aeromix (Figuur 26). Het systeem bestaat uit slangen met openingen waar lucht doorheen geblazen wordt. Via aeromix wordt de mest met lucht en zuurstof gemengd waardoor het rottingsproces tegengegaan wordt, de stank gereduceerd wordt en korstvorming voorkomen wordt. Dit reduceert aanzienlijk het gevaar op schadelijke gassen.



Figuur 26: Aeromix

Het grote voordeel van het systeem is dat er al gemixt kan worden bij een laag mestniveau in de kelder. Het systeem draait op compressoren van 380 Volt waardoor het stroomverbruik lager zou zijn dan bij het traditioneel mixen van mest. In Ierland en Engeland, waar het systeem zijn oorsprong vindt, is de mestmixmethode al langer gekend. Daar werd het systeem primair gebruikt om een goede mening te verkrijgen, ongeacht de vorm en uitvoering van de mestopslag. Mixen door rondpompen is daarbij niet nodig. Gebruikers onderschrijven de goede menging van de mest met de Aeromix, maar ervaren bovendien een aangamer stalklimaat, met minder geur en naar hun idee ook minder ammoniak.



Bij de Dairy Campus, Wageningen, werd deze mogelijke ammoniakreductie verder onderzocht (Dooren et al., 2015). Conclusies waren de volgende:

- de afdeling waarin het Aeromix systeem werd toegepast een substantieel lagere ammoniakuitstoot werd gemeten dan in de referentieafdeling. Het gemeten emissieverschil ten opzichte van de referentieafdeling bedroeg tijdens de proefperiode van 5 weken gemiddeld 51 %;
- er sprake was van een aanzienlijke spreiding (standaarddeviatie 32 %) in de emissiereductie tussen afzonderlijke meetdagen;
- de emissiereductie met name in de avond- en nachtperiode optreedt;
- het ammoniakemissie van de Aeromix afdeling een veel wisselender verloop liet zien dan de ammoniakemissie van de referentieafdeling. Hiervoor is geen duidelijke verklaring te geven;
- het Aeromix systeem in de betreffende afdeling niet tot een toename van de broeikasgasemissies leidt;
- er geen eenduidig effect op de methaanemissie uit de Aeromix-afdeling naar voren kwam: bij de ene meting was deze gelijk aan die van de referentieafdeling, bij de tweede meting substantieel lager;
- het Aeromixsysteem bijdraagt aan een goede verticale menging van de mest en voorkomt dat er een drijfslaag in het mestkanaal ontstaat;
- er geen zwavelwaterstof werd gemeten direct boven de roostervloer, en de geur in de afdeling met Aeromix door de dierverzorgers als prettiger werd ervaren;
- er in dit onderzoek een relatief lang na-ijleffect van de ammoniakreductie na beëindiging van het mixen met de Aeromix is waargenomen;
- het niet aannemelijk is dat het gevonden emissieverschil het gevolg is van nitrificatie – denitrificatie van ammoniak, maar een andere chemische of biologische oorzaak heeft. Dit dient nader onderzocht te worden.

Uit dit verkennende emissieonderzoek komt het Aeromix-systeem naar voren als een perspectiefvol en kosteneffectief systeem, niet alleen om mest te mixen, maar ook om de ammoniakuitstoot, en mogelijk ook de methaanemissie, uit de melkveehouderij aanzienlijk te reduceren. Het onderzoek laat daarmee zien dat het de moeite waard is om verder te werken aan de validatie van de emissiereductie om tot een erkenning te komen in landelijke regelgeving, én om nader onderzoek uit te voeren naar het achterliggende werkingsprincipe achter de emissiereductie. Nader onderzoek wordt sterk aanbevolen.

Constructeurs en verdelers

Leveranciers in binnen- en buitenland van mestopslagsystemen (niet limitatief):

- PAS Mestopslagsystemen (NL) - <http://pastanks.nl/>
- Appelbouw (NL) - <http://www.appelbouw.nl/index.htm>
- Debusschere Agri (B) - <http://www.debusschere-agri.be/>
- CBS beton (B) - <http://www.cbs-beton.com/nl>



- AB-milieusystemen (NL) - <http://www.milieusystemen.nl/>

Voor de bouw van een klassiek betonnen mestkelder kan men bij nagenoeg elke stallenbouwer terecht.

3.1.2 Mengen bij uitrijden

Naast het mengen in de opslag kan de mest ook gemengd worden net vóór het uitrijden. Navelstrengbemesting is een innovatieve techniek die de laatste jaren meer en meer toegepast wordt. Bij deze techniek wordt gebruik gemaakt van een lichte tractor met een mestinjecteur, in plaats van een zware tankcombinatie, waardoor structuurschade beperkt wordt. Belangrijk punt hierbij is dat de techniek toelaat om op een efficiënte manier verschillende stromen op te mengen.

Om de mest tot bij de mestinjecteur te krijgen, bestaan er verschillende mogelijkheden:

- voor akkers die rond de mestopslag van het bedrijf liggen (± 1 km), kan de mest rechtstreeks uit de opslag en via flexibele buizen tot bij de mestinjecteur gepompt worden;
- op akkers, die verder gelegen zijn van het bedrijf, wordt een opslagtank (mestzak – zie Figuur 27 of mestcontainer – zie Figuur 28) geplaatst om de mest aan te voeren. A.d.h.v. meerdere aanzuigleidingen kunnen mestsoorten aangezogen worden vanuit verschillende mesttanks en naar de mestinjecteur geleid worden (zie Figuur 29).



Figuur 27: Mobile mestzak



Figuur 28: Mestcontainer



Figuur 29: Mengen bij het uitrijden

Constructeurs en verdelers



Leveranciers in binnen- en buitenland van het navelstrengbemestingsysteem met alle toebehoren (niet limitatief):

- Veenhuis (NL) - <http://www.veenhuis.com/>
- Roelama (NL) - <http://www.roelama.nl/>
- Joskin (B) - <http://www.joskin.com/>
- Vervaet (NL) - <http://www.vervaet.nl/>
- Duport (NL) - <http://www.duport.eu/nl/>

3.2 SAMENSTELLING EINDPRODUCTEN

Door het opmengen van verschillende meststromen kan het gehalte aan nutriënten in het eindproduct gestuurd worden. Elke gewas heeft zijn eigen behoefte aan nutriënten en nagenoeg elke mengeling kan gemaakt worden door het grote aanbod aan mest(verwerkings)producten.

Enkel voorbeelden van basisproducten en aanvullende stromen waarmee de nutriëntenverhouding gestuurd kan worden:

- Basisproducten
 - Ruwe varkensmest
 - Ruwe rundermest
- Aanvullende producten
 - N aanvullen (zonder P)
 - ▶ Ammoniumsulfaat
 - ▶ Mineralenconcentraten
 - N aanvullen (met P – inhoud N>P)
 - ▶ Dunne fractie varkensmest
 - ▶ Dunne fractie rundermest
 - S aanvullen
 - ▶ Ammoniumsulfaat
 - P aanvullen
 - ▶ Struviet
 - ▶ Dikke fractie varkensmest
 - ▶ Dikke fractie rundermest



In Tabel 29 worden samenstellingen vanuit verschillende literatuurbronnen en analyses opgesomd. Met behulp van deze tabel kunnen optimale combinaties van producten gemaakt/gezocht worden.

Tabel 29: Samenstellingen mest(bewerkings)producten

Soort mest	BRON	Opmerking	kg/1000 kg VM									
			pH	DS (%)	OS	Ntot	Nmin	P2O5	K2O	MgO	CaO	Na2O
Rundermest	BDB, 2009		7,4	8,57	63,7	5,2	2,9	1,5	4,8	1	1,5	1
	CBGV rapport nr 1; Schröder et al., 2009)			8,5	64	4,1	2	1,5	5,8			
	onbekend, 2007			8,8	66	5,1	2,9	1,4	4,8	1	1,5	0,7
	Eurolab, 2015			8,6	64	4,4	2,2	1,6	6,2	1,3		0,7
Duf rundermest	De Haan et al., 2003			2,33		2,2	1,8	0,3	5,8			
	Monteny et al., 2007	centrifuge 60%		5,2		4,9		1,1	6,7			
	CBGV rapport nr 1; Schröder et al., 2009)	SR 30%		6,6	20	3,7	2	1,2	5,9			
	CBGV rapport nr 1; Schröder et al., 2009)	SR 60%		4,3	32	3,2	2,1	0,8	6,1			
	analyse Pijnenborg (Koeien en kansen, 2012)	vijzelpers 30%		7,5	5,8	C/N: 4	4,3	2,3	1,3	6,1		
	analyse Van Wijk (Koeien en kansen, 2012)	vijzelpers 30%		7,8	3,9	C/N: 4	3	1,8	0,8	4,2		
Varkensmest	BDB, 2009		8	8,96	60,7	9,6	5,6	4,3	5,3	1,8	3,6	1,5
	CBGV rapport nr 1; Schröder et al., 2009)			9,3	43	7,1	4,6	4,6	5,8			
	Eurolab, 2015			9	60	7,2	4,2	4,2	7,2	1,8		0,9
Duf varkensmest	BDB, 2009		8,2	2,72	15	5,8	4,5	0,8	4,4	0,2	0,8	1,3
	CBGV rapport nr 1; Schröder et al., 2009)	SR 30%		7,3	34	6,7	4,7	3,6	5,9			
	CBGV rapport nr 1; Schröder et al., 2009)	SR 60%		4,8	22	6,1	4,8	2,4	6,1			
	Agrifirm, 2013			3	15	4,4	3,7	1	5,2			
	analyse 2012			2,9	16	3,6	2,6	0,54	3,3	0,14	0,61	3,2
	VCM & STIM, 2004			3,4	19,32	6,16	3,93	0,85	5,45	0,2	0,85	1,33
Spuiwater	analyse 2014	pH 2-4		21,4	213	43	41	0	0,22	0	0	0
	analyse 2014	Ntot (praktijk):		22,24	215	41,69	36,82	0	0,92	0,08	0,07	2,63
	analyse 2014	20-80kg/ton	4,99	25,39	248	46,81	44,51	0	0,31	0,07	0,38	0,92



De stuurgroep schoof enkele producten naar voor die interessant leken om een menging van te maken. In onderstaande tabellen wordt berekend hoe de huidige bemestingsnormen (teelt maïs) optimaal kunnen ingevuld worden met een mengsel en welk voordeel gehaald kan worden t.o.v. van de producten apart aan te wenden.

- De eerste menging bestaat uit spuiwater met varkensmest. Voor spuiwater wordt een maximale dosering van 1500 L aanbevolen omwille van de hoge S-inhoud en het zure karakter van het product. Bij aanwending van varkensmest treedt bij 130 kg N een P-limitatie op. Uit de berekening op basis van de bemestingsnormen voor maïs (zie Tabel 30) blijkt dat spuiwater een ideaal product is om N bij te passen.

Menging van spuiwater met ruwe mest blijkt meer en meer een courante praktijk te zijn (opslag in de mestkelder). Als de mengeling met een mestafzetdocument wordt getransporteerd, moet dit gebeuren met mestcode 740 "Mengeling dierlijke en spui chemische wasser". De mestsamenstelling moet dus bepaald worden a.d.h.v. een analyse van het mengsel (Spuiwater, 2017). Het toevoegen van andere organische meststoffen aan ruwe mest, zoals spuiwater, kan wel aanleiding geven tot de vorming van extra mestgassen. Het mengen van spuiwater in de mestkelder wordt om deze reden afgeraden (VCM, 2017). Menging gebeurt dus best pas bij toediening, op het veld. Daarnaast investeerden ook al enkele landbouwers in aangepaste machines om spuiwater ongemengd toe te dienen (bv. ombouw veldspuit, spaakwielbemester ...).

Tabel 30: Samenstelling varkensmest - spuiwater

VM (kg/ton)	Spuiwater (kg/ton)
N: 8,1	N: 50
P ₂ O ₅ : 5	P ₂ O ₅ : 0

Tabel 31: Opmengen varkensmest - spuiwater

Soort mest	Ton	N totaal	P ₂ O ₅
VM	16	130 kg	80 kg
Spuiwater	1,5	75 kg	0 kg
VM+spuiwater	15 + 1	171 kg	75 kg

- In een tweede situatie wordt varkensmest en dunne fractie varkensmest opgemengd (Tabel 32 en Tabel 33). Bij aanwending van 16 ton ruw varkensmest op maïs is de P-norm al volledig ingevuld, maar zijn er 40^E N niet ingevuld. Met een combinatie van 14 ton ruwe varkensmengmest en 20 ton dunne fractie varkensmest kan zowel de N-norm als de P-norm volledig ingevuld worden. Dit toont onmiddellijk aan dat er op deze manier ook meer plaatsingsruimte van dierlijke mest wordt gecreëerd (16 ton <-> 34 ton). De extra hoeveelheid organische stof die aangewend wordt, blijft wel beperkt door de scheiding.

Tabel 32: Samenstelling varkensmest - duf varkensmest

VM (kg/ton)	Duf VM (kg/ton)
N: 8,1	N: 5,8
P ₂ O ₅ : 5	P ₂ O ₅ : 0,8



Tabel 33: Opmengen varkensmest - duf varkensmest

Soort mest	Ton	N	P ₂ O ₅
VM	16	130 kg	80 kg
Duf VM	29	168 kg	23 kg
VM + duf VM	14 + 20	171 kg	78 kg

- De opmenging van varkensmest en rundermest kan door de verschillende N/P-verhouding ook perspectief bieden. Bij aanwending van varkensmest op maïs is men sneller gelimiteerd op P en bij rundermest op N. Door op te mengen in een verhouding 11 ton varkensmest en 13 ton rundermest kunnen de N/P-bemestingsnormen beter ingevuld worden in vergelijking met de mestsoorten apart aan te wenden. De P-norm wordt hierbij niet volledig ingevuld, maar is toch beter ingevuld dan bij aanwending van enkel rundermest. Uit de berekening in Tabel 35 blijkt dat de menging toelaat meer ton ruwe mest aan te wenden op Vlaamse bodem t.o.v. zuivere varkensmest, maar minder t.o.v. zuivere rundermest.

Tabel 34: Samenstelling varkensmest – rundermest (samenstelling zie VLM-brochure ‘Normen en richtwaarden 2015’)

VM	RM
N: 8,1	N: 4,8
P ₂ O ₅ : 5	P ₂ O ₅ : 1,4

Tabel 35: Opmenging varkensmest – rundermest (samenstelling zie VLM-brochure ‘Normen en richtwaarden 2015’)

Soort mest	Ton	N	P ₂ O ₅
VM	15	121 kg	80 kg
RDM	35	168 kg	49 kg
VM + RDM	11+ 13	171 kg	62 kg

Accumulatie zware metalen/zouten

De techniek ‘opmengen’ als such heeft geen accumulatie van zware metalen en/of zouten tot gevolg, maar door de grotere plaatsingsmogelijkheid van mest per ha (door de gewijzigde N/P verhouding), worden er in totaliteit meer zouten afgezet op de akker. Dit moet wel genuanceerd worden aangezien kunstmest ook een aanzienlijk hoog zoutgehalte heeft.

3.3 VELDPROEVEN

- Inagro heeft heel wat ervaring opgebouwd uit veldproeven waarin gewerkt wordt met verschillende aanvullende mestsoorten, die aangewend worden in verschillende werkgangen. Uit mondelinge bron, door het ontbreken aan wetenschappelijke publicaties en rapporten, wordt vernomen dat de gewasopbrengsten bij aanwending van verschillende soorten meststromen altijd minstens even goed zijn in vergelijking met de gewasopbrengsten na bemesting met één soort dierlijke mest.
- In een veldproef, uitgevoerd door Wageningen UR (Verloop & Hilhorst, 2011) op een bedrijf op zware rivierklei in Waardenburg (NI) werd mengmest en dunne fractie toegepast op grasland. Op De Marke in Hengelo, op lichte zandgrond, werd ook de dikke fractie gebruikt. De stikstofwerking van de dunne fractie was duidelijk hoger dan die van mengmest en de



stikstofwerking van de dikke fractie was lager dan die van mengmest. Het bleek dat de stikstofbenutting uit dierlijke mest inderdaad te verhogen is door dunne fractie te produceren en toe te passen. Ook wanneer het dunne en dikke deel beide worden benut levert dat volgens de proefresultaten nog steeds een 7% hogere stikstofwerking op dan bij toepassing van ongescheiden mengmest.

Uit de proeven van Wageningen bleek dat de scheiding van onvergist mest een dunne fractie opleverde met 18-20% hogere werking in grasland dan het uitgangsmateriaal. Scheiden van mest is dus een effectieve manier om een betere N-werking te verkrijgen.

3.4 MARKTPOTENTIEEL

Mits bijkomende opslag/mengtanks of door het werk uit te besteden aan een loonwerker met navelstrengbemester, kan de techniek op nagenoeg elk landbouwbedrijf in Vlaanderen toegepast worden.

Een opslag, centraal of decentraal, biedt de mogelijkheid om een mestsamenstelling te bekomen die dicht aansluit bij de behoefte van de gewassen die geteeld worden op hun bedrijf en op die manier het gebruik van kunstmest kan beperken. Dit betekent ook dat er meer mest op Vlaamse landbouwgrond zou afgezet kunnen worden en dus meer organisch materiaal op Vlaamse landbouwgrond terecht komt. Dit is in de eerste plaats voordelig voor landbouwers met beperkte afzetruimte, maar uiteindelijk voor alle landbouwers door de kostenbesparing op kunstmest.

Piekvormingen in de vraag naar mestproducten door beperkte uitrijperioden, de gewenste beschikbaarheid voor toepassing in de diverse teelten en de weersafhankelijkheid van aanwending maken een grote mengmestopslagcapaciteit noodzakelijk. Door op het bedrijf een opslagtank te voorzien, verliest men in het voorjaar minder tijd aan transport.

Navelstrengbemesting wordt algemeen meer toegepast in de polders en andere zware gronden om de grond zo weinig mogelijk te verslepen. Lichtere soorten grond zijn hier minder gevoelig aan. Het navelstrengbemestingsstelsel biedt het voordeel dat er zonder extra investeringskost verschillende soorten mest in één werkgang aangewend kunnen worden, in tegenstelling tot het opmengen in een externe/centrale opslag. Waar de navelstrengbemester nu al frequent wordt toegepast, zijn er geen structurele veranderingen nodig om mest op te mengen en uit te rijden.

Naar teelten toe zijn er geen bijkomende restricties door de opmenging. Het mestmengsel kan nog steeds in de teelten gebruikt worden waar voordien ook gewerkt werd met de afzonderlijke producten.

3.5 EMISSIES

Door de batch-gewijze procesvoering treden emissies van geur, ammoniak, methaan en lachgas vooral pieksgewijs op.

Er werden geen studies teruggevonden rond verliezen naar lucht en water bij het uitrijden van een mengsel ten opzichte van het afzonderlijk uitrijden van de verschillende stromen.

3.6 PRAKTIJKERVARING

Door op een centrale locatie de mest op te mengen en vervolgens naar de afnemer te transporteren, neemt het aantal transportbewegingen toe in vergelijking met de reguliere afzet van mengmest waarbij rechtstreeks transport van veehouder naar afnemer plaatsvindt.

Een voordeel voor de landbouwers, die de mest bij een extern mestverzamelpunt aanleveren, is dat in de winter de mestkelders minder vol staan. Bij een te kleine mestopslag kan zo verhinderd worden dat
////////////////////////////////////

er mest moeten afgevoerd worden in de winter naar een mestverwerkingsinstallatie (organische stof wordt afgevoerd).

In de praktijk wordt door de akkerbouwers nu ook reeds meerdere mestsoorten aangewend in verschillende werkgangen. Door mest uit te rijden uit een mestverzamelpunt, of a.d.h.v. een navelstrengbemesting, kunnen in één werkgang verschillende mestsoorten aangewend worden en wordt bodemverdichting beperkt.

3.7 WETGEVING

MESTBANK - mestverzamelpunt

In het Mestdecreet wordt een mestverzamelpunt gedefinieerd als een opslagplaats voor dierlijke mest of andere meststoffen afkomstig van meerdere landbouwers of producenten van andere meststoffen en bestemd voor meerdere landbouwers, mestverzamelpunten, bewerkings- of verwerkingseenheden.

In Vlaanderen zijn er een 400-tal erkende mestverzamelpunten. Hoofdzakelijk zijn dit loonwerkbedrijven en landbouwers die hun mestopslag ter beschikking stellen. Mestverwerkingsbedrijven worden niet aanzien als mestverzamelpunt (met uitzondering van enkele gevallen). Bij de mestverwerkers wordt dat aanzien als opslag.

MESTBANK – statuut

Het spuiwater uit chemische luchtwassers heeft een kunstmeststatuut en kan dus uitgereden worden bovenop de dierlijke norm. Echter bij opmengen op het bedrijf met ruwe mest, moet een nieuwe mestcode aangevraagd worden voor dit mengsel en vervalt dit statuut. Bijgevolg wordt het spuiwater aanzien als dierlijke mest. Wordt het spuiwater pas opgemengd op het veld (wachtbunkers op de kopakker) dan wordt het statuut behouden. Dit is een wettelijke bepaling die op vandaag de toepassing belemmert.

Bij opmenging op het bedrijf wordt gewezen op het risico op vorming van zeer giftig waterstofsulfide; mengen wordt daarom sterk afgeraden door de Mestbank.

MILIEUVERGUNNING

Voor een mestzak met een maximumvolume van 2000 m³ volstaat een vergunningsaanvraag met eenvoudige dossiersamenstelling. Voor de bouw van een mestkelder is een uitgebreide dossieraanvraag noodzakelijk met de medewerking van een architect.

Afhankelijk van de capaciteit van de mestopslag en de ligging ervan is er een klasse 1, 2 of 3-milieuvergunning nodig. De opslag in agrarisch gebied van vaste dierlijke mest en/of van mengmest op de akker, bedoeld om te worden uitgespreid, is niet ingedeeld onder de voorwaarde dat deze opslag max. 3 maanden per jaar gebeurt en de minimumafstanden gerespecteerd worden (afstand tot de perceelsgrens en oppervlaktewater bedraagt ten minste 10 meter; afstand tot woningen van derden bedraagt ten minste 100m).

Voor een mestverzamelpunt moet rubriek 28.2 opgenomen worden in de milieuvergunning. De opslag van dierlijke mest ('door vee uitgescheiden natuurlijke afvalstoffen of een mengsel van strooisel en door vee uitgescheiden natuurlijke afvalstoffen ongeacht of het vee wordt geweid of op intensieve veehouderij wordt gehouden') wordt in agrarisch gebied van 10m³ tot en met 5000m³ ingedeeld als klasse 3 en boven de 5000m³ als klasse 2.

KONINKLIJK BESLUIT INZAKE HANDEL IN MESTSTOFFEN (KB 28/01/2013)

////////////////////////////////////

Meststoffen die verhandeld worden, maar die geen natuurlijk voortbrengsel meer zijn van de hoeve doordat er een bewerking is op uitgevoerd, vallen onder dit KB. De meststof moet voorkomen op de lijst in Bijlage I van dat Koninklijk Besluit om te kunnen worden verhandeld in België of de producent moet voor de meststof beschikken over een toelating (FOD-ontheffing) van de FOD volksgezondheid, veiligheid van de voedselketen en leefmilieu.

De FOD geeft aan dat er geen ontheffing aangevraagd moet worden om opgemengde mestsoorten te verhandelen, omdat het mixen en opmengen van mest niet wordt aanzien als een bewerking van mest. De verschillende mestsoorten, die opgemengd worden, worden apart beoordeeld en zijn dus natuurlijke voortbrengsels van de hoeve.

Echter is het opmengen van digestaat met ruwe mest niet toegelaten. Reden hiervoor is dat dat de karakteristieken van het eindproduct (stabiliteit, homogeniteit, mengverhoudingen, etc.) onvoldoende gekend zouden zijn.

4. AANZUREN

4.1 TECHNIEK

Door het aanzuren van de mest bij het uitrijden of in de opslag daalt de pH-waarde en verschuift het evenwicht tussen ammoniak en ammonium in de mest. Dit heeft een emissiereductie tot gevolg. Een ander voordeel die aangehaald wordt bij deze techniek is dat er meer stikstof in de mest blijft dat door het gewas kan benut worden en bijgevolg een hoger resultaat per hectare oplevert. (Dossier Proeftuin Natura 2000, 2014)

Als pioniers in het aanzuren van mest worden Denemarken en Oostenrijk aangewezen. Aanzuring werd vanaf 2003 als een full scale techniek gecommmercialiseerd in Denemarken. In 2012 waren in Denemarken 100 veldapplicaties voor aanzuring in gebruik, 60 installaties om aan te zuren in opslagtanks en 110 aanzuringsinstallaties in de stal (Birkmose and Vestergaard, 2013) .

Aanzuren tijdens het uitrijden

Biocover, een Deens bedrijf ontwikkelde SyreN (zie Figuur 30). Dit is een mobiel aanzuringssysteem dat uit een versterkte IBC-tank bestaat en vooraan op de tractor wordt meege dragen. De zuren worden toegevoegd aan de mengmest tijdens het uitrijden op het veld. Het systeem kan op alle mengmesttonnen geïnstalleerd worden. De controle kan vanop de tractor gebeuren, eveneens via isobus.



Figuur 30: SyreN-systeem

Aanzuren in de opslag

Niet alleen tijdens het uitrijden, maar ook in de opslag kunnen de zuren ingezet worden. Het Infarm-aanzuringssysteem in de opslag is eveneens van Deense makelij. Deze techniek, een BBT in Denemarken voor melkveestallen, maakt gebruik van het aanwezige ringkanaal systeem voor de mestopslag onder de roostervloer en is dus in te bouwen in bestaande stallen. In een aparte tussenopslagtank, buiten de stal, wordt de mest aangezuurd tot een pH van 5,5, belucht en gehomogeniseerd. De aangezuurde mest wordt vervolgens (gedeeltelijk) teruggepompt in de mestkelder. De verse mest valt in de aangezuurde mest waardoor de ammoniak wordt gebonden en minder vervluchtiging mogelijk is.

Alle processen binnen dit systeem, zoals aanzuren, mengen van mest en spoelen van mest zijn PLC (Programmable logic controller) gestuurd. De veehouder kan op een PC het proces volgen en kan zien wanneer de processen niet naar behoren verlopen. Zo nodig kan de veehouder instellingen van de besturing wijzigen. De PC interface biedt tevens de mogelijkheid aan de controlerende instantie om het functioneren van het systeem te inspecteren en te auditen.

Bij het Infarm systeem wordt zwavelzuur (H_2SO_4) gebruikt om de mest aan te zuren (zie Figuur 31 en Figuur 32). Bussink & van Rotterdam-Los voerden in 2011 een studie uit m.b.t. de verkenning van de perspectieven van het Infarm systeem. Zij somden volgende voordelen op bij het gebruik van H_2SO_4 :

- De streef-pH bij aanzuren is minder laag (pH 5,5) dan bij aanzuren met HNO_3 (4,0 – 4,5) waardoor minder zuur nodig is. Ook is er geen extra zuur nodig om de pH op een bepaalde lage waarde vast te houden. Bij het gebruik van HNO_3 was de lage pH nodig om denitrificatie tot stilstand te brengen (Van Lent, 1993). De pH van de mest is stabiel met aanzuren met H_2SO_4 omdat geen denitrificatie optreedt.
- Na uitrijden van de mest is minder kalk nodig om te compenseren voor het verzurende effect van de mest op de bodem.
- Het mixen van het zuur met de mest gaat veel beter omdat het aanzuren buiten de stal plaatsvindt.
- Door het toegevoegde sulfaat is geen zwavelbemesting meer nodig.

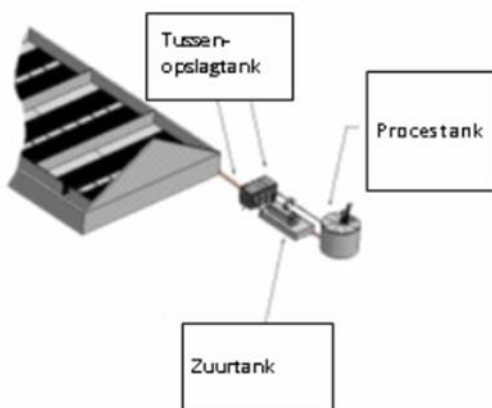


Het gebruik van H_2SO_4 kent echter ook een aantal potentiële nadelen:

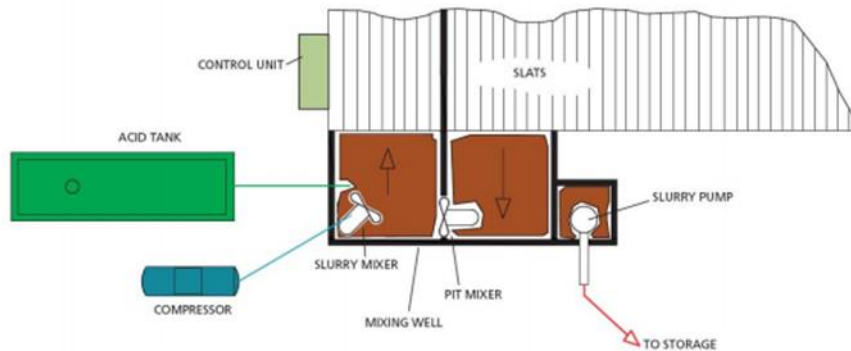
- De hoeveelheid zwavel (S) die op het land wordt gebracht is hoger dan de behoefte van het gewas (2-50 kg S/ha). Dit leidt weer tot een verhoging van sulfaatgehalten in het grondwater. Verwacht wordt dat dit niet leidt tot overschrijdingen van de streefwaarde van S (100 mg l-1), maar deze wordt wel benaderd (Bussink, 2009). Een hoge aanvoer van S werkt ook nadelig op de spoorelementen voorziening van rundvee, bijv. voor selenium (Bussink et al., 2007).
- Een hoge aanvoer van zwavel werkt nadelig op de spoorelementen voorziening van rundvee.
- Er bestaat onzekerheid of het beton van vloeren onder dichte kelders en kanalen en opslagtanks wordt aangetast door de hoge S-concentraties. Voor nieuwe beton soorten met hoog vliegashalte worden geen problemen verwacht (Sørensen & Eriksen, 2009).
- Stankoverlast kan ontstaan door een verhoogde concentratie van vluchtige vetzuren, met name boterzuur (Sørensen & Eriksen, 2009). Het is ook mogelijk dat de hoge S-concentraties leiden tot stankoverlast door het vrijkomen van vluchtige S-verbindingen. Dit dient nader onderzocht te worden. In een studie door Kai et al. (2008) werd geen significant verschil in de geur van aangezuurde en onbehandelde mest waargenomen, wel werd geconstateerd dat de mest anders rook.

In Denemarken is bovengronds toedienen beperkt tot een minimale afstand van 200-300 m van woningen in verband met de andere geur van de aangezuurde mest door vluchtige vetzuren.

- Het gebruik en omgaan met sterk zuur moet gebeuren volgens strikte veiligheidsprotocollen om risico's op calamiteiten te voorkomen (Clemens et al., 2002). Behalve directe calamiteiten door de aanwezigheid van een sterk zuur kunnen ook indirect risico's ontstaan door de productie van het giftige H_2S gas. Ottosen et al. (2009) vonden géén toename in de productie van vrij sulfides in mest door aanzuren met H_2SO_4 tot pH 5,5. In Denemarken zijn in de praktijk ook geen problemen met H_2S .
- Het zuur wordt getransporteerd op de openbare weg, hetgeen risico's met zich meebrengt bij eventuele aanrijdingen.



Figuur 31: Opstelling aanzuringseenheid op bedrijf



Figuur 1: Schematische weergave van het aanzuren van mest door middel van het Deense Infarm systeem.

Figuur 32: Schematische weergave van het aanzuren van mest door middel van het Deense Infarm systeem

Validatiemetingen zijn nodig om te bepalen of het systeem in Vlaanderen net zo effectief zou zijn als in Denemarken. In Denemarken kunnen emissieniveaus immers anders liggen als gevolg van gebruik van andere voercomponenten die een andere mestsamenstelling geven.

Chemicaliënverbruik

De hoeveelheid zuur dat moet worden toegevoegd om de pH van de mest te verlagen tot een bepaalde lage waarde verschilt naargelang de uitgevoerde studie (zie Tabel 36). De hoeveelheid zuur die nodig is, wordt bepaald door het bufferende vermogen van de mest, het type zuur en de pH waarnaar gestreefd wordt.

Tabel 36: overzicht van de resultaten zoals beschreven in de literatuur in reductie van NH₃-emissie (%) van aangezuurde mest ten opzicht van niet behandelde mest.

Referentie	Studie	Mest	Toegevoegd zuur			Toedienen	CH ₄	Reductie NH ₃ -emissie (%)			Toename MFE [†]
			Type	hoeveelheid	pH			stal	Veld	Tot.	
Stevens et al., 1989	Lab/veld	Koe	H ₂ SO ₄ (18 M)	37 kg ton ⁻¹	5,5	Breed ^{^^}	17-75	95			43
		Varken	H ₂ SO ₄ (18 M)	20 kg ton ⁻¹	6			82			
Pain et al., 1990	Veld	Koe	H ₂ SO ₄ (2M)	30-85 ml l ⁻¹	5,5	Rij	29-71	14-57			
Husted et al., 1991	Lab	Koe	HCl	80-320 meq l ⁻¹ *	5,5			91-98	35 - >99		
Bussink et al., 1994	Veld	Koe	HNO ₃ (14M)	80-400 meq l ⁻¹ *		4,5	Injectie		27 - 87		
					5	85					
					6	72					
Clemens et al., 2002	Lab / veld	Koe	glucose	0,1 mol l ⁻¹	5,9	Injectie	<20 hrs: 81				
							Total: 41				
Berg et al., 2006	Lab	Koe	HNO ₃ (50%) Melkzuur (50%)	1; 1,3; 1,5 vol% 2; 4; 6 vol%	5,7; 5,1; 4,2 5,2; 4,5; 3,9	Rij	65 - 88				
Kai et al., 2008	Veld	Varken	H ₂ SO ₄ (18 M)	5 kg H ₂ SO ₄ ton ⁻¹	<6,3		Sleepvoet	70	67	72	
Bussink, 2009	Desktop	Koe	H ₂ SO ₄ (18 M)	11 kg H ₂ SO ₄ ton ⁻¹	5,5	Injectie	35	84	67		
		Varken	H ₂ SO ₄ (18 M)	10 kg H ₂ SO ₄ ton ⁻¹	5,5		35	84	61		
Sørensen & Eriksen, 2009	Veld	Koe	H ₂ SO ₄ (18 M)	5,2 kg H ₂ SO ₄ ton ⁻¹	5,5	Injectie	0				
							Sleepslangen	39-63			
		Varken	H ₂ SO ₄ (18 M)	10 kg H ₂ SO ₄ ton ⁻¹	5,5	Injectie	0				
						Sleepslangen	74-101				

* total acidity of the slurry was 340 meq l⁻¹

† MFE staat voor 'mineral fertilizer equivalent' en is gedefinieerd als de hoeveelheid kunstmest-N die nodig is om dezelfde opbrengst te bereiken als 100 kg organische mest-N (Kai et al. 2008).

^^ Mest werd vlak voor toedienen aangezuurd in een speciaal aangepaste machine

Mest is een complex mengsel van allerlei stoffen. Het toevoegen van zuur zal niet alleen een effect hebben op de reactie tussen NH₄⁺ en NH₃, maar ook op verschillende andere reacties waarbij protonen worden weggevangen. De componenten in de mest die protonen wegvangen zorgen ervoor dat de pH wordt gebufferd. Hierbij is het bufferende vermogen gedefinieerd als de hoeveelheid sterk zuur dat nodig is om de pH van de mest met één eenheid te verlagen.

Relatie zuurtoevoeging – N-gehalte

Verschillende studies vinden een relatie tussen de hoeveelheid zuur dat moet worden toegevoegd om een bepaalde lage pH (5,5-6) te bereiken en het N-gehalte van mest (Sørensen et al., 2009 en Stevens et al., 1989). Sørensen et al. (2009) baseren de relatie tussen zuur-base reacties en N-gehalte van de

mest op de processen waarbij carbonaat vrijkomt door de hydrolyse van ureum tot ammonium bicarbonaat en dat het aannemelijk is dat azijnzuur vrijkomt bij eiwit afbraak. Sørensen et al. (2009) vinden een vaste N/S ratio van 1,3 in alle aangezuurde mestmonsters tot pH 5,5.

Gebaseerd op deze ratio zou standaard rundermest (totale N-gehalte 4,1 g/kg) een zuurverbruik van 9,7 kg H₂SO₄/ton mest hebben. Bussink (2009) berekende op basis van proeven met HNO₃ (Bussink et al., 1994) dat een zuurverbruik van 11 kg H₂SO₄ /ton nodig is om rundermest met een gemiddelde N-gehalte van 4,4 g/kg aan te zuren. Dit komt ongeveer overeen met de waarde op basis van de simpele N/S ratio van 1.3, zoals hierboven aangehaald. Op basis van het N-gehalte van mest lijkt dus dat eenvoudig een schatting kan worden gemaakt van de hoeveelheid toe te voegen H₂SO₄ om een pH van 5,5 te realiseren.

Tabel 37 geeft een overzicht van het N-gehalte van mest zoals vermeld in verschillende bronnen en de daaruit volgende hoeveelheid H₂SO₄ dat aan de mest moet worden toegevoegd om deze aan te zuren tot pH 5,5 (berekend volgens Sørensen et al., 2009). Het N-gehalte van dunne rundermest is afhankelijk van het eiwitgehalte in het rantsoen van het dier en in welke mate mest verdund wordt door spoelwater (bij het reinigen van melkstal). In een studie naar de effecten van rantsoen op NH₃-emissie laat Duinkerken et al. (2003) zien dat het rantsoen een groot effect kan hebben op de urine- en mestsamenstelling en uiteindelijk ook op de NH₃-emissie uit de stal. Gebaseerd op de totale N-gehalte in deze rundermest kan worden berekend dat de range in het zuurverbruik om de pH te verlagen tot 5,5 ligt tussen 9,7 en 11,9 kg H₂SO₄/ton mest. In tegenstelling tot de studie van Duinkerken et al. (2003) lijkt in een studie van 'Koeien & Kansen' de rantsaensamenstelling (gras/maïs ratio van 80/20, 60/40 en 40/60) weinig effect te hebben op de totale N-gehalte van rundermest. Hierbij moet vermeld worden dat de krachtvoer component in deze studie niet bekend was en het dus goed mogelijk is dat de betreffende bedrijven de samenstelling van het ruwvoer hebben gecompenseerd met de samenstelling van het krachtvoer om zo een optimale eiwitvoorziening te verkrijgen. Bij het, in de studie van 'Koeien & Kansen', gevonden N-gehalte (3,9 – 4,0 g/kg) past een zuurverbruik van ongeveer 9 kg H₂SO₄/ton mest.

Het gebruik van het zuur vormt samen met de aanschaf- en onderhoudskosten van het systeem de grootste kostenpost. Het is om zowel economische als milieutechnische redenen relevant om het zuurverbruik te minimaliseren. Het aanpassen van het rantsoen zou dus een goede mogelijkheid zijn om het N-gehalte en daarmee het zuurverbruik te verlagen.

Tabel 37 N-gehalte en droge stof (DS) gehalte van mest zoals vermeld in verschillende bronnen en de daaruit volgende hoeveelheid zwavelzuur dat aan de mest moet worden toegevoegd om deze aan te zuren tot pH 5.5, gebaseerd op Sørensen & Eriksen, 2009

Referentie			Mest		Zuur toevoeging
			Totaal-N (g kg ⁻¹)	DS gehalte	H ₂ SO ₄ (kg ton ⁻¹)
Duinkerken et al., (2003)	koe	Range	4,1 – 5,0	108-123 %	9,7 – 12
Koeien & Kansen ('06-'09)	koe	Range	3,9 – 4,0	84 %	9,2 – 9,4
Blgg database 2010	koe	Range	3,2 – 5,0	62-108 %	7,5 - 12
		Land. gem.	4,1	90 %	9,7
Fokzeugen, incl. biggen, op-fokzeugen/-beren, dekberen	varken	Range	2,8 – 8,8	17–233 %	6,6 – 21
		Land. gem.	5,7	97 %	13
Vleesvarkens	varken	Range	4,7 – 9,4	105–39 %	11 – 22
		Land. gem.	7,2	105%	17
Sommer et al. (2001)	koe	Gem. int. lit.	3,95	74 g kg ⁻¹	9,3
Sørensen & Eriksen (2009)	koe	Gem.	2,65	47 g kg ⁻¹	6,2
	varken	Gem.	4,37	24 g kg ⁻¹	10

4.2 SAMENSTELLING EINDPRODUCTEN

In een bedrijfsbrede benadering laat Kai et al. (2008) zien dat met het Infarm systeem de NH₃-emissie in de stal met 70%, uit de opslag met meer dan 90% en bij het uitrijden van de mest met 67% afneemt. Een bijkomend voordeel was dat het N-gehalte, beschikbaar voor de plant (mineraal-N), toenam van 1,46 kg N/m³ in onbehandelde mest naar 2,55 kg N/m³ met aanzuren, waarbij het initiële totaal N-gehalte van de mest 3,15 kg N/m³ was. Ook was de variabiliteit van het N-gehalte van de mest bij uitrijden van de aangezuurde mest veel lager vergeleken met de onbehandelde mest.

In Tabel 38 wordt de samenstelling van de verschillende fracties bij aanzuring rundermest weergegeven.

Tabel 38: Samenstelling van aangezuurde rundermest (Fangueiro et al., 2014)

	Mengmest	aangezuurde mengmest	Dunne fractie	aangezuurde dunne fractie	Dikke fractie	aangezuurde dikke fractie
DS (g/kg)	49.6	62.6	10.2	30.9	194.8	195.5
Totaal N (g/kg)	4.2	4.3	2.8	2.9	10.4	9.9
Totaal P (g/kg)	1.1	1.0	0.04	0.69	4.7	2.1
Totaal C (g/kg)	14.9	13.3	2.7	1.9	72.4	67.6
anorganische (g/kg)	0.8	0.0	0.4	0	2.4	1.0
Ca (g/kg)	2.4	2.4	0.1	0.9	10.6	6.7
Mg (g/kg)	1.1	1.0	0.05	0.5	4.7	2.8

4.3 PROEVEN MET EINDPRODUCTEN

Slechts weinig veldproeven werden uitgevoerd omdat de techniek zich enkel profileert in Denemarken en Oostenrijk. Daarnaast zijn de uitgevoerde proeven meestal gericht op emissies en minder op gewasopbrengst.

Sorensen, P. & Eriksen, J. bestudeerden het effect van aangezuurde varkens- en rundermest op de N-vrijstelling in leemgrond en op de minerale meststof equivalent na aanwending op gerst (volleveldstoepassing) en op wintertarwe (rijenbemesting).

De mest werd aangezuurd tot pH 5,5 voor de opslag, maar steeg tot boven pH 6 bij aanwending op het veld. Zij stelden vast dat de omzettingen van het organisch materiaal afgeremd werden door de aanzuring en verklaarden dit door het aanwezige acetaat in de mest in combinatie met een lage pH. Echter, er was geen duidelijk effect op mineralisatie in de bodem als gevolg van aanzuring. Aanzuring had geen significant effect op de equivalent minerale meststof (MFE) als de mest werd ingewerkt voor het zaaien van de gerst, in tegenstelling tot de rijenbemesting bij wintertarwe. Bij de wintertarwe was de MFE van de rundermest gestegen van 39 tot 63% en van de varkensmest van 74 tot 101%, ten gevolge van aanzuring.

4.4 MARKTPOTENTIEEL

Elke veehouder kan in principe de bedrijfseigen mest aanzuren, maar rekening houdende met de arbeidsveiligheid kan het aangeraden zijn om de mest te laten aanzuren door de loonwerker tijdens het uitrijden. Deze hebben heel wat meer ervaring met het product en de toepassing er van.

In Vlaanderen is de techniek aanzuren as such nog niet erkend als emissiearme aanwendingstechniek en wordt bijgevolg niet toegepast. Anno 2014 werd een patentaanvraag ingediend door de bedrijven Detricon en BDT (<http://www.beton-dobbelaere.be/nl/producten/c/67/agrarische-sector/rundveemateriaal/dairy-welfare-system/>) voor het Dairy Welfare system. Deze techniek wordt

beschreven als brongerichte, gescheiden afvoer van mest en uine onder de roostervloer door middel van een mest- en giergoot met een mestschraper en een automatisch gestuurde reinigungsrobot op de roostervloer met online logging van de prestaties. Om als emissiearme techniek erkend te kunnen worden zouden via de mestrobot zuren op de rooster verneveld worden (mondelinge bron).

Een voordeel van aanzuren met zwavelzuur is de aanbreng van zwavel. Zwavel is een essentieel nutriënt en wordt, door de dalende depositie van zure regen, door sommige gewassen (granen, gras) erg gegeerd in het bemestingsplan.

Zwavelbehoefte (SO₄) gewassen:

- Maïs: tot 30 kg/ha
- Granen: + 50 kg/ha
- Prei: 60 kg/ha
- Gras: 75 à 100 kg/ha
- Bloemkool: 125 kg/ha
- Koolzaad: 50 tot 100 kg/ha
- Spruitkool: 125 tot 200 kg/ha

Echter, aanzuren van mest met zwavelzuur kan ook nadelige effecten teweeg brengen door de hoge hoeveelheden zwavel, die op termijn kunnen leiden tot extra sulfaatuitspoeling. Een hogere zwavelaanvoer via meststoffen aan de bodem dan zwavelafvoer met (oogst)producten, leidt tot hogere sulfaatuitspoeling naar grond- en oppervlaktewater. Uitgespoeld sulfaat kan onder zuurstofloze omstandigheden worden omgezet tot sulfide. Sulfide is giftig voor waterplanten en andere (aquatische) organismen. Sulfide kan zich binden aan ijzer(hydr)oxiden, waarbij fosfaat kan vrijkomen. Het vrijgekomen fosfaat kan leiden tot eutrofiëring van oppervlaktewater (Spuiwater infosessies VCM, 2014).

In Portugal werd een 3-jarig veldonderzoek gevoerd om het effect van S-gehalte in de bodem na aanzuring na te gaan. Deze resultaten worden binnenkort gepubliceerd.

De aanzuring van mest heeft als doel emissies te beperken. Door de toevoeging van zuren verlaagt de pH van de mest en bijgevolg ook van de bodem. Een aangepast bekalkingsschema is daarom vereist. De biologische activiteit in een bodem is sterk afhankelijk van de pH. De diversiteit, overvloed en activiteit van de microflora is afhankelijk van de pH. De bacteriële activiteit neemt bijvoorbeeld af wanneer de pH-KCl onder de 5.5 daalt. Een pH(water) van 7 is optimaal voor de bacteriële activiteit, die op zijn beurt verantwoordelijk is voor de omzettingen van organisch materiaal in de bodem.

De optimale zuurtegraad zal afhangen van het bodemtype en van de gebruikt teeltrotatie (Tabel 39).

Tabel 39: zuurbindende waarde (zBW) nodig om de bodem-pH met 1 punt te doen stijgen

BODEMTYPE	zBW/ha
ZAND	1500 -2500
ZANDLEEM	2000 - 3000
LEEM	2000 - 3000
KLEI	3000 - 4000

Bron : Pierre Mortreux / Chambre d'agriculture de région NPDC / Toelichting resultaten MTR versie 2008 (Inagro)

Voor gewassen die een hoge bodem-pH vereisen is het bemesten met aangezuurde mest minder aangeraden. Rekening houdend met de pH-vereisten, kan voor volgende teelten het gebruik van aangezuurde mest geschikt zijn, waarbij de onverschillige gewassen en gewassen in licht zuur milieu het meest geschikt zijn:

- neutraal tot licht basisch milieu: gerst, bieten, veldboon, luzerne, koolgewassen, selder, groenten;
- neutraal tot licht zuur milieu: maïs, haver, erwten, vlas;
- licht zuur milieu: aardappelen, rogge, tabak chicorei, aardbeien, asperges;
- tarwe, klaver en raaigrassen zijn onverschillige gewassen ($6.5 < \text{pH-water} < 7.5$).

(bron Inagro, 2012)

Rekening houdend met bovenstaande kan dit een grote invloed hebben op de vermarkting en de toepassing van het systeem.

4.5 EMISSIES

NH₃-emissie

- In Tabel 40 is het effect van aanzuren van mest op de NH₃-emissie en het totale ammoniakale N-(TAN) gehalte van de mest weergegeven. Het verschil in NH₃-emissie tussen onbehandelde en aangezuurde mest leidt tot een verschil in het uiteindelijke TAN-gehalte van de mest. Bij onbehandelde mest leidt stalemissie ertoe dat ongeveer 14% van de TAN uit de mest vervluchtigd. Na toedienen vervluchtigd nog eens 15% van de resterende TAN-N uit de mest. Na aanzuren is door stalemissie gemiddeld 9% van de TAN vervluchtigd en na toedienen slechts 4% van de resterende TAN in de mest. Afhankelijk van de grondsoort is het TAN-gehalte van de mest na toedienen 17 tot 43% hoger dan in onbehandelde mest. De daling met 53 tot 68% van de NH₃-emissie uit de gehele mestketen (vanaf stal tot en met toedienen) leidt tot een hoger N-gehalte van de mest bij toedienen. Het effectieve N-gehalte (TAN) in mest neemt toe met gemiddeld 8, 10 of 16 kg N/koe/jaar op respectievelijk zand-, klei-, of veengrond (Tabel 40). Dit komt overeen met ongeveer 13-28 kg N/ha afhankelijk van de grondsoort (1,8 koe/ha Po en 1,65 koe/ha Bw) (Bussink, D.W. & van Rotterdam-Los A.M.D, 2011).

Tabel 40: NH₃-emissie en TAN-gehalte mest na emissie uit de stal en na toedienen mest op zand, klei en veengronden voor permanent opstallen (Po) en beperkt weiden (Bw) (Bussink, D.W. & van Rotterdam-Los A.M.D, 2011)

<i>Melkureumgehalte</i>		<u>Onbehandelde mest</u>			<u>Aangezuurde mest</u>			<u>Gem. verschil</u>
		20	24	29	20	24	29	
NH₃-emissie (kg N koe⁻¹ jr⁻¹)								
stal	Po	8,0	9,2	11	5,2	6,0	7,0	
	Bw	7,0	7,8	8,9	4,5	5,1	5,8	
toedienen	Zand	5,7	5,9	6,1	0,9	0,9	1,0	
	Klei	8,3	8,6	8,9	1,3	1,4	1,4	
	Veen	14	15	15	2,3	2,4	2,5	
TAN- hoeveelheid mest (kg N koe⁻¹ jr⁻¹)								
initieel		58	61	65	58	61	65	
na stal	Po	50	52	54	53	55	57	5,8%
	Bw	51	53	56	53	56	59	5,0%
na toedienen	Po: Zand	44	46	48	52	54	56	17%
	Po: Klei	41	43	45	51	53	56	23%
	Po: Veen	35	37	38	50	52	55	43%
<i>Gem. verlies TAN na stal t.o.v. initieel (%)</i>		13	14	15	9	9	11	
<i>Gem. verlies TAN na toedienen t.o.v. na stal (%)</i>		16	15	15	3	4	3	

- Voor een systeem van permanent opstallen, uitgesplitst naar grondsoort, daalt de NH₃-emissie uit de gehele mestketen (vanaf stal tot en met toedienen) met 54 tot 65% wanneer de mest wordt aangezuurd tot pH 5,5. Indien tot pH 6 wordt aangezuurd dan varieert de berekende daling tussen 35 en 44% (zie Tabel 41). Bijkomend voordeel is een hoger N-gehalte en hogere N-werking van de mest bij toedienen. Cumulatief betekent dit een 15 tot 30 kg hogere N-werking per ha uit toegediende mest (NMI, 2012 – potential of biologically acidifying cow slurry to reduce NH₃ emissions).

Tabel 41 De totale reductie in NH₃-emissie (%) voor dunne rundermest aangezuurd tot pH 5.5 of 6 in vergelijking tot onbehandelde mest van koeien die het hele jaar opgesteld zijn, uitgesplitst naar mesttoediening op zand, klei en veengrond.

Grondsoort	Aanzuren tot pH 5,5	Aanzuren tot pH 6
Zand	54%	35%
Klei	59%	39%
Veen	65%	44%

- Ook Bussink (2009) berekende dat het effectieve N-gehalte in mest zou toenemen met 17-32 kg N/ha afhankelijk of de koeien het hele jaar binnen staan of beperkt weiden en hoe de mest wordt aangewend. Door het hogere N-gehalte van de mest kan de kunstmest gift worden verlaagd of zelfs achterwege blijven. Behalve dat dit kosten bespaard leidt dit ook tot een reductie in N₂O-emissies.

Tabel 42 toont een overzicht van de resultaten zoals beschreven in de literatuur in de reductie van NH₃-emissies van aangezuurde mest ten opzicht van niet-behandelde mest. Uit deze grafiek kan afgeleid worden dat de resultaten nog schommelend zijn en soms ver uit elkaar liggen.



Tabel 42: overzicht van de resultaten zoals beschreven in de literatuur in reductie van NH₃-emissies (%) van aangezuurde mest ten opzichte van niet-behandelde mest

Referentie	Toegevoegd zuur				CH ₄			Reductie NH ₃ -emissie (%)		Toename MFE [^] %
	Studie	Mest	Type	hoeveelheid	pH	Toedienen	stal	Veld	Tot.	
Stevens et al., 1989	Lab/veld	Koe	H ₂ SO ₄ (18 M)	37 kg ton ⁻¹	5,5			95		
		Varken	H ₂ SO ₄ (18 M)	20 kg ton ⁻¹	6			82		
Pain et al., 1990	Veld	Koe	H ₂ SO ₄ (2M)	30-85 ml l ⁻¹	5,5	Breed ^{^^}		14-57		
Husted et al., 1991	Lab	Koe	HCl	80-320 meq l ⁻¹ *			35 – >99			
		Koe	CaCl ₂	80-400 meq l ⁻¹ *			27 – 87			
Bussink et al., 1994	Veld	Koe	HNO ₃ (14M)		4,5			85		
					5			72		
Clemens et al., 2002	Lab / veld	Koe	glucose	0,1 mol l ⁻¹	6			55		
					5,9			<20 hrs: 81		
Berg et al., 2006	Lab	Koe	HNO ₃ (50%)	1; 1,3; 1,5 vol%	5,7; 5,1; 4,2		17-75	29 – 71		
			Melkzuur (50%)	2; 4; 6 vol%	5,2; 4,5; 3,9		91-98	65 – 88		
Kai et al., 2008	Veld	Varken	H ₂ SO ₄ (18 M)	5 kg H ₂ SO ₄ ton ⁻¹	<6,3	Rij	70	67	72	43
	Desktop	Koe	H ₂ SO ₄ (18 M)	11 kg H ₂ SO ₄ ton ⁻¹	5,5	Sleepvoet	35	84	67	
Sorensen & Eriksen, 2009	Veld	Koe	H ₂ SO ₄ (18 M)	5,2 kg H ₂ SO ₄ ton ⁻¹	5,5	Injectie	35	84	61	0
		Varken	H ₂ SO ₄ (18 M)	10 kg H ₂ SO ₄ ton ⁻¹	5,5	Sleepslangen				39-63
						Injectie				0
						Sleepslangen				74-101

* total acidity of the slurry was 340 meq l⁻¹

[^] MFE staat voor 'mineral fertilizer equivalent' en is gedefinieerd als de hoeveelheid kunstmest-N die nodig is om dezelfde opbrengst te bereiken als 100 kg organische mest-N (Kai et al. 2008).

^{^^} Mest werd vlak voor toedienen aangezuurd in een speciaal aangepaste machine

CH₄-emissie

Meerdere studies hebben aangetoond dat de CH₄-emissie sterk afneemt of zelfs helemaal wordt stilgelegd bij aanzuren van de mest (Oenema & Velthof, 1993, Ottosen et al., 2009, Berg et al., 2006):

- In de studie van Oenema & Velthof (1993) wordt rundermest aangezuurd tot een pH tussen 6 en 3 met HNO₃. Zij stellen vast dat bij pH 6 de methanogenese al nagenoeg volledig wordt stilgelegd.
- Bij incubatie experimenten in het laboratorium vinden Berg et al. (2006) dat aanzuren met melkzuur (pH 4,2-5,7) de CH₄-emissie reduceert met meer dan 90% en aanzuren met HNO₃ (pH 3,9-5,2) de CH₄-emissie reduceert met 17-75%. Een oorzaak voor het verschil in CH₄-emissie reductie tussen het gebruik van melkzuur en HNO₃ wordt niet gegeven, maar kan veroorzaakt worden door een verschil in redoxpotentiaal die bij HNO₃ naar verwachting minder laag is dan bij melkzuur.
- In de studie van Ottosen et al. (2009) wordt varkensmest aangezuurd met H₂SO₄ tot pH 5,5. Dit resulteerde in een CH₄-emissie reductie van 50% uit de mestkelder en van 98-99% uit de opslag. De hypothese waarom de methanogenese in de mestkelder niet geheel wordt stilgelegd is de constante aanvoer van verse mest met nog wat actieve methanogenese bacteriën.
- De studie van Wang et al. (2014) toonde aan dat bij digestaat van varkensmest, aangezuurd tot een pH 6,5, de CH₄-emissie daalde met 31,2%, maar er geen significant effect was op de NH₃ en H₂S emissies (Tabel 43).

Tabel 43: karakterisatie digestaat

	Start of experiment	End of experiment		
		Gn ^a	G6.5 ^b	G5.5 ^c
Volume (l)	75	72.17	72.19	72.25
TS (g l ⁻¹)	3.88	3.50	4.20	7.10
VS(g l ⁻¹)	2.18	1.36	1.48	3.67
Ash (g l ⁻¹)	1.70	2.18	2.72	3.41
TN (mg l ⁻¹)	1467	705	718	949.4
TP (mg l ⁻¹)	162.80	51.74	55.10	72.86
COD (mg l ⁻¹)	3777	1331	1900	2378
NH ₄ ⁺ -N (mg l ⁻¹)	987.3	630	638.3	879.9
pH	7.46	8.55	8.00	7.95

TS, total solids; VS, volatile solids; TN, total nitrogen; TP, total phosphorus; COD, chemical oxygen demand; NH₄⁺-N, ammonium nitrogen. Values are arithmetic means from two repetitions per treatment, and values from the repetitions did not have significant difference ($P > 0.05$).

^a The group with no treatment before the storage.
^b The group with digested slurry acidified to pH = 6.5 using sulphuric acid before the storage.
^c The group with digested slurry acidified to pH = 5.5 using sulphuric acid before the storage.

N₂O-emissie

Het aanzuren van mest is in eerste instantie onderzocht en ontwikkeld om de NH₃-emissie uit mest te reduceren. Dit heeft tot gevolg dat het N-gehalte van de mest toeneemt. Het effect hiervan kan op twee manieren doorwerken op de directe N₂O-emissie uit de bodem. Aan de ene kant is minder kunstmest nodig wat de N₂O-emissie zal verlagen. Aan de andere kant zal een hoger N-gehalte van mest de N₂O-emissie na toedienen doen toenemen. Deze toename kan het gevolg zijn van de gecombineerde effecten van i) een toename in de verhouding N₂O/N₂ van de denitrificatieproducten bij hoger NO₃-gehalte, ii) een langere periode waarin de minerale N gehalten in de bodem zijn

////////////////////////////////////

verhoogd, en iii) een grotere hoeveelheid minerale N die in de herfst en winter in de bodem achter blijft (Velthof et al., 2000).

Tabel 44 geeft een overzicht van verschillende studies met betrekking tot N₂O-emissies door aanzuren van mest.

Tabel 44: overzicht emissiefactoren (EF) voor directe N₂O-emissies uit de bodem en de daaruit berekende verandering in N₂O-emissie voor kunstmest en organische mest door aanzuren van mest. De netto verandering in N₂O-emissie is het verschil in emissieverandering tussen kunstmest en organische mest door aanzuren van mest. De EF zijn uitgedrukt in % van het N dat vrij komt in de vorm van N₂O waarbij onderscheidt wordt gemaakt tussen minerale (min.) en organische gronden (org.). Een emissiereductie wordt weergegeven met een negatief getal, een emissietoename met een positief getal.

Bron	Emissie Factor N ₂ O (%)			Totale N ₂ O-emissie (Mton CO ₂ eq.)		Netto N ₂ O-emissie (Mton CO ₂ eq.)	
	Mest	Min.	Org.	Min.	Min. + Org	Min.	Min.+Org.
IPCC	Kunst	1,25	1,25	-0,056	-0,072		
IPCC	Org.	1,25	1,25			0	0
Kroeze 1994 / Kuikman et al. 2006	Kunst	1	2	-0,045	-0,086		
Kroeze 1994	Org.	2	2	0,090	0,115	0,04	0,06
Velthof & Oenema 1997	Org.	0,5	1	0,022	0,043	-0,02	-0,01
Kuikman et al., 2006	Org.	1,5	1,5	0,067	0,086	0,02	0,03

- Otteson et al. (2009) heeft laten zien dat de microbiële activiteit afneemt met het aanzuren van mest waardoor het gehalte makkelijk afbreekbare C verbindingen toeneemt. In potentie leidt dit tot een toename in de N₂O-emissie omdat naarmate meer makkelijk afbreekbaar koolstof (C) in de mest aanwezig is de N₂O-emissie toeneemt (Velthof et al., 2000).
- Velthof & Oenema (1993) concludeerde uit hun onderzoek dat door aanzuren met HNO₃ de N₂O-emissie steeg, maar dat dit niet het gevolg was van de pH-verandering. Zij schreven deze emissie stijging toe aan de toevoeging van NO₃⁻. In dit onderzoek werd ook het effect van twee eind pH's vergeleken en het tijdstip van aanzuren. Bij het aanzuren van mest net voor aanwending namen ze geen effect waar op de N₂O-emissie. Werd de mest een week voor aanwending aangezuurd dan leidde dit tot hogere emissies bij een pH 6 dan bij een pH 4,5.
- In 2010 volgden Fangueiro et al. de N₂O-emissie op bij aangezuurde ruwe mest, niet behandelde ruwe mest en de aangezuurde dikke en dunne fractie. In de eerste 47 dagen na incubatie werden lagere emissies gemeten zowel bij de aangezuurde ruwe mest als bij de gescheiden aangezuurde deelfracties, in vergelijking met de onbehandelde mest. Na die 47 dagen stelden Fangueiro et al. vast dat de N₂O-emissie hoger waren bij de aangezuurde ruwe mest, maar bij de aangezuurde dunne en dikke fractie de emissies lager bleven dan de niet-behandelde fracties. Een laatste conclusie hierbij was dat aangezuurde mest een vertraagde start van N₂O-emissies kent: aanzuring kan het nitrificatieproces afremmen en bijgevolg ook het denitrificatieproces, de grootste bron van N₂O-emissies.

4.6 PRAKTIJKERVARING

Gezien de beperkte toepassing buiten Denemarken en Oostenrijk is er nauwelijks beschikbare literatuur. Ook resultaten van veldproeven worden amper terug gevonden. In Nederland is er wel interesse, met het oog op de erkenning als ammoniakemissiearme stalsystemen. In Nederland werden in 2015 proefvelden met aangezuurd digestaat op grasland aangelegd op de Marke (op zandgrond) en Den Eelder (op kleigrond). Referentie was de toepassing van KAS. Uit de resultaten na één jaar onderzoek bleek de ruwvoeropbrengst (na 4 grassnedes) nagenoeg gelijk was voor het perceel waar bemest was met aangezuurd digestaat (12.098 kg ds/ha t.o.v. 12.162 kg ds/ha met KAS). Volgens de onderzoeks bestaat er bij aanzuren mogelijk een ongewenst effect op de bodem doordat je te veel



zwavel met de meststof meegeeft. Om deze reden werd dit product in het volgende seizoen niet meer meegenomen (van Zessen, 2016).

Veiligheid

Werken met geconcentreerde zuren brengt enig risico met zich mee. Naar arbeidsveiligheid toe moeten dus maatregelen getroffen worden: persoonlijke beschermingsmiddelen (schort en handschoenen die bestand zijn tegen zuur, veiligheidsbril en oogspoeldouche), pictogrammen/waarschuwborden, veiligheidsborden aanwezig bij opslag, etc.

Het systeem Syren (zie 4.1) brengt nog extra gevaar mee voor derden door het betreden van de openbare weg met sterk geconcentreerde zuren.

Stallenbouw/mesttank

De aangezuurde mest moet vervoerd of bewaard worden in een vloeistofdichte en zuurbestendige opslag. Ook bij betonnen mestkelders waarin aangezuurde mest wordt opgeslagen is enige waakzaamheid geboden. De beton kan aangetast worden, maar ook het ijzer in de beton waardoor de sterkte van de bouw aangetast wordt.

Wetgeving

Voor het aanzuren van mest in de stal zal er een opslagtank voor zuren voorzien worden. Bijgevolg zal voor deze opslag rubriek 17.3.3 moeten opgenomen worden in de milieuvergunning. Afhankelijk van de locatie van het bedrijf en de hoeveelheid opgeslagen zuur wordt klasse 1, 2 of 3 toegekend.

Meststoffen die verhandeld worden, maar die geen natuurlijk voortbrengsel meer zijn van de hoeve doordat er een bewerking is op uitgevoerd, vallen onder het Koninklijk Besluit inzake handel in meststoffen (29/01/2013). De meststof moet voorkomen op de lijst in Bijlage I van dat Koninklijk Besluit om te kunnen worden verhandeld in België of de producent moet voor de meststof beschikken over een toelating (FOD-ontheffing) van de FOD volksgezondheid, veiligheid van de voedselketen en leefmilieu.

De FOD geeft aan dat geen ontheffing aangevraagd moet worden voor aangezuurde mest, omdat de mest wordt aangezuurd om de emissies te beperken en niet om een andere meststof te maken (anno 2015).

4.7 EXTRA 1: BIOLOGISCH AANZUREN

In het hiervoor besproken Deense Infarm systeem is het aanzuren van mest gebaseerd op het toevoegen van zwavelzuur. Dit is een sterk anorganisch zuur. Het is ook mogelijk om mest biologisch aan te zuren door middel van micro-organismen. Biologisch aanzuren is het gevolg van de productie van zuur bij het omzetten van fermenteerbare koolhydraten door micro-organismen (Lameijer & Vervoort, 1995, Hendriks & Vrielink 1997, Clemens & Wulf, 2005). Bijvoorbeeld het omzetten van glucose in melkzuur door melkzuurbacteriën.

Studies waarbij door biologisch aanzuren een pH reductie tot pH 5,5 of lager wordt bereikt, laten een sterke reductie in NH₃-emissie zien, zowel uit de stal (Hendriks & Vrielink, 1997) als bij toedienen (Clemens et al., 2002). Behalve door een verlaging van de pH kan de NH₃-emissie ook worden gereduceerd doordat N wordt geïmmobiliseerd door vastlegging in micro-organismen. Omdat biologisch aanzuren nog in de onderzoeksfase zit, zijn geen studies bekend waar het effect op de emissie van broeikasgassen direct is onderzocht. In deze studie wordt hier theoretisch op ingegaan. De hypothese is dat, net als bij het gebruik van anorganische zuren, de methanogenese wordt stil gelegd wanneer de pH van de mest beneden pH 6 daalt (Oenema & Velthof, 1993). In Oostenrijk wordt sinds enkele jaren geëxperimenteerd met biologisch aanzuren van mest.

Het bevorderen van de productie van zuren in mest door micro-organismen kan op verschillende manieren. Deze variëren in het, al dan niet in combinatie, toevoegen van (Lameijer & Vervoort, 1995):

1. een organisch zuur om de pH van de mest te verlagen om de juiste omstandigheden voor een specifieke (groep) micro-organismen te creëren;
2. een ent van een specifiek zuurproducerend micro-organismen;
3. een voedingsbron in de vorm van makkelijk fermenteerbaar koolstof (C), bijvoorbeeld glucose;
4. micro-organismen of enzymen die in staat zijn macromoleculen af te breken tot substraten die als C-bron dienen voor de zuurproducerende bacteriën; en
5. colloïdaal materiaal waarop micro-organismen zich hechten, bijvoorbeeld zeoliet.

4.7.1 Voedingsbronnen voor micro-organismen

Om de zuurproducerende micro-organismen in mest te stimuleren / onderhouden kan een voedingsbron worden toegevoegd. Dit kan door direct een substraat in de vorm van een makkelijk fermenteerbare **koolstof bron (C-bron)** toe te voegen maar ook door het toevoegen van **micro-organismen of enzymen** die in staat zijn macromoleculen af te breken tot substraten die als C-bron dient voor de zuurproducerende bacteriën (Lameijer & Vervoort, 1995).

In verschillende studies waar een C-bron direct wordt toegevoegd is, of en hoeveel de pH van de behandelde mest daalt afhankelijk van het type toegevoegde C-bron. Ook de snelheid waarmee de **pH daalt**, is **afhankelijk van de C-bron**. Bij sommige C-bronnen stijgt de pH weer nadat de pH van de aangezuurde mest een minimum heeft bereikt.

In het systeem beschreven door Hendriks & Vrieling (1997) werd varkensmest eerst aangezuurd met citroenzuur tot pH 6 en geënt met melkzuurbacteriën voordat een C-bron werd toegevoegd. Als C-bron bleek tarwezetmeel wel geschikt te zijn en het goedkopere aardappelzetmeel niet. Het gebruik van gemalen tarwe resulteerde in een daling van de pH van de mest tot 5,5 na 1 week.

In tegenstelling tot Hendriks & Vrieling (1997) verlaagde Clemens et al. (2002) de pH van rundermest niet voordat een C-bron werd toegevoegd en werd de mest ook niet geënt met specifieke micro-organismen. Zij laten de endogene micro-organismen het werk doen. Als voedingsbron werd sucrose, glucose, suikerbietenresidu en bio-afval gebruikt. Bioafval was ongedefinieerd organisch huisvuil.

- Het toevoegen van zowel sucrose (concentratie > 0,03 mol l⁻¹) als glucose (concentratie > 0,1 mol/l) resulteerde in een snelle (< 65uur) daling van de pH tot een minimum tussen 4,7 en 5,3.
- Het toevoegen van suikerbieten residu had zelfs bij een hoge dosis (330 g/l) slechts een gering effect op de pH. Bovendien nam de stank toe.
- Bij het toevoegen van bioafval daalde de pH langzaam (~200 uur) tot een pH van 4,7, maar bleef na het bereiken van deze lage pH gedurende de rest van de incubatie constant (Clemens et al. 2002). Voor de langere termijn en voor emissiereducties bij toedienen lijkt het gebruik van bioafval (ongedefinieerd organisch huisvuil) positief omdat de pH niet stijgt na het bereiken van een minimum. Omdat bioafval een heterogeen mengsel is, moet met het gebruik ervan extra aandacht worden besteed aan andere componenten die hiermee worden toegevoegd aan de mest (bijvoorbeeld zware metalen en nutriënten) en veranderingen van de fysische eigenschappen van de mest.

Factoren van invloed op pH

Tarwezetmeel, sucrose en glucose worden dus snel afgebroken tot organische zuren met een daling van de pH tot onder pH 5,5 binnen 1 week als gevolg. Bij alle drie deze C-bronnen steeg, na het bereiken van de minimum pH, de pH van de mest echter weer langzaam tot waarden ruim boven pH 6 na 0,8–1,3 weken (Clemens et al., 2002) en na 4–8 weken (Hendriks & Vrieling, 1997). In latere experimenten van Clemens en Wulf (2005) bleek dat de pH meerdere weken stabiel kon blijven voordat deze weer



ging oplopen. Van belang is ook of verse mest gebruikt wordt of mest die al een tijdje in de opslag zit en waar al allerlei omzettingsprocessen hebben plaatsgevonden.

Lameijer et al. (1995) toonden aan dat de hoeveelheid zuur nodig om varkensmest aan te zuren bijna verdubbelde nadat de mest eerst 16 weken in een opslag had gezeten, voordat er werd begonnen met aanzuren. Het is daarom mogelijk dat het aanzuren van de mest tot pH 6, het continu toevoegen van **verse mest** en/of het enten met extra micro-organismen in het systeem van Hendriks & Vrieling (1997) er toe leidde dat het langer duurde voordat de pH van de mest weer boven pH 6 steeg. Clemens & Wulf (2005) vonden eveneens dat bij regelmatig toevoegen van verse mest de pH langer stabiel kon worden gehouden.

De **temperatuur** is eveneens van grote invloed. Clemens & Wulf (2005) verkregen een beter resultaat bij 20°C dan bij 8 °C. De pH daalde sneller en er kon een lagere pH worden bereikt.

Dat de pH in sommige incubatie experimenten steeg nadat een minimum pH was bereikt kan door meerdere processen worden veroorzaakt (Clemens et al., 2002, Clemens & Wulf, 2005): i) de organische zuren vervluchtigen uit de mest, ii) de organische zuren aeroob worden afgebroken, of iii) de organische zuren anaeroob worden afgebroken tot CH₄ en CO₂. Een voorbeeld is de aerobe en anaerobe afbraak van melkzuur: Bij lage pH is de anaerobe afbraak onwaarschijnlijk omdat methanogenese wordt geremd bij een pH<6 (Oenema & Velthof, 1993). Echter, als de pH stijgt, kan dit proces wel weer een rol gaan spelen.

4.7.2 Effect van biologisch aanzuren op NH₃-emissies en N-gehalte mest

Verscheidende studies laten een positief effect zien op de NH₃-emissie door biologisch aanzuren. In een onderzoek met biologisch aangezuurde varkensmest (citroenzuur tot pH 6, geënt met melkzuurbacteriën waarna deze buiten de stal werd gemixt met gemalen tarwe) daalde de pH tot gemiddeld 6,1 over 15 weken (Hendriks & Vrieling, 1997). Dit resulteerde in een NH₃-emissie uit de stal van 1,1 en 1,0 kg NH₃-N/dierplaats/jr. Ten opzichte van de emissie uit een conventionele koeienstal is dit een reductie van zo'n 88%. In een ander onderzoek (Clemens et al., 2002) resulteerde het gebruik van biologisch aangezuurde rundermest (0,1 mol/l glucose, pH 5,9) in een lagere NH₃-emissie na toedienen in vergelijking met onbehandelde mest. Dit was met name duidelijk gedurende de eerste 20 uur na toedienen (81% emissie reductie). De totale cumulatieve emissiereductie na toedienen was 41%. In een onderzoek van Berg et al. (2006) is het effect van het direct toevoegen van melkzuur onderzocht in incubatie experimenten in het lab. Het melkzuur is dus niet ontstaan door biologische omzetting van koolhydraten en gedurende het experiment moest de pH drie keer naar beneden werd aangepast door extra melkzuur toe te voegen. Bij aanzuren variërend tussen pH 5,7 en 4,2 werd een reductie in NH₃-emissie vastgesteld tussen 65 en 88%.

Deze studies laten zien dat biologisch aanzuren in potentie de NH₃-emissie zowel uit de stal (Hendriks & Vrieling, 1997 & Berg et al., 2006) als bij toedienen (Clemens et al., 2002) sterk kan reduceren. De studies geven geen uitsluitel of het toedienen van organisch zuur en/of het enten van de mest met specifieke micro-organismen essentieel is om een pH reductie te bereiken. Het toevoegen van een bepaalde C-bron lijkt wel noodzakelijk om de pH van mest te verlagen. Lameijer & Vervoort (1995) gaan ervan uit dat het nodig is om de initiële pH één keer te verlagen tot ongeveer 6,5 omdat anders de specifieke micro-organismen niet in staat zijn zuur te produceren.

4.7.3 Effect van biologisch aanzuren op broeikasgasemissies

Zover bekend, zijn er geen studies die direct het effect van biologisch aanzuren op CH₄-, N₂O- en CO₂-emissies beschrijven. In een onderzoek van Berg et al. (2006) is wel het effect van het toevoegen van melkzuur op de CH₄-emissie onderzocht. Bij aanzuren variërend tussen pH 5,7 en 4,2 bedroeg de reductie in CH₄-emissie tussen 91 en 98%. De methanogenese werd dus bijna geheel stil gelegd. Dit is in overeenstemming met de resultaten waarbij mest wordt aangezuurd met anorganisch zuur (Oenema & Velthof, 1993, Ottosen et al., 2009). Zolang de pH van de mest onder pH 6 ligt wordt de

methanogenese geremd. Het lijkt erop dat dit onafhankelijk is van de manier waarop de mest is aangezuurd. Verschillende studies laten echter zien dat na verloop van tijd de pH van mest na biologisch aanzuren stijgt, waardoor de methanogenese weer op gang kan komen. In de studie door Berg et al. (2006) werd dit voorkomen door op verschillende tijdstippen extra melkzuur toe te voegen. De methanogenese is afhankelijk van de redoxpotentiaal van mest. Oenema & Velthof (1993) vinden een veel hogere redoxpotentiaal (Eh 100 tot 400 mV) in de aangezuurde mest (HNO_3 pH<5) in vergelijking tot onbehandelde mest die sterk anaeroob was (Eh \pm -400 mV). Vanuit oogpunt van biogas productie is bekend dat de redoxpotentiaal beneden de -250 tot -330 mV behoort te liggen voor een goede methaanproductie.

Door het toevoegen van een extra C-bron aan de mest wordt de lokale C-cyclus waarin CO_2 door het gewas wordt vastgelegd en weer vrijkomt bij afbraak van mest, verstoord. De pH stijging in de incubatie experimenten duidt er op dat de gevormde biologische zuren worden afgebroken dan wel vervluchtigen (Clemens et al., 2002). Het toevoegen van een extra C-bron leidt dus tot een extra emissie van CO_2 en/of organische zuren en eventueel CH_4 wanneer de pH weer boven 6 stijgt. Op de lange termijn zal alle extra toegevoegde C weer vrijkomen. Om een netto positief resultaat te verwezenlijken op het gebied van broeikasgasemissies moet de hoeveelheid CO_2 equivalenten die vrijkomt bij afbraak van de extra C-bron die aan de mest wordt toegevoegd niet groter zijn dan de reductie in CH_4 -emissie uit de mest. Dit dient nader onderzocht te worden. Hierbij moet ook worden meegenomen dat een toename in gemakkelijk afbreekbare C-verbindingen ook resulteert in een toename in de N_2O -emissie (Velthof et al., 2000). Indien de mest uiteindelijk gebruikt wordt in een biogasreactor kan een hoger C-gehalte van de mest juist voordelen hebben. Er is dan meer gemakkelijk afbreekbaar C aanwezig hetgeen gunstig is voor de biogas productie.

4.8 EXTRA 2: FOSFORRECUPERATIE VIA AANZURING

Varkensmest bevat 3-4 kg P_2O_5 per ton, waarvan 80-95% anorganisch P. Na scheiding is het grootste aandeel P aanwezig in de dikke fractie, als precipitaat (dicalciumfosfaat of struviet) of gebonden aan het organisch materiaal. De dunne fractie bevat een kleine hoeveelheid oplosbaar P (PO_4^{3-}) en een hoeveelheid P die aanwezig is in suspensie. De pH van varkensmest varieert normaal tussen de 7 en 8. Het gehalte aan anorganisch P in oplossing bij deze pH is, in vergelijking met de totale P in varkensmest, laag. Dit fosfaat kan via een pH-daling in oplossing worden gebracht als orthofosfaat (PO_4^{3-}).

Via aanzuring kan het gehalte aan oplosbaar P dus verhoogd worden, waarna de aanwezige P in oplossing kan worden neergeslaan door toevoeging van een base.

Het Duits onderzoeksinstituut Fraunhofer IGB heeft al enkele jaren ervaring met de totaalverwerking van residuen uit land- en tuinbouw, en de precipitatie van fosfor als struviet en Ca-fosfaat. Binnen het Europees project BioEcoSIM¹ hebben zij, samen met verschillende partners, een technologie ontwikkeld waarbij via chemische aanzuring en fysische doorgedreven scheiding, fosfor neergeslaan wordt als fosforzouten. Deze fosforzouten hebben een goede kwaliteit in vergelijking met minerale P-meststoffen en zouden dan ook als meststof in de landbouw toegepast kunnen worden. Het Vlaams Coördinatiecentrum Mestverwerking (VCM vzw) heeft in 2015 een studie uitbesteed aan dit onderzoeksinstituut om de haalbaarheid van deze technologie op Vlaamse mest en digestaat na te gaan.

¹ Fraunhofer IGB instituut heeft de haalbaarheid van P-precipitatie uit Vlaamse varkensdrijfmest en digestaat nagegaan, dit via het zelf ontwikkeld procedé binnen het EU-project BioEcoSIM

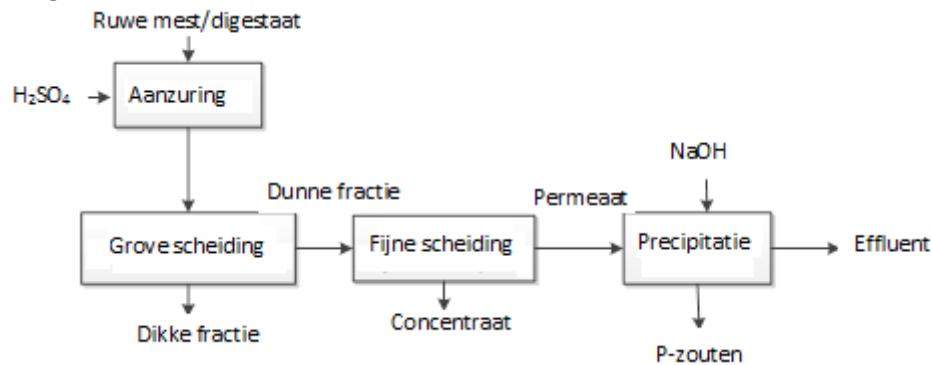
4.8.1 Techniek

In Figuur 33 wordt de technolgiecascade weergegeven.

De aanzuring gebeurt onmiddellijk op de ruwe fractie. Voordeel van deze werkwijze is dat al het aanwezige fosfor, ook hetgeen geadsorbeerd is aan het organisch materiaal, mogelijks in oplossing kan gebracht worden en neergeslaan worden als P-zouten, dit in tegenstelling tot aanzuring van enkel de dunne fractie na scheiding.

De BioEcoSIM-technologie² is gebaseerd op een grove scheiding gevolgd door een fijne scheiding. Voor de fijne scheiding, d.m.v. microfiltratie (0.2 µm) moeten de aanwezige vezels/vaste deeltjes voldoende zijn afgescheiden. Om deze redenen wordt vooraf een grove scheiding toegepast d.m.v. een eigen ontwikkelde scheidingstechniek van Fraunhofer IGB. Deze techniek wordt momenteel gepatenteerd. Voor de precipitatie van fosforzouten is het nodig om de pH opnieuw te verhogen – in dit onderzoek werd gewerkt met NaOH 45% als base. De nodige hoeveelheid base was 9 ml/kg permeaat voor varkensmest en 4.2 ml/kg permeaat voor digestaat.

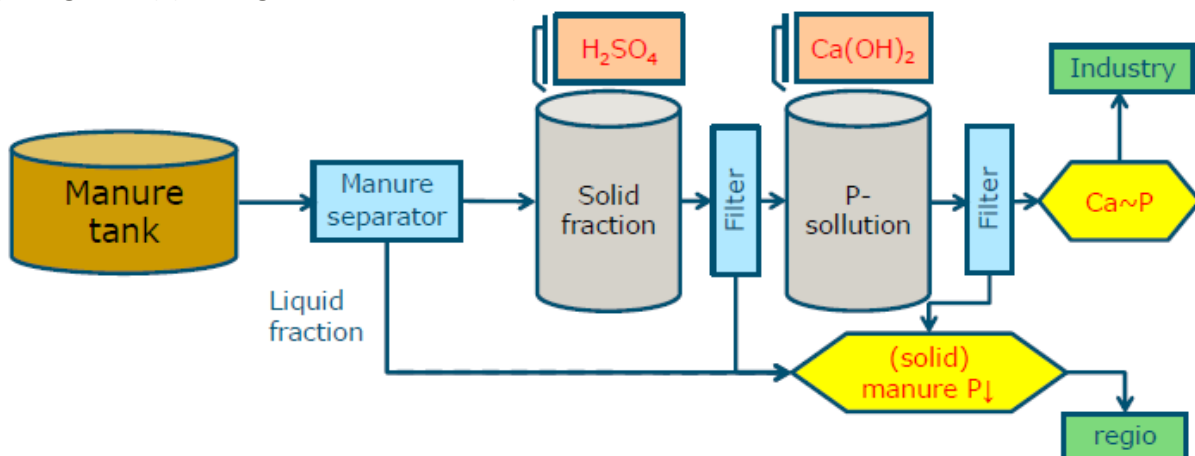
Bij verhoging van de pH slaat een mengeling van ammonium-magnesium-fosfaat (struviet), kalium-magnesium-fosfaat (K-struviet) en calciumfosfaat neer (fosforzouten).



Figuur 33: cascade P precipitatie uit ruwe mest/digestaat (BioEcoSIM technologie²)

Ook in Nederland en Frankrijk loopt onderzoek naar P-precipitatie uit mest.

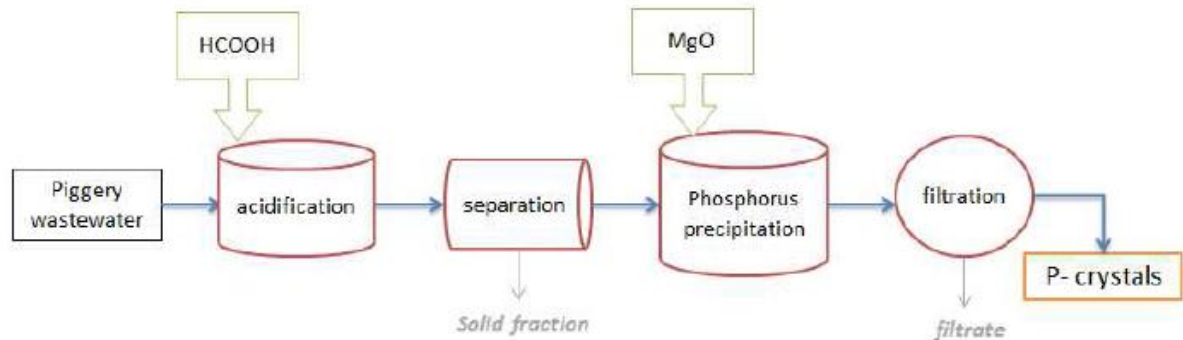
Zo gebeurt de aanzuring en P-precipitatie in Nederland (Alterra WUR) op de dikke fractie na scheiding (zie Figuur 34) (Camargo-Valero et al., 2015).



² Fraunhofer IGB instituut heeft de haalbaarheid van P-precipitatie uit Vlaamse varkensdrijfmest en digestaat nagegaan, dit via het zelf ontwikkeld procedé binnen het EU-project BioEcoSIM

Figuur 34: Algemeen schema voor P-recuperatie uit de dikke fractie van mest (Camargo-Valero et al., 2015)

In Bretagne (Frankrijk) wordt eerst een nitrificatie/denitrificatie proces toegepast op varkensmest. Tijdens de aerobe fase stijgt het aandeel aan oplosbaar P. De behandelde varkensmest heeft nu een lager bufferend effect door de N-verwijdering en een laag gehalte aan NH_4 . Daarna gebeurt de aanzuring, met mierenzuur (organisch zuur). Scheiding gebeurt pas na aanzuring (zie Figuur 35) (Camargo-Valero et al., 2015).



Figuur 35: P-precipitatie uit varkensmest, toegepast in Bretagne (Frankrijk) (Camargo-Valero et al., 2015)

4.8.2 Marktpotentieel

Uit deze eerste resultaten blijkt dat de recuperatie van fosfor uit Vlaamse mest en digestaat mogelijk is met de BioEcoSIM technologie³. Het behaalde P-recuperatie percentage voor mest en digestaat is 63% en 40% resp. van het totaal-P gehalte in de ruwe fractie. Om dergelijke percentage te bereiken, werd de mest aangezuurd tot een pH van 5, en het digestaat tot een pH van 4. In verder onderzoek kan nagegaan worden, of er eventueel nog verder aangezuurd kan worden, rekening houdend met de kosten en baten, en de samenstelling van de eindproducten.

Daarnaast is zowel in het worst case als best case scenario de economische analyse positief.

Toepassing van deze technologie in Vlaanderen zou een oplossing voor mestmanagement in Vlaanderen kunnen bieden, waarbij de P-arme fracties gebruikt kunnen worden in de Vlaamse land- en tuinbouw (ipv export), en blijft op die manier de aanwezige koolstof binnen Vlaanderen.

Verder onderzoek is nodig om deze resultaten te verifiëren. Er bestaan namelijk sterke verschillen tussen meststalen van eenzelfde type mestsoort. Bijkomende testen met meer stalen zijn daarom nodig om een meer betrouwbaar resultaat te verkrijgen.

VCM stelde een brochure op met de belangrijkste resultaten van dit onderzoek. Deze brochure is terug te vinden op de VCM-website (Publicaties – ‘Brochure recuperatie van fosfor uit varkensmest en digestaat’).

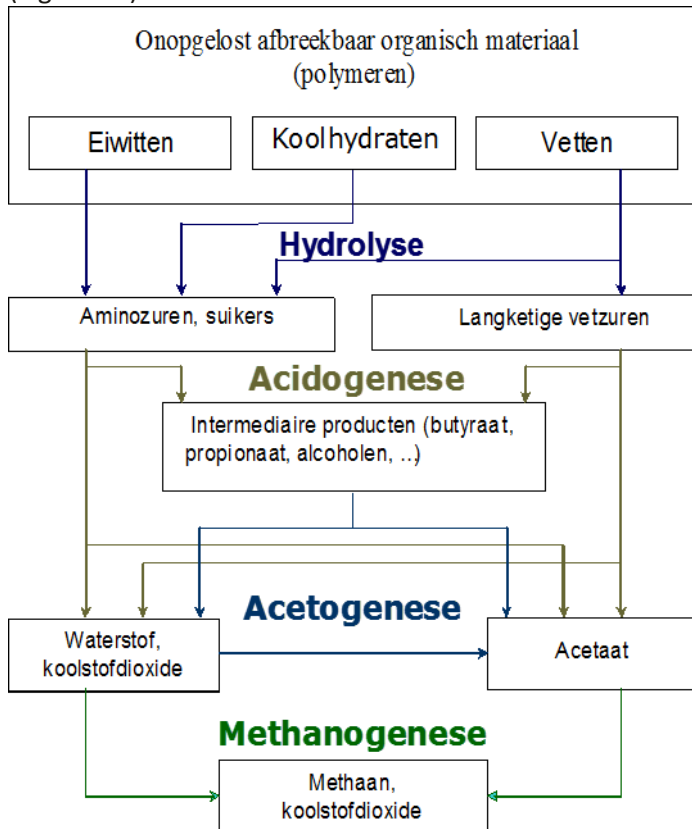
In 2016 werd deze technologie op een pilootbedrijf (vergisting) in Duitsland (Kupferzell) geïnstalleerd. In Duitsland wordt ook een eerste grootschalige installatie gebouwd.

³ Fraunhofer IGB instituut heeft de haalbaarheid van P-precipitatie uit Vlaamse varkensdrijfmest en digestaat nagegaan, dit via het zelf ontwikkeld procedé binnen het EU-project BioEcoSIM

5. POCKETVERGISTING

5.1 TECHNIEK

Anaerobe vergisting is een proces waarbij micro-organismen in afwezigheid van zuurstof complexe componenten in de biomassa afbreken tot eenvoudigere moleculen, waaronder methaan (CH_4) en CO_2 (Figuur 36).



Figuur 36: Biologische afbraak tijdens anaërobe vergisting (www.enerpedia.be)

Het gasmengsel dat ontstaat heet biogas en wordt opgevangen. Het biogas kan gebruikt worden als energiedrager voor verschillende toepassingen. In Vlaanderen wordt het biogas uitsluitend benut in een WKK-motor. Andere mogelijkheden zijn het opwerken tot aardgaskwaliteit (voor invoeden in het gasnet als groen gas) of het zuiveren en vloeibaar maken (voor productie van Liquefied BioGas of LBG). De (deels) uitgestoste biomassa wordt het digestaat genoemd.

Hoewel er geen wettelijke definitie van pocketvergisting is, is algemeen aanvaard dat het om installaties gaat die gevoed worden met bedrijfseigen biomassa in functie van de bedrijfseigen energievraag. Het elektrisch vermogen bedraagt maximaal 200 kW, de vergiste hoeveelheid verse biomassa is maximaal 5000 ton per jaar. Installaties met een vermogen kleiner dan 10kW worden ook wel microvergisters genoemd. Het bedrijfseigen karakter van pocketvergisting is wat de technologie zo anders maakt in vergelijking met grootschalige vergisting. Bij grootschalige vergistingsinstallaties is men afhankelijk van externe prijschommelingen op de biomassamarkt. Ook zijn de grotere installaties onderhevig aan lage marktvergoedingen voor de hoeveelheid geïnjecteerde elektriciteit. Het merendeel van de grote vergisters zijn co-vergisters: dit wil zeggen dat ze een combinatie van mest, energiegewassen, plantaardig en dierlijk afval innemen. Van zodra er één druppel mest in de installatie gaat, moet het digestaat als dierlijke mest afgezet worden, wat in mestdrukgebieden zoals Vlaanderen een hoge kost betekent.

Indien slechts één type biomassa wordt ingenomen, wordt er ook wel van monovergisting gesproken. In Vlaanderen zijn er enkel monovergisters op rundermest. In Nederland zijn er een 4-tal monovergisters op varkensmest. Monovergisten van varkensmest is minder voor de hand liggend omdat de hogere N-inhoud tot een inhibitie van de aanwezige bacteriën kan leiden. Het rapport van Kasper en Peters (2012) vergeleek twee monomestvergisters op varkensmest op VIC Sterksel. De conclusie van het rapport luidt dat de investering te hoog ligt voor het behaalde rendement. Bij vraag naar meer recente ontwikkelingen op de Nederlandse markt, blijkt dat men op zoek is gegaan naar goedkopere systemen, maar deze lopen tegen technische problemen aan of werken onvoldoende. Ook in Nederland is het dus nog zoeken naar een marktrijpe installatie voor varkensmest (N. Verdoes, onderzoeker Wageningen Universiteit, persoonlijke communicatie, 2014).

Om dezelfde reden vindt monovergisting van pluimveemest in Vlaanderen/Nederland momenteel geen ingang. Er wordt wel gekeken naar mogelijkheden om de stikstof te verwijderen aangezien pluimveemest een hoge biogasopbrengst heeft (tot 200m³/ton). Enkel vleeskippenmest zou hiervoor in aanmerking komen, gezien leghennenmest vervuild is met steentjes en eischalen. Naast de hoge N-inhoud kunnen ook zouten in pluimveemest inhiberend werken op het vergistingsproces. De Amerikaanse constructeur DVO heeft desalniettemin een project in Ohio waar 100% pluimveemest (27-30% DS) wordt vergist. De pluimveemest wordt eerst verdund om een mixbaar product te krijgen (10% DS). Uit het digestaat wordt ammoniak gestript. Vervolgens wordt het N-arme effluent gescheiden in een dikke en een dunne fractie. De dunne fractie keert terug naar de mengput, en wordt gebruikt om de pluimveemest te verdunnen tot een mixbaar product. Op die manier wordt tevens het ammoniakgehalte van de ingaande mix verlaagd (G. Krupnikovs, Rika Biofuels, persoonlijke communicatie, 2014).

Componenten van de installatie

De belangrijkste onderdelen van een vergistingsinstallatie zijn:

- Mestaanvoeren vooropslag

Bij mestvergisting op boerderijschaal wordt over het algemeen de mest regelmatig uit de stal verwijderd en rechtstreeks in de vergister gepompt. Als mestvergisting bij nieuwbouw of renovatie van stallen wordt toegepast, kan de stal meteen zo worden uitgevoerd dat de mest dagelijks (of een aantal keren per dag) met een transportsysteem uit de stal naar een put gaat. Vanuit de put wordt de mest in de vergister gepompt. Een mestkelder of andere langdurige opslag van onvergiste mest is in dat geval niet nodig. Dit is wenselijk omdat langdurige opslag leidt tot gedeeltelijke biologische afbraak, wat leidt tot emissies van broeikasgassen en ten koste gaat van de biogasopbrengst in de vergistingstank.

- Mestvergister en biogasopvang

De vergister is een gasdichte tank, waarin biogas uit de biomassa wordt gewonnen. De vergistingstank is geïsoleerd en wordt verwarmd om de mest op een temperatuur te houden die optimaal is voor bacteriegroei. Het verwarmingssysteem bestaat meestal uit een warmtewisselaar, warmwaterleidingen, een circulatiepomp en een warmtebron. Een vergistingstank bestaat meestal uit een betonnen of metalen (geëmailleerde) silo zoals die veelal voor de opslag van mest wordt gebruikt. Op boerderijschaal wordt ook wel een constructie gebruikt die lijkt op een mestzak.

Het biogas wordt opgevangen in een gasopslag. Om de laatste resten biogas uit de mest vrij te maken kan een navergister geplaatst worden. Het biogas bevat naast methaan en koolstofdioxide ook waterdamp en waterstofsulfide. Het water condenseert bij afkoeling van het gas en wordt in vloeibare vorm afgevoerd. Het corrosieve en giftige waterstofsulfide kan in de vergistingstank biologisch verwijderd worden. Ook precipitatie met ijzerzout is in de vergistingstank mogelijk. Bij de biologische verwijdering van waterstofsulfide wordt het biogas belucht. Bij beluchting van het biogas in de vergistingstank tot een mengsel met enkele procenten zuurstof ontstaat een reactie met



zwaveloxiderende bacteriën in de mest. Het waterstofsulfide reageert hierbij tot elementair zwavel dat als vaste stof neerslaat in het digestaat. Waterstofsulfide kan ook buiten de vergistingstank verwijderd worden, bijvoorbeeld door behandeling van het biogas met actief-koolfiltratie. Mestpompen worden gebruikt om de ruwe mest de vergister in en het digestaat de vergister uit te pompen.

- Overdrukbeveiliging

Overdruk kan optreden indien de gasopslag volledig is gevuld en het niet mogelijk is al het biogas te benutten in de gasmotor of te verwerken in de opwerkunit voor biogas. Als bijvoorbeeld de gasmotor van de warmtekrachtinstallatie uitvalt, blijft de productie van biogas een tijd doorgaan, omdat het biologische vergistingsproces niet abrupt gestopt kan worden. Een overdrukbeveiliging kan gerealiseerd worden door toepassing van een overdrukventiel, eventueel in combinatie met een fakkel. Een overdrukbeveiliging wordt automatisch in werking gesteld en blijft in werking tot een acceptabel drukniveau is bereikt. Een overdrukventiel met een waterslot of een gelijkwaardige voorziening blaast het biogas af naar de omgeving wanneer een bepaalde druk wordt bereikt. Het nadeel hiervan is dat er op dat moment een emissie van methaan en waterstofsulfide optreedt. Bij toepassing van een fakkel wordt het overtollige biogas verbrand zodat geen biogas in de lucht wordt gebracht.

- Navergisting

Digestaat uit een vergistingstank kan optioneel in een navergister worden behandeld. De navergister is voorzien van verwarming en roerwerk en heeft een gasopslag.

- Naopslag

Naopslag van vergiste mest is in de meeste gevallen nodig. De vergiste mest dient bijvoorbeeld opgeslagen te worden tijdens de verbodsperiode. Uitvoeringsvormen van naopslag zijn een extra silo, mestbassin of mestzak. Digestaat mag niet opnieuw onder de dieren gebracht worden, wegens risico's op methaan- en waterstofsulfide-emissies.

Vergistingsinstallaties in de markt onderscheiden zich in hoofdzaak op de volgende punten:

- De reactortemperatuur
Micro-organismen presteren best bij een bepaalde temperatuur. Hierbij zijn twee verschillende groepen te identificeren. Bij mesofiele vergisting zijn organismen het actiefst bij 35 à 37°C, bij thermofiele vergisting is dat bij 50 – 65°C.

- Het drogestof (DS)-gehalte
Bij een DS-gehalte in de reactor tot 15% spreekt men van natte vergisting, bij een DS-gehalte tussen 20 en 40% van droge vergisting.

Bij natte vergisters is meestal een roerwerk aanwezig dat zorgt voor een gelijkmatige temperatuurverdeling binnen de vergister, een goede menging van de mest en het voorkomen van drijf- en bezinklagen en schuimvorming.

- Meng- & voedingswijze van biomassa aan de reactor
De meest voorkomende reactoren werken hetzij continu, hetzij via propstroom, hetzij in batch. Bij natte vergisters worden hoofdzakelijk de geroerde reactoren opgesteld waar (semi)-continu biomassa aan wordt toegevoegd en uitgepompt (CSTR). Propstroomopstellingen zijn vaak langere cilinders waarbij de inputstroom er aan de ene kant in gaat en het digestaat er aan de andere kant uitkomt, hier is geen sprake van doorgedreven menging. Bij een batch-vergister wordt de biomassa in één keer als een pakket vergist in afgesloten boxen.



- **Verblijftijden**
In de gemiddelde pocketvergister geïnstalleerd in Vlaanderen verblijft de biomassa 18-25 dagen.

Inpassing op het landbouwbedrijf

De versheid van de mest is van groot belang voor de biogasopbrengst. Bij heel erg verse mest wordt een biogasopbrengst van 48 m³/ton behaald, na een paar dagen is dit maar 35-38 m³/ton meer, na 1 maand nog 25-28 m³/ton.

Pocketvergisters in Vlaanderen kunnen geïnstalleerd worden bij staluitvoeringen met roosters en daaronder een mestkelder, maar idealiter zijn stallen met een volle vloer waar via een mestschuif de verse mest telkenmale rechtstreeks naar de vergister kan gepompt worden. Er kan ook geopteerd worden voor een ondiepe kelder waaruit de mest zeer frequent naar de vergister wordt gepompt.

Energieverbruik & -productie

In Vlaanderen hebben de meeste pocketinstallaties een vermogen van om en bij de 10 kWe. Dit komt overeen met een kleine 70.000 kWh op jaarbasis, afhankelijk van het aantal draaiuren. Het eigen elektrisch verbruik van de installatie bedraagt minder dan 1 kWe.

Een deel van de geproduceerde warmte wordt gebruikt om de reactor op temperatuur te houden. De overige geproduceerde warmte kan opgeslaan worden in een buffer, en kan op melkveebedrijven bijvoorbeeld gebruikt worden voor het spoelen van melkinstallaties. Op varkensbedrijven is het mogelijk de warmte te benutten voor biggenstallen. Verder kan de warmte ook gebruikt worden in woonvertrekken.

Chemicaliënverbruik

In een pocketvergistinginstallatie wordt geen gebruik gemaakt van externe chemicaliën.

Constructeurs & verdelers

In 2014 maakten Inagro en Biogas-E een inventarisatie van pocketvergistingssystemen wereldwijd. In totaal botsten zij op een kleine 50-tal verschillende vergistingssystemen van minder dan 200 kW. De systemen variëren van een mestzak, over containers voor batchgewijze vergisting tot meerfasige gemengde reactoren. Het volledige overzicht kan u raadplegen op de Enerpedia website (www.enerpedia.be), doorklikken naar "Energie produceren" > "Mest" > "Pocketvergisting".

Volgens Biogas-E waren er eind 2015 76 kleinschalige vergistinginstallaties in Vlaanderen (De Geest et al., 2016), waarvan het merendeel in Antwerpen en Oost-Vlaanderen. Bioelectric is in Vlaanderen het enige bedrijf dat microvergisters op melkveebedrijven commercialiseert. Zij spreken van 85 verkochte installaties in België. Vooral in 2012 was er een zeer sterke aangroei, toen kwamen er 35 nieuwe installaties bij.

Op basis van de huidige melkveeproductie in Vlaanderen maakten Biogas-E en Inagro een inschatting van het potentieel van microvergisting in de melkveehouderij. In theorie zou er ruimte zijn voor 3500 microvergisters in Vlaanderen. In de praktijk moet men rekening houden met het feit dat deze vergisters pas rendabel zijn vanaf een 85-tal melkkoeien. Dit reduceert het potentieel tot 716 bedrijven. Indien echter meer geëvolueerd wordt naar het co-vergisten van andere beschikbare stromen op het bedrijf, zoals maaisels of oogstresten, is een uitbreiding naar bedrijven met minder dieren mogelijk. Daarnaast is er nog een zeer groot potentieel in Vlaanderen voor de energetische benutting van varkensmest. Doordat deze mest minder biogaspotentieel heeft en tevens een ongunstige C/N verhouding, is er op heden op de Vlaamse markt nog geen rendabele business case.



Volgens constructeur Host uit Nederland is monovarkensmestvergisting mogelijk tot een stikstofinhoud van 8 kg/ton. Desalniettemin zijn de praktijkvoorbeelden in Nederland ook erg beperkt.

5.2 SAMENSTELLING EINDPRODUCT

In 2012-2013 voerden Inagro, Boerenbond en de Bodemkundige Dienst een staalnamecampagne uit bij verschillende pocketvergisters op melkveebedrijven, waarbij de samenstelling van de ingaande mengmest wordt vergeleken met de samenstelling van het digestaat. In Tabel 45 en Tabel 46 staan de resultaten.

Tijdens het vergistingsproces wordt gemakkelijk afbreekbare organische materiaal versneld afgebroken (complexe organische verbindingen, zoals lignine, worden niet afgebroken). Zo wordt de in de mest aanwezige organische stikstof voor een groot deel omgezet in minerale stikstof. De mineralisatie die normaal in het eerste jaar plaatsvindt in de bodem, gebeurt nu deels in de reactor.

Door het hoger ammoniumgehalte en de hogere pH (afbraak vluchtige vetzuren) is het risico op vervluchtiging- en uitspoelingsverlies van stikstof groter dan bij niet-vergiste mest. Een hogere stikstofwerking kan dus enkel verkregen worden mits emissiearme aanwending.

Tabel 45: Mengmestsamenstelling (presentatie Anke De Dobbelaere op workshops pocketvergisting in 2014)

Drijfmest resultaten (in kg/1000 kg drijfmest)						
Melkveehouder	DS	OS	N_TOT	N_MIN	P2O5	K2O
1	89,8	71,1	3,98	1,94	1,3	4,47
2	94,4	75,2	4,74	2,74	1,48	5,81
3	99,2	80,4	4,63	1,99	1,89	4,6
4	99,3	80,0	4,54	2,19	1,54	3,89
5	116,0	80,8	5,08	2,47	1,6	4,38
6	80,4	64,6	4,18	2,24	1,28	3,57
7	80,0	64,2	4,18	2,06	1,32	4,14
8	136,4	93,8	4,64	1,79	1,98	4,01
9	99,2	75,6	3,72	1,69	1,92	4,38
10	88,7	68,4	3,38	1,64	1,64	4,02
Gemiddeld	98,3	75,4	4,31	2,07	1,6	4,33

Tabel 46: Digestaatsamenstelling⁴ (presentatie Anke De Dobbelaere op workshops pocketvergisting in 2014)

Digestaat resultaten (in kg/1000 kg digestaat)						
Melkveehouder	DS	OS	N_TOT	N_MIN	P2O5	K2O
1	53,8	39,0	3,41	2,12	1,02	4,18
2	75,1	56,5	4,78	3,09	1,42	5,95
3	59,5	46,2	3,97	2,49	1,49	3,96
4	61,5	45,8	4,45	2,72	1,35	4,4
5	91,5	55,8	4,36	2,68	1,55	4,52
6	53,5	40,1	3,72	2,45	1,08	3,4
7	64,8	50,3	4,09	2,57	1,3	4,44
8	80,1	55,3	4,53	2,87	1,91	4,56
9	55,5	39,3	2,79	1,81	1,35	3,78
10	58,5	40,7	3,02	1,81	1,56	4,14
Gemiddeld	65,4	46,9	3,91	2,46	1,4	4,33

⁴ Landbouwer 8 gebruikt compost in de boxen en heeft een dichte vloer. Er komt geen water mee in de put. Vandaar het hogere DS gehalte. Landbouwer 5 gebruikt vermoedelijk extra kalk in de boxen (vandaar de hoge Ca-waarden).

Hieruit kunnen verschillende zaken afgeleid worden:

- Digestaat bevat ongeveer 30% minder DS en OS dan dierlijke mest (het is de snel afbreekbare OS die verdwijnt).
- Digestaat bevat ongeveer 20% meer minerale N. Digestaat kan dus best geïnjecteerd worden. Ook kan het interessant zijn om in het najaar nog met digestaat te bemesten ipv met mengmest, door de minder lange nawerking (nitraatresidu!).
- In de gehalten aan P₂O₅, K₂O, MgO, CaO en Na₂O zit weinig variatie. Het vergistingsproces wijzigt de gehalten aan deze nutriënten niet.

Verder bleek ook dat de variatie in samenstelling tussen de verschillende staalnamemomenten een stuk groter was voor mengmest dan voor digestaat. De oorzaak is wellicht dat digestaat een homogener product qua samenstelling is dan mengmest. Daarnaast zijn er minder geurproblemen bij het uitrijden van digestaat, en is het makkelijker uit te spreiden door het lagere DS-gehalte.

Ook van de Bodemkundige Dienst en de Universiteit van Gent ontvingen we analyses van staalnames op Vlaamse digestaten. In hoeverre de analyses van de Bodemkundige Dienst afkomstig zijn van co- of mono-vergisting, is niet gekend (Tabel 47).

Tabel 47: Analyses Bodemkundige Dienst (2014) en Ecochem (2014)

Bewerkte mesttype (kg/ton)	n	DS		OS		Ntot		Nmin		P ₂ O ₅	
		gem	stdev	gem	stdev	gem	stdev	gem	stdev	gem	stdev
Dig – gedroogd of dikke fractie (BDB)	91	495.86	269.30	325.03	170.52	14.26	6.30	2.28	1.81	20.80	17.03
Dig – ruw of dunne fractie (BDB)	775	97.10	79.96	59.70	53.17	5.67	2.60	3.20	1.28	3.50	2.95
Digestaat mono-rundermest (UGent) – 1	2	75.5	4	59.3	1	4.8	0	0.41	0	1.4	0.7
Digestaat mono-rundermest (UGent) - 2	2	72	1	56.4	8	4.9	0.2	1.7	0.1	1.4	0.7

Alle waarden van BDB liggen in Tabel 47 een stuk hoger dan in Tabel 46. Dit doet vermoeden dat het voor een groot deel over digestaten uit co-vergisting gaat.

In de thesis van Luta (2014) werden ook de gehalten aan zware metalen in digestaat uit covergisting gemeten en vergeleken met de ingaande rundermest (Tabel 48, Biogas Plant B is een monovergisting rundermest).

Tabel 48: Zware metalen in digestaat (Luta, 2014)

//

Table 4.2. Metal Concentration and Comparison with Legislative Standards

Product Parameter	Unit	Biogas Plant A				Biogas Plant B				Standard	
		Sampling I		Sampling II		Sampling I		Sampling II		Proposed (EoW)	VLACO
		Feedstock	Digestate	Feedstock	Digestate	Feedstock	Digestate	Feedstock	Digestate		
Al	mg/kg	824 (±22)	3,338 (±72)	1,138 (±1)	2,309 (±12)	676 (±8)	609 (±13)	644 (±51)	764 (±34)	n.d	n.d
Cd	mg/kg	<d.l.	<d.l.	<d.l.	<d.l.	<d.l.	<d.l.	<d.l.	<d.l.	1,5	6
Co	mg/kg	<d.l.	<d.l.	<d.l.	<d.l.	<d.l.	<d.l.	<d.l.	<d.l.	n.d	n.d
Cr	mg/kg	3,9 (±1,0)	8,0 (±1,4)	5,0 (±0,0)	7,7 (±0,4)	3,3 (±0,0)	2,0 (±0,0)	2,2 (±0,1)	2,5 (±0,0)	100	250
Cu	mg/kg	18 (±1)	84 (±1)	102 (±2)	249 (±5)	45 (±0)	48 (±2)	42 (±1)	54 (±3)	200	375
Fe	mg/kg	1,844 (±53)	167,196 (±9,493)	1,966 (±22)	5,256 (±246)	1,023 (±7)	931 (±32)	985 (±30)	1,146 (±70)	n.d	n.d
Mn	mg/kg	56 (±2)	252 (±1)	267 (±16)	625 (±7)	190 (±9)	177 (±8)	186 (±5)	211 (±18)	n.d	n.d
Ni	mg/kg	<d.l.	<d.l.	<d.l.	<d.l.	<d.l.	<d.l.	<d.l.	<d.l.	50	50
Pb	mg/kg	<d.l.	<d.l.	<d.l.	<d.l.	<d.l.	<d.l.	<d.l.	<d.l.	120	300
Zn	mg/kg	93 (±1)	409 (±1)	244 (±11)	605 (±20)	221 (±0)	174 (±11)	192 (±3)	213 (±12)	600	900

Values in parenthesis are standard deviations of the means, n=2

[EoW (End of Waste Criteria); n.d (no data)]

[<d.l.(below detection limits) (< 12,5 ppm Cd); (<962,5 ppm Co);(<62,5 ppm Ni); (<187,5 ppm Pb)]

Sampling I (March 12th 2014);

Sampling II (April 8th 2014)

Tenslotte onderzochten Dekker et al. (2009) de kwaliteit van de organische stof aanwezig in het digestaat via verschillende analysemethoden. De kwaliteit is gelinkt aan de afbraaksnelheid van de organische stof. Bij een trage afbraak draagt de organische stof lang bij aan een aantal bodemeigenschappen, maar is het vrijkomen van mineralen beperkt. Bij een snellere afbraak is de organische stof voedsel voor het bodemleven en draagt ze bij aan het vrijkomen van mineralen.

De respiratiemeting is de meest gebruikte methode om de afbraaksnelheid te meten. Het principe berust op het mengen van mest met grond en vervolgens meten van de koolzuurproductie of het zuurstofverbruik (Oxiotop). In Tabel 49 staan de resultaten van het zuurstofgebruik in de Oxiotopmeting voor vergiste en niet-vergiste mestsoorten (ter referentie, stabiele compost mag maximaal een waarde van 15 mmol O₂/kg OS/uur vertonen).

Tabel 49: Resultaten zuurstofgebruik in Oxiotop-meting (Dekker et al., 2009)

Mestsoort	mmol O ₂ kg o.s./uur
Rundermengmest digestaat (RD)	40
Rundermengmest (R)	1304
Varkensmengmest digestaat (VD)	333
Varkensmengmest (V)	1052

Andere parameters zijn DON, DOC en HWC. DOC is de opgeloste hoeveelheid organische koolstof en DON de opgeloste hoeveelheid organische stikstof. Een hoge DON en daarmee een hoog stikstofleverend vermogen gaat vaak samen met een laag organische-stofopbouwend vermogen van de mest en omgekeerd. Bij grond geeft de HWC (in heet water oplosbare koolstof) een indicatie van de actieve fractie van de organische stof. Gezien de interessante informatie die meting van de HWC bij grond geeft, is het niet onmogelijk dat ook bij mest de HWC een plaats kan hebben. De waarden voor



DON, DOC en HWC gemeten door Dekker et al. (2009) staan in Tabel 50. Ter referentie, voor DOC wordt een waarde van 4g/kg aangehouden voor rijpe compost. Voor DON en HWC zijn geen streefwaarden bekend voor meststoffen.

Tabel 50: Resultaten analyses DON, DOC en HWC (Dekker et al., 2009)

Mestcode	Stikstof (gram N/kg DS)			Koolstof (gram C/kg DS)		
	N-totaal	N-org	DON	C-totaal	HWC	DOC
RD	36.0	23.05	2.85	403	35	22
R	37.2	20.77	2.26	420	32	31
VD	42.8	18.72	2.84	269	34	33
V	52.2	19.45	3.48	386	27	27

Tenslotte werd de gemiddelde afbraak van organische stof berekend uit de meststoffen in 1 jaar onder veldomstandigheden (jaargemiddelde 9°C). De gemiddelden zijn weergegeven in Tabel 51 en uitgedrukt als mg C afgebroken per gram C in de meststof. Ter referentie – de afbraak van organische stof uit GFT-compost was in dit onderzoek gemiddeld 82 mg C/gram C in de compost.

Tabel 51: Afbraak van organische stof in 1 jaar onder veldomstandigheden (Dekker et al., 2009)

Mestsoort	Gemiddeld (mg C/g C aanwezig)
Rundermengmest digestaat	107
Rundermengmest	144
Varkensmengmest digestaat	159
Varkensmengmest	167

5.3 PROEVEN MET EINDPRODUCTEN

Bemestingsproeven met digestaat zijn alomtegenwoordig in binnen- en buitenland. Daarom hebben we gekozen om de nadruk te leggen op de Vlaamse proeven, aangezien deze het meest representatief zijn wat betreft klimaat, bodemtypes en teeltkeuzes. Zowel proeven met digestaat uit co-vergisting als digestaat uit pocketvergisting (met 100% rundermest) worden hier besproken.

Veldproeven uit het buitenland

Barbosa et al. (2014) onderzochten het gebruik van digestaat, afkomstig van co-vergisting van maïs en kippenmest, in de teelten sida, maïs en luzerne. Digestaat werd als meststof vergeleken met conventionele minerale NPK meststof. Hieruit bleek dat digestaat een evenwaardige meststof was, met gelijke opbrengsten.

Albuquerque et al. (2012a) onderzochten het gebruik van 12 digestaten, afkomstig van co-vergisting. Uit het onderzoek kon afgeleid worden dat de digestaten een hoog gehalte aan N, P, K en micronutriënten hadden, en dus een goede agronomische waarde. De grote variabiliteit aan samenstelling van digestaten, zorgt er wel voor dat een analyse noodzakelijk is voorafgaand aan de bemesting met digestaat. Om een optimaal gebruik als meststof toe te laten is het belangrijk dat aan alle sanitaire voorwaarden is voldaan, en dat het organisch materiaal in het digestaat voldoende stabiel is. Enige uniformisering hierrond op internationaal niveau zou wenselijk zijn.

Albuquerque et al. (2012b) onderzochten het gebruik van digestaat van een co-vergister die varkensmest, slib en afvalwater vergist in tuinbouwgewassen (watermeloen en bloemkool). Digestaat werd als meststof vergeleken met een traditionele NPK minerale meststof en een organische meststof (rundermest). Voor watermeloen waren de opbrengsten van de plots bemest met digestaat dezelfde als deze voor de plots bemest met minerale meststof. Voor bloemkool waren enkel de opbrengsten op de plots bemest met minerale meststof goed. Stikstof uit digestaat is snel beschikbaar voor planten op korte termijn, maar er is een zeker risico op gasvormige emissies, en bovendien heeft de trage



microbiële vrijstelling van de organische stikstof ertoe geleid dat noch digestaat, noch rundermest als basisbemesting volstonden om in de stikstofbehoeften van het bloemkool-gewas te voorzien.

Vlaamse veldproeven

In 2012, 2013 en 2014 deed het Landbouwcentrum voor Voedergewassen onderzoek naar verschillende strategieën voor graslandbemesting in Geel (Hooibeekhoeve) en in Zele (HoGent). De grasproductie en de nitraatrest werden bepaald bij 4 bemestingsstrategieën:

- Klassiek rundermengmest (255 – 213 - 214 kg N dierlijk) + N-kunstmest (aangevuld tot 300 kg N werkzaam)
- Rundermengmest +25 à 28%N/ha (323 – 266 – 267 kg N dierlijk) + N-kunstmest (aangevuld tot 300 kg N werkzaam)
- Dunne fractie rundermengmest
- Digestaat van rundermengmest

Monsteranalyses gaven aan dat de minerale stikstof in de onvergiste rundermengmest 66% bedroeg, en in de vergiste rundermengmest 75%. De toegediende werkzame hoeveelheden N en P, en de berekende besparing op de aanvulling met kunstmest, wordt weergegeven in Figuur 37.

Tabel 1: Gegeven werkzame hoeveelheden N en P en besparing op aanvulling met kunstmest (LCV Geel 2013)

Object		N _{werk} (MM + KM) (BDB)	P _{werk} (enkel MM)	Besparing N KM	Besparing P KM	Besparing KM euro/ha
1	RDM	311	64			
2	RDM+*	315	80	16%	12%	72
3	Dunne fractie	328	46	5%	59%	195
4	Runderdigestaat	340	65	15%	29%	123

* boven norm voor dierlijke mest
MM = mengmest; KM = kunstmest

Figuur 37: Bemestingsscenario's grasland, LCV Geel 2013

Het LCV constateerde geen significante verschillen in de grasopbrengst. De dunne fractie geeft een hogere opbrengst (+9% in 2012, +18% in 2013). Bij digestaat is de winst kleiner. Een mogelijke verklaring is dat digestaat beter later wordt toegepast door de snellere werking van de stikstof.

Sinds 2011 doet de Universiteit van Gent samen met Inagro jaarlijks veldproeven met objecten waarin het bemestingsscenario dierlijke mest gecombineerd met kunstmest vervangen wordt door meer duurzame alternatieven. Zo wordt dierlijke mest vervangen door digestaat uit co-vergisting of een mengsel van dunne fractie van digestaat en digestaat, en wordt kunstmest vervangen door spuiwater of concentraten van omgekeerde osmose. In deze proeven werd voor alle producten een werkingscoëfficiënt van 60% aangehouden (zoals wetgevend van toepassing is in het systeem werkzame stikstof). Enkel voor spuiwater werd een werkingscoëfficiënt van 100% gebruikt. Deze proeven worden jaarlijks toegepast, in 2013 en 2014 zelfs op meerdere percelen. De teelten variëren van maïs, over bloemkool en rogge, tot gras. In 2013 was er tevens een proef in de serre met sla. De geteste digestaten, dunne fracties en concentraten van omgekeerde osmose zijn telkens afkomstig van co-vergisting. De resultaten wijzen er jaar na jaar op dat een vervanging van het klassieke bemestingsscenario door alternatieve producten zoals digestaat geen opbrengstderving met zich meebrengt, noch verhoogde risico's op nitraatuitloging. Gedetailleerde resultaten alsook berekeningen naar duurzaamheids- en financiële opbrengsten, kunnen geraadpleegd worden in de volgende publicaties:



- Vaneekhaute, C., Meers, E., Michels, E., Ghekiere, G., Accoe, F. & Tack, F.M.G. (2013). Closing the nutrient cycle by using bio-digestion waste derivatives as synthetic fertilizer substitutes: A field experiment. *Biomass & Bioenergy*, 55, 175-189.
- Vaneekhaute, C., Meers, E., Michels, E., Buysse, J., Tack, F.M.G. (2013). Ecological and economic benefits of the application of biobased mineral fertilizers in modern agriculture. *Biomass & Bioenergy*, 49, 239-248.
- De Clercq, L., Michels, E., Meers, E., Sigurnjak, I., Vaneekhaute, C., Annicaert, B., Cougnon, M., et al. (2015). Veldproeven met biogebaseerde meststoffen. Gent: Universiteit Gent.

In 2012, 2013 en 2014 voerde het Proefcentrum voor de Fruitteelt tevens veldproeven uit met dierlijk en plantaardig digestaat in de appel- en perenteelt. De proeven toonden aan dat de opbrengsten minstens evenwaardig waren aan de klassieke bemesting qua kwaliteit en kwantiteit. Een probleem voor het gebruik in de fruitteelt is wel dat digestaat verplicht moet ondergewerkt worden, hetgeen niet mogelijk is in de boomgaard.

Incubatieproeven

Tijdens incubatieproeven van de Universiteit van Gent werd de N-vrijstelling en N-mineralisatie potentieel van varkensmest, digestaat, dunne fractie digestaat (co-vergisting en plantaardige vergisting) en mineraalcontraat na RO uit mest en mineraalcontraat na RO digestaat vergeleken met de N-beschikbaarheid van kunstmest (CAN).

Netto N-mineralisatie werd opgemerkt bij alle producten die meer dan 5% N_{org} bevatten. Echter, bijkomende vrijstelling door mineralisatie was slechts een beperkte hoeveelheid (6-14%) bovenop de minerale stikstof initieel aanwezig in het product.

De N-vrijstelling van de mineraalconcentraten (zowel uit mest als digestaat) was gelijkaardig aan deze van kunstmest (slechts 10% lager). De N-vrijstelling tussen dunne fracties digestaat was significant verschillend, dit door de verschillende inputstromen van de vergisters (co-vergisting vs plantaardige vergisting). De N-vrijstelling van de dunne fractie digestaat uit co-vergisting bedroeg 84%, de dunne fractie afkomstig van plantaardige vergisting bedroeg 68%. De laagste N-vrijstelling werd opgemerkt voor ruw digestaat en varkensmest (61% resp. 66%).

Algemeen wordt besloten dat producten met een relatief lage C/N_{org} en hoge NH_4-N_{totaal} ratio een gelijkaardige werking als synthetische N-meststof hebben (Sigurnjak et al., 2017).

5.4 MARKTPOTENTIEEL

De afnemers van het digestaat zijn dezelfde als de afnemers van varkens- en rundermest op dit moment. Uit veldproeven blijkt dat digestaat een hogere stikstofwerking heeft, wat kan leiden tot een gereduceerde kunstmestgift. De werking is echter niet in die aard dat de kunstmestgift integraal kan vervangen worden door digestaat. Dit kan eventueel wel het geval zijn voor dunne fracties van digestaat, of concentraat van omgekeerde osmose (zie 5.3 – incubatieproeven).

5.5 EMISSIES

Een vergistingstank is een gesloten opstelling, zodat bij een normale bedrijfsvoering geen emissies naar de lucht kunnen optreden. Als er een emissie ontstaat, zal die vooral optreden via de overdrukbeveiliging. Als de installatie of delen daarvan uitvallen, bijvoorbeeld door een technische storing of uitval van het openbare elektriciteitsnet, stopt het vergistingsproces niet. Om te voorkomen dat bij dat soort incidenten de overdrukbeveiliging onmiddellijk in werking treedt, moet bij normale bedrijfsvoering een bepaalde buffercapaciteit in de opslag worden aangehouden. De buffercapaciteit moet in ieder geval voldoende zijn om de gasproductie van 2 uur op te vangen.

////////////////////////////////////

De warmtekrachtinstallatie moet tevens voldoen aan de VLAREM-normen met betrekking tot de uitstoot van onder andere stikstofoxiden (NOx).

De pocketvergisting resulteert echter vooral in heel wat vermeden broeikasgasemissies, door de beperkte opslagduur van de onvergiste mest. In de totale balans van broeikasgasemissies door rundveehouderijactiviteiten, neemt de mestopslag zo'n 10% in (Landbouwrapport 2012). Deze emissies worden grotendeels vermeden door de quasi directe afvoer van de mest naar de pocketvergister.

Voor de emissies bij uitrijden, zie bijlage I.

5.6 PRAKTIJKERVARING

De voornaamste terugkomende problemen zijn verstoppingen (door haren, oormerken, etc.). De mestkwaliteit is dus van primordiaal belang. De mest mag maximaal 9.5% DS bevatten, en er mag zo min mogelijk zand, spoelwater, chemicaliën en niet-verpompbaar materiaal in aanwezig zijn.

In het algemeen hebben dit type installaties vrij veel kinderziekten, maar eens stabiel draaien ze vrij goed. Het gaat hier wel om een microbieel systeem dat snelle opvolging vraagt bij eventuele problemen.

Over het algemeen blijkt de installatie bij opstart vrij veel opvolging te vragen, en moet regelmatig ingesprongen worden bij technische problemen. Afhankelijk van het onderhoudscontract en de online monitoring moet dit door de constructeur of de uitbater gebeuren. Eens de installatie stabiel draait heeft de uitbater maximaal een half uur werk per dag bij de continue systemen, omdat de mest automatisch naar de vergister wordt gepompt. De arbeidsintensiviteit hangt grotendeels af van hoe geavanceerd de sturing is.

Op vandaag draaien alle installaties op rundveemest. Binnen het lopende landbouwproject "Pocket Power - Uitbreiding van kleinschalige vergisting in Vlaanderen" (2016-2020) (met de steun van het Agentschap Innoveren & Ondernemen) wordt de haalbaarheid van pocketvergisting met varkensdrijfmest uitgetest.

Administratie

De administratieve verplichtingen (milieu- en bouwvergunning) zijn bij pocketvergisting een stuk beperkter dan bij grootschalige vergisting. Van zodra er afvalstromen worden ingenomen in de installatie wordt het geheel een stuk complexer.

Daarnaast is er ook administratie verbonden aan het ontvangen van de groene stroom- en WKK-certificaten.

Financieel

Een pocketvergister van constructeur Bioelectric kost gemiddeld zo'n €95.000. De aanleg voor benutting van de geproduceerde warmte kost gemiddeld zo'n €4.000. Daarnaast rekent men met een onderhoudskost van €3.000 per jaar. Gemiddeld kan voor dit type pocketvergister gerekend worden met een terugverdientijd van 5-7 jaar, afhankelijk van hoeveel aanpassingen er moeten gebeuren aan de bestaande infrastructuur. Een groot voordeel van een microvergister is het gebruik van de terugdraaiende teller, waardoor de geproduceerde elektriciteit gewaardeerd wordt aan een hogere prijs dan bij injectie op het net.

Binnen het huidige VLIF-ondersteuningsbeleid kan de pocketvergister niet gesubsidieerd worden. Wel kan voor alle randmaterieel een investeringssteun van 30% verkregen worden: mestmixer, mestschuif, opslag digestaat, pompsysteem en piping, scheiding afvalstromen, tussenopslag mest en volle vloer.



Voorwaarde is dat de pocketvergister gerealiseerd wordt in dezelfde periode of reeds aanwezig is en dat er altijd een functionele eenheid is tussen de pocketvergister en de genoemde investering).

De rendabiliteit van een kleinschalige vergister is sterk bedrijfsafhankelijk: de elektriciteitsbehoefte, de warmtebehoefte en –profiel, de aanwezige vergistbare stromen, de kwaliteit van de mest, de aanwezigheid van een externe mestopslag, etc.

6. BOERDERIJCOMPOSTERING

6.1 TECHNIEK

Composteren is een natuurlijk proces waarbij levende organismen (bacteriën, schimmels, protozoa, etc.) vers organisch materiaal onder gecontroleerde aerobe omstandigheden omzetten in stabiele en humusrijke compost. Compost kleinschalig op het landbouwbedrijf produceren wordt boerderijcomposteren genoemd. Om tot een goed composteerproces te komen, is een goede verhouding tussen enerzijds koolstof- en structuurrijke stromen (bruine stromen) en anderzijds stikstofrijke stromen (groene stromen) nodig.

Tijdens het composteerproces is het belangrijk temperatuur, CO₂- en vochtgehalte op te volgen. Deze parameters bepalen wanneer de composthoop moet gekeerd worden. Het keren kan meest efficiënt gebeuren met een compostkeerder. Door te keren wordt zuurstof in de hoop gebracht, en wordt de hoop homogener. Meestal wordt gekeerd bij 60-70°C. Bij het composteren van zuivere vaste mest is regelmatig keren minder aangewezen. Daarnaast kan het ook van belang zijn om vocht toe te voegen aan de hoop om het composteerproces op gang te houden. Het ideale vochtgehalte van de hoop is 50-60%. Bij het toevoegen van vocht kan door een goede dosering vermeden worden dat percolaatwater ontstaat (Viaene et al., 2014).

Types compostering

Composteren kan op veel verschillende manieren gebeuren. Van een extensieve omzetting van een mesthoop op de boerderij, tot meer gecontroleerde vormen van compostering op rillen (langwerpige hopen). De compostering kan in gesloten tunnels plaatsvinden of in openlucht. Daarnaast kan ook 100% dierlijke mest gecomposteerd worden, of kan een co-compostering plaatsvinden in combinatie met andere reststromen.

Dierlijke mest wordt meestal in gesloten systemen gecomposteerd op mestverwerkende bedrijven met hygiënisatie als hoofddoel. In dit project wordt echter het type compostering beoogt dat een verhoogde toepassing op Vlaamse landbouwgrond toelaat. Daarom bespreken we hier verder extensieve boerderijcompostering met als hoofddoel het OS-gehalte van de bodem opkrikken en de toepassing van dierlijke mest aantrekkelijker maken door een homogeen en stabiel product te produceren.

- *Pluimveemest*

In een proef met compostering van biologische pluimveemest door Reubens et al. (2013) werden volgende objecten opgezet:

Object	kippenmest	tarwestro	grasmaaisel	houtschors	graszaadstro	compost
A	10%	30%	15%	-	25%	20%
B	7,5%	30%	20%	42,5%	-	-
C	7,5%	30%	20%	-	42,5%	-



Object	kippenmest	tarwestro	grasmaaisel	houtschors	houtsnippers	graszaadhooi
D	10%	15%	21%	27%	18%	9%
E	17%	12%	17%	27%	18%	9%
F	20%	13%	13%	27%	18%	9%

Figuur 38: Samenstelling in vol% van de verschillende composthopen (Reubens et al., 2013)

Uit deze proef bleek dat de aanwezigheid van houtschors van groot belang was voor de compostering van kippenmest. Het zorgt voor een goede lucht- en waterhuishouding tijdens de compostering. Het co-composteren van de kippenmest zorgde voor een hoger % OS, en een hogere C/N- en C/P-verhouding, wat de toepasbaarheid van de compost op landbouwgrond verhoogt. Een aandeel kippenmest van 15% (volumebasis) vormt de bovengrens voor compostering in de openlucht. Daarboven liggen verliezen aan koolstof en stikstof te hoog (door het lage C/N-gehalte in de kippenmest). Dit beperkt de toepassing van boerderijcompostering van kippenmest aanzienlijk. Desalniettemin werden in deze proef ook alternatieve verwerkingsmethodes beschreven, zoals het aanbrengen van jonge compost in de scharrelruimte van de kippenstal. Deze techniek verdient verder onderzoek, o.a. naar reductie van NH₃-emissies.

Petric et al. (2009) concludeerden dat compostering van pure kippenmest niet mogelijk is door een gebrek aan koolstof (te trage afbraak van het organisch materiaal). Zij leiden af dat een mix van 83% kippenmest met 17% tarwestro (DS) een ideale mix vormt voor compostering.

- *Varkensmest*

Met de compostering van dikke fractie varkensmest in een openlucht composteringsproces is er weinig ervaring. Alle dikke fractie varkensmest wordt in gesloten systemen gehygiëniseerd zodat het kan geëxporteerd worden. Door de hoge fosforgehaltes is plaatsing op Vlaamse landbouwgrond niet aan de orde.

Een optie is wel om de varkensmest als mengmest te injecteren in te droge composthopen (bv. stalresten met veel stro), om de hoop te bevochtigen. Echter leert recent onderzoek (Optimanure II proef op 3 praktijkbedrijven – rapport binnenkort beschikbaar) dat er een groot risico op uitspoeling blijft bestaan, ook bij hoge strogehaltenes. Twijfels bestaan dus of het in open lucht composteren van varkensmest te verantwoorden is.

In het onderzoek van Vázquez et al. (2015) werd de compostering van dikke fractie varkensmest in combinatie met houtchips van populier (volumeverhouding 1:1 en 1:2) bestudeerd. Bij de compostering werd de hoop bevochtigd met dunne varkensmest. Een andere hoop werd opgezet met dikke fractie varkensmest, zaagmeel en restanten van wijnproductie.

Uit deze compostering werden gestabiliseerde composten bekomen met een stikstofinhoud van 1.8-2% en een C/N-verhouding van 14.0-18.8. Uit het onderzoek kon besloten worden dat grote hoeveelheden dunne fractie varkensmest kunnen gecocomposteerd worden met dikke fractie varkensmest en agrarische nevenstromen. Door het gebruik van de dunne fractie wordt de compostkwaliteit verbeterd. Het percolaatwater kan verder behandeld worden in een constructed wetland. De onderzoekers benadrukken wel dat de stikstofbalans en het risico op ammoniakvervluchtiging en eventueel broeikasgasproductie moet verder geëvalueerd worden.



- *Runderstalmest*

Het recent ingevoerde verbod op de opslag van vaste mest op de kopakker in de periode van 15 november tot en met 15 januari, alsook de maximale opslagduur van één maand op landbouwgrond buiten die periode, zorgt voor de nodige uitdagingen bij vleesveehouderijen, melkveebedrijven met potstal en akkerbouwers/groentetelers die mest tot in de winterperiode lieten aanvoeren om in het voorjaar (april/mei) op hun akkers uit te rijden. Veel veehouders zien zich genoodzaakt om te investeren in een mestopslag op het bedrijf. In VLAREM worden de specificaties van een mestopslagplaats op het bedrijf beschreven: de vloer moet vloeistofdicht zijn, langs drie zijden moet ze omgeven zijn door mestdichte wanden van voldoende hoogte en de vierde zijde moet dermate aangelegd zijn dat afspoeling van mestsappen niet mogelijk is. De ervaring leert dat bij opslag van stalmest heel wat interne broei optreedt, waardoor de bovenste zones van de hoop uitdrogen. De onderste zones van de hoop zijn te vochtig, waardoor anaerobe condities ontstaan, met als gevolg nutriëntenverliezen. Composteren van de hoop op de betonvloer kan hier een oplossing bieden.

Echter, ook compostering op de kopakker zou in principe een oplossing kunnen bieden, gezien het risico op uitloging hierdoor sterk beperkt kan worden. Dit heeft meerdere oorzaken: (1) de vorm van de ril, die zodanig is dat het water er mooi kan aflopen nadat zich een dunne korst heeft gevormd, in tegenstelling tot de grillige vorm van een hoop ruwe stalmest waar water meer zal infiltreren; (2) het composteringsproces zelf waarbij stikstof wordt vastgelegd in de biomassa van micro-organismen. In een proef uitgevoerd door het ILVO (Nelissen et al., 2015) werd compostering van stalmest op de kopakker gedurende 2 maanden, vergeleken met een los gestorte hoop stalmest op de kopakker, en met compostering van stalmest op de betonvloer gedurende 2 maanden.

Onbehandelde stalmest versus composteren van stalmest op de kopakker

Uit deze proef is gebleken dat de verschillen in organische stofgehalte en nutriëntsamenstelling tussen het los gestorte product en het gecomposteerde product op de kopakker beperkt waren. Een voordeel is wel dat de compost minder nat is dan de los gestorte hoop, sterk gereduceerd in volume, en fijner van structuur. Hierdoor is het gecomposteerde product beter uniform te spreiden. De proef geeft tevens een eerste indicatie dat de stikstofuitspoeling op de kopakker bij compostering kan gereduceerd worden. Verder onderzoek, ook van alternatieve behandelingen zoals opslag onder doek of op een strobed, is nodig om deze resultaten te valideren.

De NH₃-emissies waren van eenzelfde grootteorde voor beide hopen. N₂O-emissies waren eveneens van eenzelfde grootteorde gedurende de hele periode. De CO₂-emissies waren hoger voor de gecomposteerde hoop tot het derde meetmoment, waarna geen verschil meer waar te nemen was. Door het keren van de hoop bij opzet werd het afbraakproces versneld en nam de porositeit toe, waardoor de diffusie van CO₂ makkelijker werd. De CH₄-emissies waren lager voor de gecomposteerde hoop, omdat keren zorgt voor meer zuurstof en op die manier minder CH₄-emissies.

Composteren van stalmest op de kopakker versus op de beton

Uit deze proef is gebleken dat de verschillen van compostkwaliteit tussen de gecomposteerde hoop op de kopakker en de gecomposteerde hoop op de betonvloer zeer beperkt zijn. Beide producten vertoonden een vergelijkbare stabiliteit.

De NH₃-emissies waren hoger voor de composthoop op de beton (behalve op het tweede meetmoment). Een mogelijke verklaring zijn de iets hogere temperaturen in de hoop op de beton aangezien het NH₃-patroon sterk temperatuurafhankelijk is. De N₂O-emissies waren hoger op het eerste meetmoment voor de composthoop op de kopakker, maar waren nadien gelijkaardig. De CO₂-emissies waren in het begin lager op de beton, maar vanaf het vierde meetmoment net hoger in vergelijking met de hoop op de kopakker. Dit is mogelijk te wijten



aan het feit dat de hoop op de kopakker droger was waardoor de afbraakactiviteit lager was dan op de beton. De CH₄-emissies lijken eveneens iets hoger op de beton.

Om de impact van de verschillende behandelingen op gasvormige verliezen beter te begrijpen, moet verder onderzoek gebeuren. Enerzijds moet de meetmethodiek voor de gasvormige verliezen geoptimaliseerd worden en anderzijds moet de dataset worden uitgebreid. Om de dataset van gasvormige verliezen en uitspoeling naar de bodem uit te breiden, lijkt het opvolgen van praktijksituaties het meest aangewezen.

- *Dikke fractie rundermest na scheiding*

Melkveebedrijven tonen meer en meer interesse in het scheiden van mest. Op verschillende bedrijven wordt dit al toegepast, hetzij via het huren van een mobiele mestscheider, hetzij via de aankoop van een eigen mestscheider. In bijna alle gevallen wordt de mest gescheiden met een vijzelpers. De reden voor scheiding is: 1) het gebruik van de dikke fractie als boxstrooisel in de stallen, 2) een overmaat fosfor op het bedrijf, die kan teruggedrongen worden door de dikke fractie af te zetten bij een mestverwerker, 3) een betere benutting van de aanwezige N in de mest, door bemesting met de dunne fractie, die een N/P-verhouding heeft die beter aansluit bij de gewasbehoeften.

VCM was geïnteresseerd in de mogelijkheden om de dikke fractie die na scheiding overblijft op het eigen bedrijf te composteren en op die manier te hygiëniseren voor export, of niche-afzetmarkten in Vlaanderen te vinden voor dit gecomposteerde product. In samenwerking met het ILVO werd een proef opgezet waarbij de dikke fractie rundermest puur gecomposteerd werd, of opgemengd met andere reststromen (1 object opgemengd met stro (17 vol%) en gras (17 vol%), 1 object opgemengd met runderstalmest (50 vol%)). Tijdens de proef werd het composteerproces nauw opgevolgd, alsook het temperatuursverloop, de gasvormige emissies en de kwaliteit van het eindproduct.

Andere stromen worden toegevoegd om de fysische eigenschappen van de hoop te wijzigen (porositeit, structuur, deeltjesgrootte), om op die manier te voorkomen dat er anaërobie in de hoop ontstaat. Daarnaast kunnen deze stromen ook de C/N-verhouding in de hoop optimaliseren (idealiter tussen 25/1 – 35/1 bij opstart).

Periodieke temperatuurmetingen tijdens de proef toonden aan dat de temperatuur tijdens de compostering van zuivere dikke fractie van rundermest op praktijkschaal onder 70°C bleef. Dit wijst erop dat de hygiënisatienorm van minimum 1 uur bij 70°C, die verplicht is voor export, zeker niet gehaald werd. Omdat dikke fractie een vochtig (24 % droge stof bij aanvang van de proef) en eerder structuurarm materiaal is, konden anaerobe omstandigheden ook niet vermeden worden, zelfs niet bij regelmatig keren. Bovendien worden hoge gasvormige emissies (CO₂, NH₃ en CH₄) tijdens de compostering waargenomen. Toevoegen van stro en gras of stalmest aan de dikke fractie verlaagde de gasvormige emissies. Bijmenging van deze reststromen resulteerde daarenboven in een betere structuur in de hoop, met meer zuurstof en een intenser afbraakproces tot gevolg. Op die manier worden temperaturen van 70°C bereikt, al kan geen uitsluitsel gegeven worden over het bereiken van de hygiënisatienorm (minimaal 1 uur bij 70°C) door het ontbreken van continue temperatuurmetingen. De toegevoegde reststromen zorgden verder voor een droger eindproduct.

Hoewel het bijmengen van stro en gras of stalmest resulteerde in een beter composteerproces, bleek het risico op nutriëntenverliezen nog vrij hoog. Door het ILVO wordt aanbevolen om met een lager aandeel dikke fractie te werken (max 50 volume%) en nutriëntenarme, droge en structuurrijke materialen toe te voegen om het procesverloop te optimaliseren en nutriëntenverliezen te minimaliseren (Viaene et al., 2015).

Brito et al. (2008, 2012) geven dan weer wel aan succesvol dikke fractie rundermest te hebben gecomposteerd, zelfs zonder keren noch toevoeging van vocht. Om de efficiëntie van het proces te verhogen en ammoniakverliezen te minimaliseren raden ze aan het DS-gehalte van de te composteren mest zo hoog mogelijk te brengen. Weinig tot niet keren en het weglaten van een impermeabele composteerdoek bevordert de compostering van de dikke fractie. In deze proeven werd wel geen onderzoek gedaan naar gasvormige emissies.

Inpassing op het landbouwbedrijf

Starten met boerderijcompostering vergt heel wat aanpassingen op het landbouwbedrijf. Zo moet er onder bepaalde omstandigheden een vloeistofdichte betonvloer gegoten worden, waarbij het percolaatwater wordt opgevangen, tenzij men enkel gebruik maakt van bedrijfseigen reststromen, en het eindproduct uitsluitend op het eigen bedrijf toepast.

Daarnaast moet men ook een geschikte manier vinden om de composthopen te keren. Dit kan met een compostkeerder, die vrij duur is in aanschaf, maar in Vlaanderen ook op een 5-tal locaties kan gehuurd worden. Binnen het GeNeSys-project van ILVO (www.ilvogenesys.be, contactpersoon jarinda.viaene@ilvo.vlaanderen.be) werden 4 case-studies met verschillende organisatievormen voor kleinschalige compostering beoordeeld i.f.v. knelpunten en opportuniteiten (Viaene et al., 2014).

In Vlaanderen vindt boerderijcompostering vooral ingang bij bioboeren. In de reguliere sector is het aantal boerderijcomposteerdere zeer beperkt. In Wallonië en Frankrijk daarentegen zijn er heel wat meer landbouwers die aan compostering doen.

Energieverbruik

Het energieverbruik bij boerderijcompostering beperkt zich tot het energieverbruik bij het keren van de hopen.

Verbruik van toeslagstoffen of preparaten

Om het afbraakproces sneller te laten verlopen, het composteerproces te optimaliseren en aldus nutriëntenverliezen naar het grondwater en de atmosfeer te beperken, kunnen additieven zoals bv. leem, kleimineralen (zoals bentoniet of clinoptiloliet) of (preparaten van) micro-organismen worden toegevoegd bij aanvang van de compostering.

6.2 SAMENSTELLING EINDPRODUCTEN

De samenstelling van het eindproduct hangt in grote mate af van de ingaande stromen. In Figuur 39 en Figuur 40 zijn de resultaten weergegeven van de proef die uitgevoerd werd op het ILVO met stalmest en dikke fractie rundermest.



Figuur 21 Compost dikke fractie



Figuur 22 Compost dikke fractie + clinoptiloliet



Figuur 23 Compost dikke fractie + stalmest



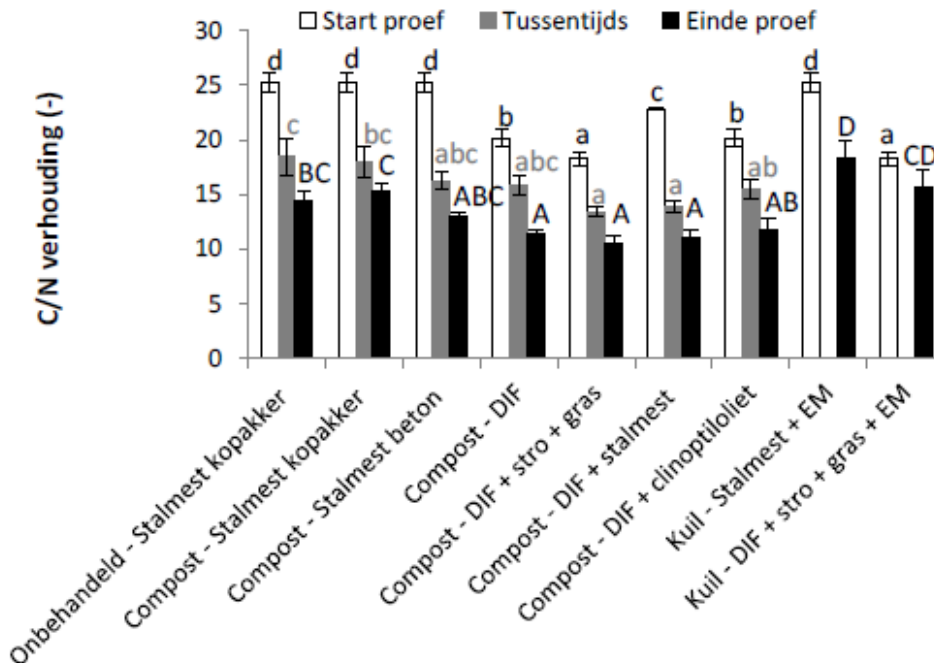
Figuur 24 Compost dikke fractie + stro + gras

Figuur 39: Visuele beoordeling compost (Viaene et al., 2015)





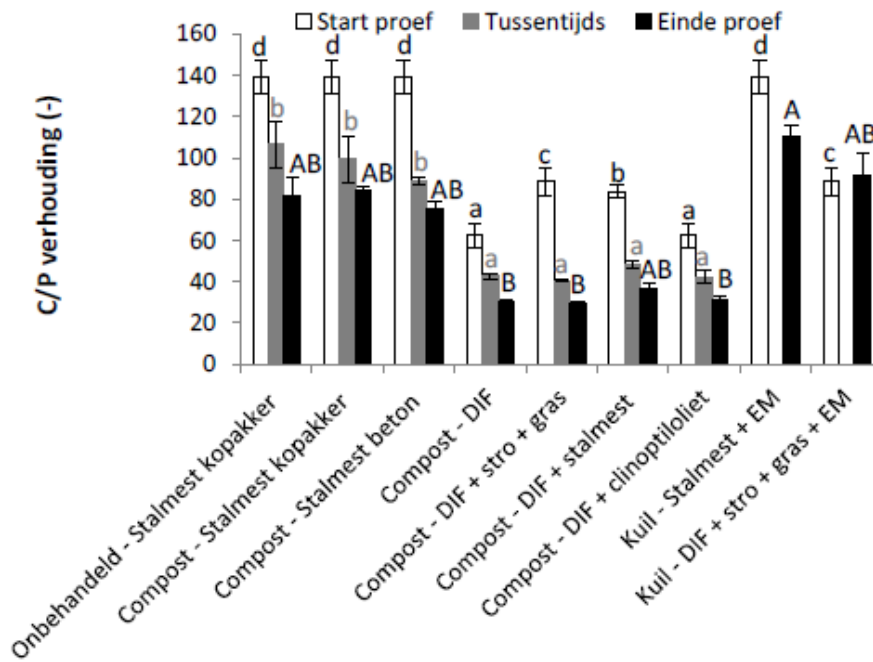
Figuur 40: Los gestorte stalmest (boven) en stalmest na 2 maand composteren (onder) (Viaene et al., 2015)



Figuur 41: C/N verhoudingen van de verschillende uitgangsmaterialen en –mengsels, de tussentijds genomen stalen en de eindproducten, DIF = dikke fractie (Viaene et al., 2015)

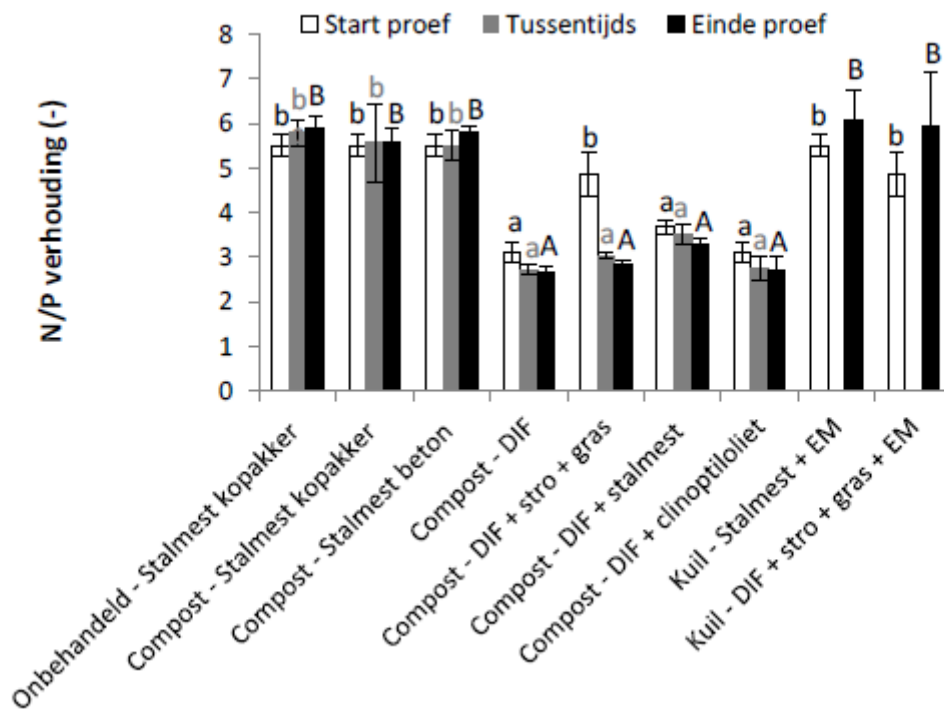
In Figuur 41 is te zien dat de C/N-verhouding daalt door de afbraak van organische stof en de vrijstelling van CO₂.





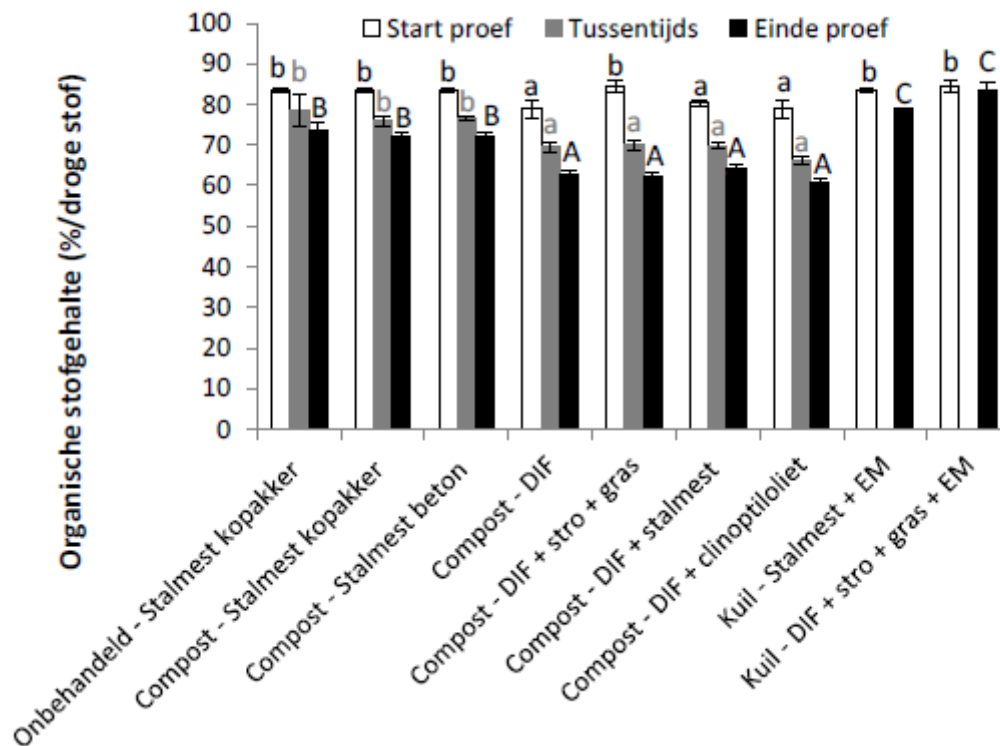
Figuur 42: C/P verhoudingen van de verschillende uitgangsmaterialen en –mengsels, de tussentijds genomen stalen en de eindproducten, DIF = dikke fractie (Viaene et al., 2015)

Figuur 42 geeft aan dat de C/P-verhouding niet significant verschilt tussen de objecten met stalmest en dikke fractie onderling – het opmengen met andere reststromen heeft dus geen impact op de C/P-verhouding van het eindproduct.



Figuur 43: N/P verhoudingen van de verschillende uitgangsmaterialen en –mengsels, de tussentijds genomen stalen en de eindproducten, DIF = dikke fractie (Viaene et al., 2015)

In Figuur 43 is te zien dat de N/P verhoudingen nauwelijks variëren doorheen het composteerproces.



Figuur 44: Procentuele organische stofgehalten op drooggewicht van de verschillende uitgangsmaterialen en -mengsels, van de tussentijds genomen stalen, en van de eindproducten, DIF = dikke fractie (Viaene, 2015)

In Figuur 44 is te zien dat het organische stofgehalte in het object waar dikke fractie opgemengd werd met stro en gras aanvankelijk hoger was, maar aan het einde van het composteerproces was geen verschil waar te nemen tussen de objecten met dikke fractie onderling.

Bij de objecten met de dikke fractie lagen de ammonium-N-concentraties lager bij de hoop waar de dikke fractie met stalmest gemengd werd dan bij de pure dikke fractie. Lagere ammonium-N-concentraties wijzen op een actiever afbraak (composteer) proces of meer verliezen. De nitraat-N/ammonium-N-verhouding was niet verschillend tussen de stalmest-objecten en dikke fractie-objecten onderling. Bij het einde van de proef werden geen verschillen vastgesteld in de P-beschikbaarheid (PCaCl₂/DTPA) tussen de stalmestobjecten onderling en tussen de objecten met dikke fractie onderling (Viaene et al., 2015).

In Tabel 52 wordt de samenstelling van de gecomposteerde stalmest (op de kopakker) weergegeven, in vergelijking met de oorspronkelijk samenstelling van de mest.

Tabel 52: Totale N, P, K, Mg, Ca, Na in de mest (uitgedrukt op droge stof basis) bij aanvang en bij afloop van de proef (gemiddelde ± 1 standaarddeviatie, n = 4 bij aanvang en n = 3 bij afloop van de proef; DS = Droge stof)

		N _{tot} (kg/ton DS)	P _{tot} (kg/ton DS)	K _{tot} (kg/ton DS)	Mg _{tot} (kg/ton DS)	Ca _{tot} (kg/ton DS)	Na _{tot} (kg/ton DS)
Wachtebeke	Aanvang proef	26,0±2,0	3,9±0,7	27,7±1,8	3,2±0,5	9,0±1,5	2,7±0,6
	Gecomposteerde stalmest	26,0±3,7	5,8±0,2	36,1±2,7	4,6±0,3	15,4±1,0	3,3±0,1
Zoersel	Aanvang proef	33,0±5,7	6,9±1,0	32,5±1,7	4,7±0,4	7,6±1,2	3,1±0,9



	Gecomposteerde stalmest	28,2±2,2	8,7±0,1	38,2±1,5	5,8±0,1	14,8±0,8	3,6±0,2
Zwevezele	Aanvang proef	27,3±2,0	5,7±0,6	32,4±1,7	3,8±0,3	11,2±1,1	5,7±0,6
	Gecomposteerde stalmest	25,9±0,8	5,8±0,2	31,1±1,2	3,8±0,1	10,9±0,1	4,7±0,1

6.3 PROEVEN MET EINDPRODUCTEN

Langetermijn veldproeven met gecomposteerde dierlijke mest zijn in Vlaanderen niet aanwezig. Er zijn wel heel wat langetermijn veldproeven met boerderijcompost afkomstig van plantaardig materiaal. Zo is uit het doctoraatsonderzoek van Thijs Vanden Nest (2015) gebleken dat compost en stalmest het gehalte aan organische stof in de bodem even veel opkrikken. Runderstalmest verhoogt zowel de snel beschikbare fosfor als de fosforuitspoeling in de bodem. De gebruikte plantaardige compost heeft dat tweede (ongewenste) effect niet. Organische stof verbetert de bodemstructuur, zorgt voor een betere lucht/waterverhouding, beter vasthouden van nutriënten (minder kans op uitspoeling) en heeft een positieve invloed op de bodembioëcologie. Ook D’Hose (2015) en Willekens et al. (2014) rapporteren over de positieve effecten op de bodem van langetermijn compostgebruik.

De hoeveelheid fosfor die uit de bodem uitloopt, hangt samen met 2 zaken: de capaciteit van een bodem om fosfor te binden, en de hoeveelheid fosfor die in de bodem aanwezig is. Naarmate een bodem meer fosfor bevat, heeft hij minder resterende capaciteit om fosfor te binden. Het fosforverlies neemt dus exponentieel toe met een stijgend fosforgehalte. Hoewel de capaciteit om fosfor te binden vooral een bodemkenmerk is, kan deze toch via organische bemesting worden beïnvloed. Bij het gebruik daarvan komen namelijk organische zuren vrij die de bindingscapaciteit voor fosfor in de bodem kunnen verlagen. Anderzijds kunnen stabiele organische verbindingen gevormd worden die fosfor insluiten en voorkomen dat fosfor gaat binden aan bodemdeeltjes, zodat de bindingscapaciteit van de bodem niet verlaagt. Omdat de samenstelling van organische meststoffen sterk verschilt, is de vrijstelling van organische zuren en/of het vormen van stabiele organische verbindingen afhankelijk van de meststof in kwestie. Dat verklaart mogelijks de waargenomen verschillen in fosforuitspoeling na langere termijn bemesting met verschillende organische meststoffen (ILVO Persbericht, 2015, Vanden Nest, 2015).

Het meest optimale is om net die organische meststoffen te gebruiken die het gehalte aan bodemorganische stof omhoog krikken, zonder dat de fosforverliezen verder toenemen.

In het buitenland werd door Gil et al. (2007) een bemestingsproef uitgevoerd met gecomposteerde dikke fractie rundermest op een maïspaneel, die uitwees dat de opbrengsten niet significant lager waren dan in het bemestingsscenario waarin bemest werd met 100% kunstmest. Na een jaar waren de pH, OS-gehalte en CEC van de bodem al significant gestegen in het object waar compost aan de bodem werd toegevoegd. In deze proef werd compost als startbemesting gegeven. Onderzoek van Shi et al. (1999) wees dan weer uit dat bodems waarop frequent gekeerde composten uit dikke fractie rundermest werden toegepast een hoger N-mineralisatiepotentieel hadden, dan de bodems waar niet-gekeerde composten op werden toegepast. Uit dit onderzoek blijkt dat compost die op intensieve manier is geproduceerd (frequent keren en bevochtigen) een hogere N-bemestingswaarde heeft dan de extensief geproduceerde composten. Ribeiro et al. (2007) onderzochten het effect van compost van dikke fractie varkensmest en houtig groenafval (in een volumeverhouding 1:3) als substraat voor tomaten- en slateelt, ter vervanging van de klassiek gebruikte substraten. Zij stelden vast dat dit type compost een evenwaardig alternatief was voor de klassieke substraten, zonder risico’s op opbrengstderving.

6.4 MARKTPOTENTIEEL

Ondanks de gekende voordelen werd in 2012 gecertificeerde groen- en GFT-compost slechts voor 4% rechtstreeks naar de Vlaamse landbouw afgezet (Vlaco vzw, 2013). De grootste toepassing van compost situeert zich namelijk in de groenvoorziening. De enquête van het Catch-C project (Bijttebier et al., 2014) bevestigt dat slechts 6,6% van de bevroegde akkerbouwers compost toepassen (n = 121). In de Vlaamse landbouw wordt compost voornamelijk in de biologische landbouw gebruikt. Eventueel zijn er ook toepassingsmogelijkheden bij bijvoorbeeld fruittelers en boomkwekers.

Een voordeel voor landbouwers kan zijn dat wanneer compost >20% DS bevat, de uitrijregeling van stalmest geldt. De belangrijkste reden waarom het gebruik van compost zo beperkt is, is dat de meeste landbouwers de dierlijke mest norm van 170 kg N/ha integraal invullen met varkensmest of rundermest.

6.5 EMISSIES

Bij de proeven van het ILVO met de compostering van dikke fractie rundermest en de compostering van stalmest werden tevens op verschillende tijdstippen de gasvormige emissies gemeten.

Hieruit konden onder meer volgende conclusies worden getrokken:

- Toevoegen van stro+gras zorgt voor lagere ammoniakemissies, toevoegen van stalmest verhoogt dan weer de ammoniakemissies tijdens de eerste maand.
- Toevoegen van stro+gras en stalmest verlaagde de CO₂-emissies.
- Toevoegen van reststromen had geen effect op de N₂O en CH₄-emissies.

Bernal et al. (2009) bevestigen dat het toevoegen van reststromen met hoog OC-gehalte bij het composteren van dierlijke mest een must zijn om ammoniakverliezen te beperken.

Er zijn weinig gegevens over de gasvormige verliezen bij het uitrijden. Algemeen kan wel gesteld worden dat bij meer uitgerijpte compost meer ammoniakale stikstof door microbiële activiteit wordt vastgelegd, en dat hierdoor de risico's op gasvormige emissies dalen. Voor emissies bij het uitrijden, zie bijlage I.

6.6 PRAKTIJKERVARING

Het composteerproces is technisch vrij eenvoudig, maar vereist wel een zekere opvolging (temperatuur, zuurstof- en vochtgehalte), om te weten wanneer de hoop moet gekeerd worden. Hiervoor kan het noodzakelijk zijn een temperatuur- en CO₂-sensor aan te schaffen.

De tijdsinvestering is sterk afhankelijk van de intensiteit van de beoogde compostering. Een intensieve, gecontroleerde compostering waarbij het proces nauwgezet opgevolgd wordt en er regelmatig gekeerd en/of bewaterd wordt, vraagt logischerwijs meer tijd. De kwaliteit en rijpheid van de eindproducten zijn vaak in verhouding tot de geleverde inspanning.

In voorbije proeven bij het ILVO was er een totale tijdsinvestering van 40 uur voor opzet, opvolging, keren, toevoegen materiaal, ...

Administratie

Indien enkel bedrijfseigen restproducten gebruikt worden en de compost voor eigen gebruik is, is geen milieuvergunning vereist. Indien de landbouwer groenafval of mest van derden verwerkt, dient hij over een milieuvergunning te beschikken en in bepaalde gevallen op een vloeiendvrije betonvloer te werken. Afhankelijk van het type materiaal en de capaciteit is er een klasse 1, 2 of 3 Milieuvergunning nodig (VLAREM).

Financiering

//

De vloeistofdichte betonvloer is een grote investering, alsook de compostkeerder (€33.000 – prijs is zeer afhankelijk van het type). Compostkeerders kunnen echter vaak ook tweedehands aangekocht worden. De grote keerders kosten dan nog zo'n €27.000 (Ménard). De compostkeerder is echter ook te huur op een 5-tal plaatsen in Vlaanderen.

Om de insijpeling van regenwater te verhinderen (en zo ook nutriëntenuitspoeling en anaerobe omstandigheden te voorkomen) is een compostdoek aangewezen. Ook dit is een extra kost (€2,18 per m²) voor de landbouwer.

Daarnaast kan ook de kostprijs van de co-stromen een grote impact op de financiële haalbaarheid. Er moet echter niet altijd betaald worden voor de co-stromen, bijvoorbeeld als het mogelijk blijkt om reststromen uit natuurbeheer (ruw maaisel) bij te mengen, al dan niet na een voorcompostering.



7. SWOT-ANALYSES

7.1 SCHEIDING

<p>(S) Sterktes</p> <ul style="list-style-type: none"> • Lage investeringskost indien laagtechnologische scheiding (geschikt op individueel landbouwbedrijf) • Mobiele installatie mogelijk (ook hoogtechnologische scheiding geschikt op individueel landbouwbedrijf) 	<p>(W) Zwaktes</p> <ul style="list-style-type: none"> • Eventueel hulpstoffen nodig voor hoger scheidingsrendement • Hoge investeringskost indien hoogtechnologische scheiding (niet meer geschikt op individueel landbouwbedrijf)
<p>(O) Opportuniteiten</p> <ul style="list-style-type: none"> • Eindproduct dunne fractie: veel N, weinig P – interessante meststof (betere invulling N-behoefte met dierlijke mest) • VLIF-steun voor mestscheiding op bedrijfsniveau 	<p>(T) Bedreigingen</p> <ul style="list-style-type: none"> • Afzet dikke fractie nog steeds nodig (kost) • Bij afzet dikke fractie wordt ook koolstof afgezet • Extra opslag nodig (voor dikke en dunne fractie)

7.1.1 Vijzelpers

<p>(S) Sterktes</p> <ul style="list-style-type: none"> • Geschikt voor rundveemest • Vooral hoog scheidingsrendement droge stof (20-35%) (minder voor nutriënten - fosfaat) • Lagere investering (dan centrifuge) • Lager energieverbruik (dan centrifuge) • Lagere onderhoudskost (dan centrifuge) • Robuust, lange levensduur 	<p>(W) Zwaktes</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ongeschikt voor zeer dunne mestsoorten en minder geschikt voor varkensmest/digestaat (te weinig structuur) • Lager scheidingsrendement nutriënten (P) (dan centrifuge) (20-30% P) • Lagere capaciteit (dan centrifuge) • Meer storingsgevoelig (o.a. zand) dan eenvoudige mestscheiders (vb zeefbocht)
--	---

<ul style="list-style-type: none"> • Mobiele installatie mogelijk • Via aanspannen conisch punt kan DS-gehalte en capaciteit zelf aangepast worden • Gesloten uitvoering (geen emissies tijdens scheiding) 	
<p>(O) Opportuniteiten</p> <ul style="list-style-type: none"> • Hoge DS-gehalten mogelijk (indien wettelijk toegelaten: gebruik dif als boxstrooisel) • Eindproduct dikke fractie: relatief weinig fosfaat (minder afscheiding naar dif ivm centrifuge) – meer toevoeging C aan bodem • Toepassing op individueel landbouwbedrijf mogelijk (cfr. kostprijs, capaciteit) • VLIF-steun voor mestscheiding op bedrijfsniveau 	<p>(T) Bedreigingen</p> <ul style="list-style-type: none"> • Meer P in dunne fractie (lager scheidingsrendement) • Nodig om meer mest te scheiden om voldoende fosfaat af te voeren

7.1.2 Zeefbocht

<p>(S) Sterktes</p> <ul style="list-style-type: none"> • Geschikt voor zowel varkens- als rundermest, en digestaat • Eenvoudige werking • Lage investerings- en operationele kost • Weinig onderhoud • Mobiele installatie mogelijk 	<p>(W) Zwaktes</p> <ul style="list-style-type: none"> • (te) Laag scheidingsrendement • Open uitvoering (emissies)
<p>(O) Opportuniteiten</p> <ul style="list-style-type: none"> • Geschikt als voorscheiding van te dunne mest 	<p>(T) Bedreigingen</p>

<ul style="list-style-type: none"> • Toepassing op individueel landbouwbedrijf mogelijk (cfr. kostprijs en capaciteit) • VLIF-steun voor mestscheiding op bedrijfsniveau 	<ul style="list-style-type: none"> • Beperkt bruikbaar (enkel dunne mest) en steeds in combinatie met een andere techniek (centrifuge)
--	---

7.1.3 Centrifuge

<p>(S) Sterktes</p> <ul style="list-style-type: none"> • geschikt voor scheiding van zowel varkens- als rundermest • Hoog scheidingsrendement (60-70% P) • Hoge capaciteit • Zowel mobiel als stationair • Via druk en toerental kan nutriëntensamenstelling eindproduct zelf aangepast worden • Gebruik hulpstoffen niet noodzakelijk, wel optie • Gesloten uitvoering (geen emissies tijdens scheiding) 	<p>(W) Zwaktes</p> <ul style="list-style-type: none"> • Hoge investerings- en operationele kost • Hoog energiegebruik • Slijtage door zand • Hoge onderhoudskost • Mobiele installatie mogelijk, maar mogelijks meer storingsgevoelig tijdens transport
<p>(O) Opportuniteiten</p> <ul style="list-style-type: none"> • Eindproduct dunne fractie: veel N, weinig P – interessant product • Scheiding op extern bedrijf (biologische mestverwerkingsinstallatie) – terugname dunne fractie voor uitrijden op land 	<p>(T) Bedreigingen</p> <ul style="list-style-type: none"> • Minder geschikt op individueel landbouwbedrijf (cfr. kostprijs en capaciteit)

7.2 GESCHEIDEN STALCONSTRUCTIES

(S) Sterktes <ul style="list-style-type: none">• Geschikt voor zowel varkens (vleesvarkens, dek- en drachtstallen in aanvraag) als melkvee• In de urine is bijna alle N ammonium-N en zit nauwelijks P• De dikke fractie is zeer geschikt voor vergisting• Gunstiger stalklimaat dan bij end-of-pipe technieken• Erkend als emissiearm stalsysteem in de varkenshouderij• Extra arbeid is beperkt	(W) Zwaktes <ul style="list-style-type: none">• Kostenplaatje bij melkveehouderij (bij varkens alternatief voor luchtwasser en kelder)• Recent uitgevoerde stallen – levensduur systeem (bewegende delen) weinig gekend• Er moet een externe mest- en urineopslag zijn
(O) Opportuniteiten <ul style="list-style-type: none">• PAS – emissiereducerende technieken in de melkveehouderij gezocht• Emissiearm bouwen in de varkenshouderij is verplicht	(T) Bedreigingen <ul style="list-style-type: none">• Investering enkel bij bouw nieuwe stal (malaise id varkenssector – weinig nieuwe stallen)

7.3 MENGEN

(S) Sterktes <ul style="list-style-type: none">• Relatief beperkte investeringskost• Groeipotentieel productie mest op maat• Meer OS/meer ton dierlijke mest aanwenden• Zowel in opslag, als tijdens uitrijden• Sleepslangstelsysteem: minder bodemcompactatie• Aantal werkgangen beperken• Kunstmestgebruik beperken	(W) Zwaktes <ul style="list-style-type: none">• Extra transporten buiten uitrijperiode• Extra administratie – register (>300 kg P2O5)
--	--

<p>(O) Opportuniteiten</p> <ul style="list-style-type: none"> • VLIF-steun scheider • Hoge kunstmestprijzen 	<p>(T) Bedreigingen</p> <ul style="list-style-type: none"> • Verlies kunstmeststatuut spuiwater door centrale opmenging • Milieuvergunning • Grote mestopslag nodig • Extra transport • OVAM/FOD-reglementering
--	---

7.4 AANZUREN

<p>(S) Sterktes</p> <ul style="list-style-type: none"> • Kan toegepast worden op zowel varkensmest als rundermengmest • Meer minerale N in eindproduct • Extra administratie is beperkt • NH₃- en CH₄-emissies beperkt 	<p>(W) Zwaktes</p> <ul style="list-style-type: none"> • Hoge aanvoer van S werkt nadelig op de spoorelementen voorziening van rundvee (Bussink et al, 2007)Aankoop zuren • Lage pH • Niet alle mestkelders lenen zich er toe om op te mengen met zuren – aantasting beton • Stankoverlast (Sørensen & Eriksen, 2009; Ottosen et al., 2009)/ geen sign. verschil in geur/andere geur (Kai et al., 2008) • Arbeidsveiligheid: mestgassen - opslag/transport zuren
<p>(O) Opportuniteiten</p> <ul style="list-style-type: none"> • Alle bedrijven lenen zich er toe om dit toe te passen • IHD en PAS-verhaal • Opwaarderen beschikbare spuiwaterstromen • Geen FOD-ontheffing nodig 	<p>(T) Bedreigingen</p> <ul style="list-style-type: none"> • Principe is niet bekend in Vlaanderen – geen Vlaamse constructeurs • Oplossing voor meer mest op Vlaamse landbouwgrond is beperkt – rundveemest wordt sowieso grotendeels op Vlaamse landbouwgrond gebracht – meer N blijft in mest, minder tonnage uitrijden • Geen AEA systeem • Opslag zuren

7.5 POCKETVERGISTING

<p>(S) Sterktes</p> <ul style="list-style-type: none"> • 100% bedrijfseigen mest • Meer minerale N in eindproduct – snelle werking • Reductie emissies uit de stal bij langdurige opslag • Groene energieproductie 	<p>(W) Zwaktes</p> <ul style="list-style-type: none"> • Enkel geschikt voor rundermest (moeilijk met varkensmest, pluimveemest) • Gehalte aan P₂O₅ in eindproduct wijzigt niet • Opvolging bij opstart is intensief • Hoger risico op vervluchtiging door pH en ammoniakale N • Aparte mestopslag nodig
<p>(O) Opportuniteiten</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sterke constructeur van Vlaamse bodem • Grote bekendheid bij melkveehouders • Afschaffen melkquotum – meer bedrijven komen in aanmerking • VLIF steun • Terugdraaiende teller • Extra administratie is beperkt 	<p>(T) Bedreigingen</p> <ul style="list-style-type: none"> • Oplossing voor meer mest op Vlaamse landbouwgrond is beperkt – rundveemest wordt sowieso grotendeels op Vlaamse landbouwgrond gebracht • Standaard melkveebedrijf heeft een beperkte warmtevraag • Niet alle melkveebedrijven lenen zich voor deze technologie

7.6 BOERDERIJCOMPOSTERING

<p>(S) Sterktes</p> <ul style="list-style-type: none"> • Eindproduct is homogener en stabiel • Indien hygiënisatie is bereikt, kan het eindproduct ook (deels) geëxporteerd worden • Humusopbouw in de bodem 	<p>(W) Zwaktes</p> <ul style="list-style-type: none"> • Alleen geschikt voor vaste fracties • Fosfor wordt niet afgescheiden (toepasbaar voor pluimvee- en varkensmest?) • Mest alleen composteert onvoldoende – reststromen zijn niet altijd aanwezig op het bedrijf • Vrij arbeidsintensief tov andere technieken • Indien externe stromen worden aangetrokken – dure investering in betonvloer • Compostkeerder moet ter beschikking zijn • Emissies zijn onvermijdelijk
--	---

(O) Opportuniteiten

- Aanpak koolstoftekort in Vlaamse landbouwbodems
- Er zijn reeds compostkeerders te huur
- Wetgevende inperking opslag op de kopakker
- Veel interesse op melkveebedrijven voor mestscheiding (waarbij afzet voor dikke fractie nodig is)

(T) Bedreigingen

- Administratie is vrij zwaar van zodra reststromen of mest van derden wordt aangetrokken
- Onzekerheidsfactor: kostprijs van co-stromen

8. CONCLUSIE

Op basis van de resultaten uit de SWOT-analyse kunnen volgende conclusies worden getrokken.

De zeefbocht heeft een te laag scheidingsrendement, waardoor deze techniek enkel interessant is als voorscheiding van heel dunne mest. Dit nadeel weegt zwaarder door dan het feit dat dit een eenvoudige, low-cost techniek is.

De vijzelpers daarentegen kan wel een hoog scheidingsrendement halen, maar vooral voor droge stof, minder voor fosfaat. De dunne fractie bevat dus nog belangrijk aandeel fosfaat, waardoor deze een minder gunstige N/P verhouding heeft, dan de dunne fractie van de centrifuge. Wegens de hoge investerings- en operationele kost is het gebruik van een centrifuge op een individueel landbouwbedrijf minder interessant. Echter zou wel gebruik kunnen gemaakt worden van een mobiele scheider, of kan de mest bij een bestaande mestverwerker (met centrifuge) gescheiden worden, waarbij de dunne fractie terug afgenomen wordt door de akkerbouwer.

De LNP-vijzelpers lijkt ook beloftevol, maar heeft zich in de praktijk nog onvoldoende bewezen voor toepassing in de veldproeven binnen Luik 2. De dunne fractie na scheiding met de Low Nutrient Press van varkensdrijfmest wordt wel in de incubatie- en potproeven meegenomen.

Urine en vaste mest scheiden aan de bron door middel van gescheiden stalconstructies heeft verschillende voordelen. Zo is de vaste verse mest zeer geschikt voor gebruik in biogasinstallaties. Gezien deze technologie echter enkel bij nieuwe stallen kan geïmplementeerd worden, wordt deze techniek door de stuurgroep niet geselecteerd voor Luik 2.

Door mengen van verschillende mestsoorten met een verschillende N/P-samenstelling kan een meststof bekomen worden met een samenstelling die nauw aansluit bij de behoefte van het gewas. Op die manier kan de norm beter ingevuld worden met dierlijke mest en kan het kunstmestgebruik beperkt worden (aanvoer organische stof, beperking kosten); dit met een relatief beperkte investeringskost. Akkerbouwers passen reeds verschillende mestsoorten toe; door het mengen voor uitrijden kan het aantal werkgangen beperkt worden, waardoor bodemverdichting door uitrijden beperkt wordt. Opmenging biedt veel potentieel om een meststof op maat te maken, maar vraagt uiteraard extra werk. Verwacht wordt echter dat het de moeite loont om aan opmenging te doen, temeer met bemestingsnormen die sterk afwijken van de werkelijke inhoud van de varkens- en rundermest (N/P-verhouding). Het mengen van mestsoorten lijkt daarom heel beloftevol en wordt door de stuurgroep geselecteerd voor Luik 2. Mengen van spuiwater met ruwe mest wordt niet opgenomen, gezien hier in de praktijk al veel ervaring mee is. Een courante praktijk is de opslag van het spuiwater in de mestkelder. Echter is hier het gevaar van vorming van mestgassen, waardoor dit afgeraden wordt. Menging op het veld is wel een mogelijkheid, waarbij de N en S behoefte van de plant, door menging van ruwe mest en spuiwater beter ingevuld kan worden. Gezien de aanwezige praktijkervaring, en het gevaar op vorming van mestgassen indien menging in de kelder, wordt dit niet verder opgenomen in Luik 2.

Aanzuren van mest, hetzij in de stal, hetzij bij uitrijden, heeft belangrijke voordelen naar het reduceren van ammoniakemissies toe. Door aan te zuren wijzigt de N/P/K-samenstelling echter niet, en bovendien zijn er

veiligheidsrisico's verbonden aan het gebruik van sterke zuren op landbouwbedrijven. Deze techniek wordt om deze redenen niet geselecteerd door de stuurgroep voor Luik 2. Wel wordt de techniek van P-precipitatie verder onderzocht (Luik 2), waarbij aanzuren nodig is om de fosfor in oplossing te brengen. Reductie van P in mest kan er namelijk voor zorgen dat bemesting met dierlijke mest niet P-limiterend is, waardoor meer dierlijke mest toegepast kan worden en zo meer organische koolstof aan de bodem toegediend kan worden.

Verschillende melkveehouders hebben reeds geïnvesteerd in een pocketvergister. Op die manier kunnen zij groene energie uit de mest genereren, en wordt emissie uit de stal door opslag vermeden. Het digestaat bevat een groter aandeel minerale N dan de oorspronkelijke ruwe mest. Deze meststof heeft dus een snellere werking dan de onbewerkte mest, en lijkt daarom een interessant product om de bemestingsnorm maximaal in te vullen met dierlijke mest. Deze techniek wordt door de stuurgroep dan ook geselecteerd door Luik 2.

Het composteren van dikke fractie mest/stalmest resulteert in een homogener en stabiel product dan de ruwe mest. Deze techniek is toepasbaar op het individueel landbouwbedrijf, en kan gecombineerd worden met scheiding (waarbij de dunne fractie direct als meststof wordt gebruikt). Door aanbreng van boerderijcompost kan het organische stofgehalte in de Vlaamse bodem aangevuld worden. Binnen MAP5 is bovendien bepaald dat op landbouwgronden, ingedeeld als klasse I of klasse II, slechts 50 % van de hoeveelheid P₂O₅, afkomstig van boerderijcompost, moet meegerekend worden bij het bepalen van de bemestingsdosis. Op die manier wordt het gebruik van boerderijcompost (aanvoer koolstof bodem) gestimuleerd. Dit type mestbewerking wordt door de stuurgroep geselecteerd voor Luik 2.

Daarnaast lijkt P-recuperatie een steeds belangrijke techniek om de P-inhoud van mest te reduceren en op die manier de dierlijke mest beter te kunnen valoriseren. Binnen het Europees BioEcoSIM project werd een technologie ontwikkeld waarbij via chemische aanzuring en fysische doorgedreven scheiding, fosfor neergeslagen wordt als fosforzouten (Fraunhofer procedé). De aanzuring gebeurt op de ruwe mest, waarna de scheiding gebeurt. Gezien deze techniek als veelbelovend wordt geëvalueerd, wordt besloten om in Luik 2 de overblijvende aangezuurde dikke fractie te onderzoeken. Deze P-arme dikke fractie zou dan ook nuttig ingezet kunnen worden in de Vlaamse landbouw (C-rijke meststof).

Op basis van de screening in Luik 1 worden 13 mestproducten gekozen voor karakterisatie binnen Luik 2; dit voor aanwending in de incubatie- en potproeven, en/of voor aanwending in de veldproeven.

Volgende mestproducten worden opgenomen in de incubatie- en potproeven:

- ruwe runderdrijfmest
- digestaat van pocketvergisting
- gecomposteerde stalmest
- dunne fractie varkensdrijfmest met lage minerale N gehalte
- ruwe varkensdrijfmest
- dunne fractie varkensdrijfmest na Low Nutrient Press (zie 1.1.1)
- dikke fractie varkensdrijfmest na Low Nutrient Press (zie 1.1.1)
- ruwe varkensdrijfmest voor Low Nutrient Press (zie 1.1.1)
- dikke fractie varkensdrijfmest

- dikke fractie van aangezuurde drijfmest (BioEcoSIM⁵) (zie 4.8)
- dikke fractie digestaat
- dikke fractie van aangezuurde digestaat (BioEcoSIM⁵) (zie 4.8)

Volgende mestproducten en combinaties van mestproducten worden opgenomen in de veldproeven:

- ruwe varkensmengmest
- ruwe rundermengmest
- MINGEN – ruwe varkensmengmest + ruwe rundermengmest
- CENTRIFUGE - dunne fractie varkensmengmest na centrifuge
- POCKETVERGISTING - digestaat van pocketvergisting rundermengmest
- MINGEN + CENTRIFUGE - ruwe varkensmengmest + dunne fractie varkensmest na centrifuge
- MINGEN + BOERDERIJCOMPOSTERING + CENTRIFUGE – boerderijcompost runderstalmest + dunne fractie varkensmest na centrifuge
- kunstmest

Deze producten worden op de teelt van bloemkool, aardappelen, prei en maïs toegepast.

⁵ Fraunhofer IGB instituut heeft de haalbaarheid van P-precipitatie uit Vlaamse varkensdrijfmest en digestaat nagegaan, dit via het ontwikkeld procedé binnen het EU-project BioEcoSIM

REFERENTIES

Aarnink et al. (2007). Kempfarm vleesvarkensstal: milieu-emissies en investeringskosten, Animal Sciences Group, WUR.

Agrometer (2014). Geraadpleegd op 11 september 2014 via <http://www.agrometer.dk/00082/00250/>.

Albuquerque, J.A., de la Fuente, C., Ferrer-Costa, B., Carrasco, A., Cegarra, J., Abad, M., Bernal M.P. (2012a). Assessment of the fertilizer potential of digestates from farm and agroindustrial residues. *Biomass and Bioenergy*, Volume 40, May 2012, Pages 181-189

Albuquerque, J.A., de la Fuente, C., Campoya, M., Carrasco, L., Nájerab, I., Baixaulib, C., Caravaca, F., Roldána, A., Cegarra, J., Bernal, M.P. (2012b). Agricultural use of digestate for horticultural crop production and improvement of soil properties. *European Journal of Agronomy*, Volume 43, November 2012, Pages 119-128

Barbosa, D., Nabel, M., Jablonowski N. (2014). Biogas-digestate as nutrient source for biomass production of *Sida hermaphrodita*, *Zea mays L.* and *Medicago sativa L.* *Biomass and Bioenergy*, Volume 81, October 2015, Pages 479-482.

Bernal, M.P., Albuquerque, J.A. & Moral, R. (2009). Composting of animal manures and chemical criteria for compost maturity assessment. A review. *Bioresource Technology* 100, 5444 – 5453.

Bijttebier, J, Ruyschaert, G & Wauters, E (2014). Goede praktijken duurzaam bodembeheer: inpasbaarheid op de Vlaamse bedrijven. in *Bodem, Nutriënten en Compost: Onderzoek voor een Duurzame Landbouw*. ILVO Mededeling, vol. 171, Instituut voor Landbouw- en Visserijonderzoek.

De Geest, V., De Keulenaere, B., De Mey, J. (2016). Voortgangsrapport 2016 Biogas-E.

Biogas Labo (2011). Rapport batchtesten Mest, 2 maart 2011, ism Vermeulen Construct.

Birkmose, T. & Vestergaard, A. (2013). Acidification of slurry in barns, stores and during application: review of Danish research, trials and experience.

Biocover (2015). Geraadpleegd op 5 februari 2015 via <http://www.biocover.dk/products/syren>.

Boerenbond en Bodemkundige Dienst van België (2013). Staalnamecampagne digestaat pocketvergisting.

Boerenbusiness.nl (2014). Minder ammoniakemissie bij scheiden mest in de stal, artikel 3/7/2014.

BOS Ecosystems (2015). Geraadpleegd op 5 februari 2015 via <http://bosecosystems.nl/producten/bos-aeromix/>.

Bressinck, T. (2014). Scheiding van digestaat. Ervaringen in de praktijk. Presentatie op studiedag 'Digestaat, wat is het waard?', 19 maart 2014.

Brito, L.M., Coutinho, J. & Smith, S.R. (2008). Methods to improve the composting process of the solid fraction of dairy cattle slurry, *Bioresource Technology* 99, 8955 – 8960.

Brito, L.M., Mourão, I., Coutinho, J. & Smith, S.R. (2012). Simple technologies for on-farm composting of cattle slurry solid fraction, *Waste Management, Volume 32, Issue 7*, 1332 – 1340.

Brusselman & Demeyer (2014). Evaluatie van de emissiefactoren voor ammoniak, geur en fijn stof zoals opgenomen in het MER Richtlijnenboek Landbouwdieren, ILVO.

Bussink, D.W., van Rotterdam, A.M.D., Wenzl, W. (2012). Potential of biologically acidifying cow slurry to reduce NH3-emissions.

Bussink, D.W. & van Rotterdam-Los A.M.D (2011). Perspectieven om broeikasgasemissies te reduceren door het aanzuren van mest.

Camargo-Valero, M. A., De Clercq, L., Delvigne, F., Haumont, A., Lebuf, V., Meers, E., Michels, E., Raesfeld, U., Ramirez-Sosa, D. R., Ross, A. B., Schoumans, O., Snauwaert, E., Tarayre, C., Tarayre, N., Vandaele, E., Velthof, G., Williams, P. T. (2015). BIORFINE - Recycling inorganic chemicals from agro- and bio-industrial waste streams. Techniques for nutrient recovery from manure and slurry.

Carels, J. (2012). Resultaten EYS screw press separators. Persoonlijke informatie.

Chen, A. (2014). Master Thesis, Optimization of the nutrients use efficiency by utilizing manure and digestate derivatives as bio-based fertilizer.

Coppens, G.; Vandendriessche, H.; Moens, W.; Bries, J. - Bodemkundige Dienst van België (2009). De mestwegwijzer. Overzicht van 15 jaar mestanalyse door de Bodemkundige Dienst van België. 95pp.

Danneels Melktechniek (2015). GEA Mestscheiders. Presentatie 7.01.2015, Ieper.

D'Hose, T. (2015). The effect of farm compost application and crop rotation on chemical, physical and biological soil quality and crop yields. PhD thesis, Ghent University, Ghent, Belgium, 165p.

de Buissonjé, F. en Smolders, M. (2002). Mest vergisten verlaagt scheidingsrendement. <http://edepot.wur.nl/85218>, PraktijkKompas Varkens, Praktijkonderzoek Veehouderij, Lelystad.

De Dobbelaere, A. (2014). Inagro, Presentaties workshops pocketvergisting & platform kleinschalige vergisting.

De Mey, J. (2014). Biogas-E, Presentaties workshops pocketvergisting & platform kleinschalige vergisting.

//

Dekker, P.H.M., van Geel W.C.A., van den Berg, W., van der Burgt G.J.H.M., Bokhorst J.G. (2009). Duurzaamheid organische stof. Methoden om de kwaliteit van organische meststoffen te meten en beoordeling kwaliteit van organische stof van digestaat. Tussenrapportage 2009. Wageningen Universiteit.

Delaval (2014). Geraadpleegd op 18 september 2014 via <http://www.delaval.ca/-/Product-Information1/Manure/Products/Treatment/Seperation/DeLaval-manure-separator-/>.

Dooren, H.J.C., Bokma, S., Zonderland J.L. 2014. *Effect van het Aeromix systeem op ammoniakemissie in een melkveestal*; Verkennend onderzoek op Dairy Campus, Wageningen, Wageningen UR (University & Research centre) Livestock Research, Livestock Research Rapport 850, 28 blz.

Ellen, H.H., Jansen, J., Smit, A. & Vermeij, I. (2014). Nevenvoordelen duurzame stalconcepten, Livestock Research Report 736.

EMIS (2014). Mest: Mechanische scheiding. Geraadpleegd op 3 september 2014 via <http://emis.vito.be/techniefiche/mest-mechanische-scheiding?language=en>.

Energie Conversie Parken (2015). ECP technologie beschrijving. Geraadpleegd op 20 januari 2015 via <http://www.ecp-biomass.eu/sites/default/files/books/ECP%20technologiebeschrijving%20-%20mechanische%20scheiding%20van%20mest%20of%20digestaat%20v2.pdf>.

Enerpedia (2015). Brochure Kleinschalige vergisting, samenwerking Inagro, Biogas-E, DLV en VCM, in druk.

Eurolab (2015). Geraadpleegd op 20 januari 2015 via <http://www.eurolab.nl/meststof-organisch-v.htm>.

Evers, A.G., de Haan, M.H.A., de Buissonjé, F.E. & Verloop, K (2010). Perspectief mestscheiding.

Fangueiro, D., Hjorth, M. & Gioelli, F. (2014). Acidification of animal slurry – a review.

Fangueiro, D., Ribeiro, H., Coutinho, J., Cardenas, L., Trindade, H., Cunha-Queda, C., Vasconcelos, E., Cabral, F. (2010). Nitrogen mineralization and CO₂ and N₂O emissions in a sandy soil amended with original or acidified pig slurries or with the relative fractions. *Biol. Fert. Soil* 46 (4), 383e391.

Filtermat Filters (2014). Geraadpleegd op 9 oktober 2014 <http://www.filtermat.be/HO/Zeefbocht.htm>.

Gea Westfalia Separator Belgium nv/sa (2012). Leaflet.

Groenestein, C.M., van Wagenberg, A.V. Mosquera, J. (2005). Methaanemissie uit vleesvarkensstallen: ontwikkeling meetprotocol en plan van aanpak voor het meten van het effect van mestkoeien in de praktijk. Wageningen Universiteit, Agrotechnology & Food Innovations (A&D rapport 503).

Hillhorst, G. (2012). Koeien en Kansen.

Hjorth, M., K.V. Christensen, M.L. Christensen, and S.G. Sommer (2010). Solid–liquid separation of animal slurry in theory and practice. A review. *Agron. Sustain. Dev.* 30 153–180.



ILVO Persbericht (2015). Bodemvruchtbaarheid opkrikken zonder extra fosfor-milieubelasting is mogelijk via bemesting met compost, 06/01/2015.

Infarm (2014). Geraadpleegd op 25 november 2014 via <http://infarm.dk/produkt/2/fibermaster>.

Ishigaki Company (2014). <http://www.ishigaki.co.jp/english/Products/Filter/Detail/ISGK3.html>.

Kai, P., Pedersen, P., Jensen, J.E., Hansen, M.N., Sommer, S.G. (2008). A whole-farm assessment of the efficacy of slurry acidification in reducing ammonia emissions. *European Journal of Agronomy* 28 (2008), 148-154.

Kasper & Peters (2012). Monovergisting varkensmest op boerderijschaal, Rapport 632, Wageningen Universiteit.

Lameijer E F & Vervort K (1995), Eu patent 0 612 704 B1, gepubliceerd 30-8 1995.

LennTech (2014). Geraadpleegd op 9 oktober 2014 via <http://www.lenntech.nl/zeefbocht.htm>.

Luta, A. (2014). Universiteit Gent, Masterthesis “Fate of trace metals in anaerobic digestion of animal manure”.

Management en Techniek (2012). Nieuw stalsysteem verminder emissie. Editie 22/06/2012.

Mip Nutricycle (n.d.). Verslag WP6: Veldproeven met diverse groene kunstmeststoffen als bijbemesting.

Moller, H.B., Sommer, S.G., Ahring, B.K. (2002). Separation efficiency and particle size distribution in relation to manure type and storage conditions. *Bioresource Technology* 85, 189-196.

Mosquera, J., Schils R., Groenestein K., Hoeksma P., Velthof P. & Hummelink E. (2010). Emissies van lachgas, methaan en ammoniak uit mest na scheiding. Wageningen UR, Livestock Research, Rapport 427.

Mosquera & Hol (2012). Emissiefactoren methaan, lachgas en PM2.5 voor stalsystemen, inclusief toelichting, 496, 1-76.

Nelissen, V., Viaene, J., Reubens, B., Vandecasteele, B. & Willekens, K. (2015). Optimaliseren van de opslag en bewerking van runderstalmest op de kopakker. Juli 2015.

Nieuwe Oogst (2014). Varkenstoilet rijp voor de praktijk. Editie 13/09/2014.

Oenema O & Velthof GL (1993). Denitrification in nitric-acid-treated cattle slurry during storage. *Netherlands Journal of Agricultural Science* 41: 63 – 80.

Ogink & Lens (2001). Geuremissie uit de veehouderij; overzichtsrapportage 1996-1999, IMAG rapport 2001-14, Wageningen, september 2001, 40 pp.

Ottosen LDM, Poulsen HV, Nielsen DA, Finster K, Nielsen LP & Revsbech NP (2009). Observations on microbial activity in acidified pig slurry. *Biosystems engineering* 102: 291-297.



Perazzolo, F. Mattachini, G., Tambone, F., Misselbrook, T. (2015). Effect of mechanical separation on emissions during storage of two anaerobically codigested animal slurries. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 207 (2015) 1-9.

Petric, I., Sestan, A., Sestan, I. (2009). Influence of wheat straw addition on composting of poultry manure. *Process Safety and Environmental Protection* 87 (2009) 206–212

Reubens et al. (2013). Optimale aanwending van biologische mest voor een gezond biologisch gewas: eindrapport, ILVO Mededeling nr. 114.

Ribeiro, H.M., Romero, A.M., Pereira, H., Borges, P., Cabral, F. & Vasconcelos, E. (2007). Evaluation of a compost obtained from forestry wastes and solid phase of pig slurry as a substrate for seedlings production, *Bioresource Technology* 98, 3294 – 3297.

Schellekens, A. & Latré, J. (2014). Strategieën voor graslandbemesting. LCV.

Schröder, J., de Buissonjé, F., Kasper, G., Verdoes, N. & Verloop, K. (2009). Mestscheiding: relatie tussen techniek, kosten, milieu en landbouwkundige waarde. Oktober 2009. Plant Research International B.V., Wageningen. Rapport 287.

Shi, W., Norton, J.M., Miller, B.E. & Pace, M.G. (1999). Effects of aeration and moisture during windrow composting on the nitrogen fertilizer values of dairy waste composts, *Applied Soil Ecology* 11, 17-28.

Sigurnjak, I., De Waele, J., Michels, E., Tack, F.M.G., Meers, E., De Neve, S. (2017). Nitrogen release and mineralization potential of derivatives from nutrient recovery processes as substitutes for fossil fuel-based nitrogen fertilizers. *Soil Use and Management*.

SIM (2015). Geraadpleegd op 3 februari 2015 via <http://www.simholland.nl/diensten/mechanisatie/mestbewerking-en-mixers.html>.

Smicon (2014). Geraadpleegd op 3 november 2014 via <http://www.smicon.nl/machines/filtreren/zeefbocht>.

Sorensen, P. & Eriksen, P. (2009). Effect of slurry acidification with sulphuric acid combined with aeration on the turnover and plant availability of nitrogen.

Spuiwater (2017). <http://www.spuiwater.be/spuiwater>; geraadpleegd op 13/10/2017.

Trouw (2011). Milieuvriendelijke varkensstal krijgt subsidie voor ontwikkeling, artikel 12/04/2011

Uenk, J. Kerkering, M. (s.a.). Scheidingstechniek, sleutel voor verwerking van digestaat en mengmest. Biores. Geraadpleegd op 3 november 2014 via <http://www.biores.info/uploads/Doc%20op%20site%2020%20mei/Slotconferentie/Scheidingstechniek,%20sleutel%20voor%20verwerking%20van%20digestaat%20en%20drijfmest-Uenk&KerkeringNL.ppt>.

Universiteit Gent (n.d.). Field trials 2014. Result overview. Powerpointpresentatie.

WUR (2014a). Mestscheidingswijzer. Geraadpleegd op 17 oktober 2014 via <http://www.archief.verantwoordeveehouderij.nl/index.asp?producten/pzprojecten/beterbenutten/mestscheidingswijzer/index.asp>.

WUR (2014b). Geraadpleegd op 17 oktober 2014 via <http://www.mestverwerken.wur.nl/techniek/Pdf%5CScheiding.pdf>

WUR (2015). CBVG-rapport nr 1. Geraadpleegd op 9 januari 2015 via <http://www.bemestingsadvies.nl/bemestingsadvies/1-Bemestingsplan/1321-Bewerkte%20meststoffen.pdf>.

van Zessen (2016). Hogere gewasopbrengst op grasland bij bemesting met digestaat. Meer met minder kunstmest. Veeteelt, februari 2 2016.



BIJLAGEN

BIJLAGE I

In deze bijlage wordt het resultaat weergegeven van de mogelijke ammoniakemissies en uitspoeling na toediening van verschillende eindproducten, beschreven in Luik 1, gemaakt op basis van de samenstelling van deze producten. Deze rangschikking wordt gemaakt door Universiteit Gent, faculteit Bio-ingenieurswetenschappen, vakgroep Bodembeheer. Deze resultaten zijn louter algemene uitspraken omtrent te verwachten verliezen op basis van samenstelling (NH₄ inhoud, OC gehalte, pH, ...).

Analyse mestproducten

Rangschikking op basis van potentiële NH₃-emissie bij toedienen

De producten worden in eerste instantie gerangschikt volgens het percentage NH₄⁺ van de totale N-inhoud (Tabel 53). Bij een hoger percentage NH₄⁺ zal voor eenzelfde hoeveelheid toegediende N _{totaal} de kans bestaan op grotere NH₃ emissies. Bij pH < 7 zal de vorming van NH₃ afgeremd worden, hetgeen toegepast wordt bij aanzuren van mest en bij het bijmengen met spui (pH = 3). Bij de producten zonder gegeven pH-waarden namen we aan dat deze geen reductie van de emissie vertonen: zowel voor compost als voor mest wordt algemeen een neutrale tot licht alkalische pH aangenomen.

De emissiereductie door een lage pH is gebaseerd op cijfers van het NMI (2012) en leidt tot een nieuwe rangschikking van de producten (Tabel 54).

Tabel 53: Producten gerangschikt volgens percentage NH₄⁺ ter indicatie van ammoniakale verliezen bij toedienen. Deze rangschikking kan gebruikt worden indien van elk product eenzelfde hoeveelheid totale N toegediend wordt.

techniek	product	NH ₄ ⁺ /N _{totaal} (%)	pH	emissiereductie door pH (%)
compost	stalmest kopakker	0.5	-	-
compost	dif+stalmest	1.7	-	-
compost	stalmest beton	0.5	-	-
compost	dif+stro+gras	3.4	-	-
compost	dif	4.0	-	-
compost	dif+clinoptiloliet	3.2	-	-
gescheiden stal	vaste mest	34.1	-	-
vijzelpers	dif varkensmest	53.2	-	-
mengsel	mengsel 75%rm + 25%dufrm	53.8	7.5	-
mengsel	mengsel 50%rm + 50%dufrm	54.5	7.5	-
mengsel	mengsel 25%rm + 75%dufrm	55.4	7.6	-
mengsel	mengsel 25%vm + 75%rm	55.7	7.6	-
mengsel	mengsel 50%vm + 50%rm	57.6	7.7	-
centrifuge	dif varkensmest	58.3	-	-

mengsel	mengsel 75%vm + 25%rm	59.1	7.9	-
mengsel	mengsel 75%vm + 25%dufvm	62.8	8.1	-
pocketvergister	digestaat	62.9	-	-
vijzelpers	duf varkensmest	64.3	-	-
mengsel	mengsel 50%vm + 50%dufvm	65.8	8.1	-
mengsel	mengsel 25%vm + 75%dufvm	69.5	8.2	-
centrifuge	duf varkensmest	71.1	8.1	-
aanzuren	aangezuurde varkensmest	73.8	6.3	26
mengsel	mengsel 75%vm + 25%spui	81.5	6.8	9
mengsel	mengsel 50%vm + 50%spui	88.0	5.5	57
mengsel	mengsel 25%vm + 75%spui	91.2	4.3	100
gescheiden stal	urine	92.4	-	-

*dif = dikke fractie, duf = dunne fractie, vm = varkensmest, rm = rundermest

Tabel 54: Producten volgens percentage NH_4^+ met pH-correctie ter indicatie van ammoniakale verliezen bij toedienen. Deze rangschikking kan gebruikt worden indien van elk product eenzelfde hoeveelheid totale N toegediend wordt.

techniek	product	$\text{NH}_4^+/\text{N}_{\text{totaal}} (\%) \times$ pH-factor
mengsel	mengsel 25%vm + 75%spui	0.0
compost	stalmest kopakker	0.5
compost	stalmest beton	0.5
compost	dif+stalmest	1.7
compost	dif+clinoptiloliet	3.2
compost	dif+stro+gras	3.4
compost	dif	4.0
gescheiden stal	vaste mest	34.1
mengsel	mengsel 50%vm + 50%spui	38.2
vijzelpers	dif varkensmest	53.2
mengsel	mengsel 75%rm + 25%dufrm	53.8
aanzuren	aangezuurde varkensmest	54.4
mengsel	mengsel 50%rm + 50%dufrm	54.5
mengsel	mengsel 25%rm + 75%dufrm	55.4
mengsel	mengsel 25%vm + 75%rm	55.7
mengsel	mengsel 50%vm + 50%rm	57.6
centrifuge	dif varkensmest	58.3
mengsel	mengsel 75%vm + 25%rm	59.1
mengsel	mengsel 75%vm + 25%dufvm	62.8
pocketvergister	digestaat	62.9
vijzelpers	duf varkensmest	64.3
mengsel	mengsel 50%vm + 50%dufvm	65.8
mengsel	mengsel 25%vm + 75%dufvm	69.5

centrifuge	duf varkensmest	71.1
mengsel	mengsel 75%vm + 25%spui	73.9
gescheiden stal	urine	92.4

Indien fosfor limiterend is voor bepaalde producten, zal de hoeveelheid toegediende N niet meer constant zijn en dient de verhouding uit Tabel 53 en Tabel 54 vermenigvuldigd te worden met de werkelijk toegediende hoeveelheid N. Dit wordt verduidelijkt a.d.h.v. een voorbeeld. Stel dat in eerste instantie 170 kg N/ha wordt toegediend, maar dat voor alle producten waarvoor die toediening de norm van 70 kg P₂O₅/ha overschrijdt, de dosis wordt verlaagd zodat de norm net gehaald wordt. Dit resulteert dan in een nieuwe rangschikking (Tabel 55).

Tabel 55: Producten volgens toegediende hoeveelheid NH₄⁺ met pH-correctie ter indicatie van ammoniakale verliezen bij toedienen. Deze rangschikking is van toepassing bij toediening vertrekkende van 170 kg N/ha en maximaal 70 kg P₂O₅/ha.

techniek	product	N _{totaal} (kg N/ha)	P ₂ O ₅ (kg/ha)	max NH ₃ -emissie (kg N/ha)
mengsel	mengsel 25%vm + 75%spui	170.0	5.3	0.0
compost	stalmest kopakker	170.0	30.4	0.8
compost	stalmest beton	170.0	29.2	0.9
compost	dif+stalmest	170.0	51.3	2.9
compost	dif+clinoptiloliet	170.0	63.4	5.5
compost	dif+stro+gras	170.0	59.9	5.8
compost	dif	170.0	64.0	6.8
centrifuge	dif varkensmest	62.6	70.0	36.5
gescheiden stal	vaste mest	170.0	60.2	58.0
mengsel	mengsel 50%vm + 50%spui	170.0	14.3	65.0
vijzelpers	dif varkensmest	126.8	70.0	67.4
aanzuren	aangezuurde varkensmest	144.8	70.0	78.8
mengsel	mengsel 75%vm + 25%rm	137.1	70.0	81.0
mengsel	mengsel 50%vm + 50%rm	151.1	70.0	87.1
mengsel	mengsel 75%vm + 25%dufvm	140.5	70.0	88.2
mengsel	mengsel 75%rm + 25%dufrm	170.0	52.2	91.5
mengsel	mengsel 50%rm + 50%dufrm	170.0	49.8	92.7
mengsel	mengsel 25%rm + 75%dufrm	170.0	47.1	94.1
mengsel	mengsel 25%vm + 75%rm	170.0	68.3	94.8
vijzelpers	duf varkensmest	149.1	70.0	95.8
mengsel	mengsel 50%vm + 50%dufvm	159.3	70.0	104.9
digestaat	digestaat	170.0	61.0	106.9
mengsel	mengsel 25%vm + 75%dufvm	170.0	62.6	118.1
centrifuge	duf varkensmest	170.0	19.7	120.9
mengsel	mengsel 75%vm + 25%spui	170.0	32.9	125.7
gescheiden stal	urine	170.0	6.7	157.0

Rangschikking op basis van potentiële NO₃-uitspoeling

Bij een hoger percentage minerale N zal voor eenzelfde hoeveelheid toegediende N _{totaal} de kans bestaan op een grotere NO₃-uitspoeling. De producten worden daarom gerangschikt volgens de som van het percentage minerale N (N _{min}) en de fractie van de organische N (N _{org}) die snel omgezet wordt in minerale N (zie Tabel 56). Deze fractie wordt gelijkgesteld aan 50% van N _{org} gedeeld door f = (OS/N _{org})/10, met f ≥ 1. Dit houdt in dat 50% van N _{org} snel omgezet wordt tot N _{min} indien de OS/N-verhouding van het organisch materiaal ≤ 10 is, en dat de grootte van deze fractie gradueel afneemt bij hogere OS/N-verhoudingen.

Tabel 56: Producten gerangschikt volgens percentage minerale + snel mineraliseerbare organische N ter indicatie van de potentiële nitraatuitspoeling. Deze rangschikking kan gebruikt worden indien van elk product eenzelfde hoeveelheid totale N toegediend wordt.

techniek	product	N _{min} (%)	OS/N _{org}	N _{min} + N _{org} /2f (%)
compost	stalmest kopakker	1.6	13	39.8
compost	dif+clinoptiloliet	7.6	13	44.4
compost	stalmest beton	3.3	11	46.7
gescheiden stal	vaste mest	34.1	26	47.0
compost	dif	7.3	12	47.0
compost	dif+stalmest	1.9	10	48.9
compost	dif+stro+gras	4.2	10	49.9
vijzelpers	dif varkensmest	53.2	44	58.4
mengsel	mengsel 75%rm + 25%dufrm	53.8	27	62.4
mengsel	mengsel 50%rm + 50%dufrm	54.5	24	64.0
centrifuge	dif varkensmest	58.3	35	64.2
mengsel	mengsel 25%vm + 75%rm	55.7	25	64.5
mengsel	mengsel 25%rm + 75%dufrm	55.4	21	66.1
digestaat	digestaat	62.9	45	67.0
mengsel	mengsel 50%vm + 50%rm	57.6	22	67.2
mengsel	mengsel 75%vm + 25%rm	59.1	19	69.6
mengsel	mengsel 75%vm + 25%dufvm	62.8	17	73.8
mengsel	mengsel 50%vm + 50%dufvm	65.8	16	76.3
vijzelpers	duf varkensmest	64.3	12	79.0
mengsel	mengsel 25%vm + 75%dufvm	69.5	16	79.3
aanzuren	aangezuurde varkensmest	73.8	23	79.5
centrifuge	duf varkensmest	71.1	11	84.0
mengsel	mengsel 75%vm + 25%spui	81.5	31	84.5
mengsel	mengsel 50%vm + 50%spui	88.0	45	89.3
mengsel	mengsel 25%vm + 75%spui	91.2	59	91.9
gescheiden stal	urine	92.4	21	94.2

Indien opnieuw rekening gehouden wordt met fosfor als limiterende factor, zal de hoeveelheid toegediende N niet meer constant zijn en dient het percentage minerale + snel mineraliseerbare N uit Tabel 56 vermenigvuldigd

te worden met de werkelijk toegediende hoeveelheid N. Dit wordt opnieuw toegelicht a.d.h.v. het eerder aangehaalde voorbeeld (vertrekkende van 170 kg N/ha en maximum 70 kg P₂O₅/ha) hetgeen resulteert in een nieuwe rangschikking (Tabel 57).

Tabel 57: Producten gerangschikt volgens percentage minerale + snel mineraliseerbare organische N ter indicatie van de potentiële nitraatuitspoeling. Deze rangschikking is van toepassing bij toediening vertrekkende van 170 kg N/ha en maximaal 70 kg P₂O₅/ha.

techniek	product	N _{totaal} (kg N/ha)	P ₂ O ₅ (kg/ha)	N _{min} + N _{org} /2f (kg N/ha)
centrifuge	dif varkensmest	62.6	70.0	40.2
compost	stalmest kopakker	170.0	30.4	67.7
vijzelpers	dif varkensmest	126.8	70.0	74.1
compost	dif+clinoptiloliet	170.0	63.4	75.5
compost	stalmest beton	170.0	29.2	79.4
gescheiden stal	vaste mest	170.0	60.2	79.9
compost	dif	170.0	64.0	80.0
compost	dif+stalmest	170.0	51.3	83.1
compost	dif+stro+gras	170.0	59.9	84.9
mengsel	mengsel 75%vm + 25%rm	137.1	70.0	95.4
mengsel	mengsel 50%vm + 50%rm	151.1	70.0	101.5
mengsel	mengsel 75%vm + 25%dufvm	140.5	70.0	103.7
mengsel	mengsel 75%rm + 25%dufrm	170.0	52.2	106.1
mengsel	mengsel 50%rm + 50%dufrm	170.0	49.8	108.8
mengsel	mengsel 25%vm + 75%rm	170.0	68.3	109.6
mengsel	mengsel 25%rm + 75%dufrm	170.0	47.1	112.4
digestaat	digestaat	170.0	61.0	113.9
aanzuren	aangezuurde varkensmest	144.8	70.0	115.1
vijzelpers	duf varkensmest	149.1	70.0	117.7
mengsel	mengsel 50%vm + 50%dufvm	159.3	70.0	121.6
mengsel	mengsel 25%vm + 75%dufvm	170.0	62.6	134.8
centrifuge	duf varkensmest	170.0	19.7	142.8
mengsel	mengsel 75%vm + 25%spui	170.0	32.9	143.6
mengsel	mengsel 50%vm + 50%spui	170.0	14.3	151.8
mengsel	mengsel 25%vm + 75%spui	170.0	5.3	156.2
gescheiden stal	urine	170.0	6.7	160.1

BIJLAGE II

VLM-onderzoeksproject: Agronomische waarde van bewerkte dierlijke mest valoriseren



Luik 1: Macroscreening mestbewerkingstechnieken

Technieken uit binnen- en buitenland inventariseren die kunnen leiden tot een maximale aanvoer aan effectieve organische koolstof uit dierlijke mest in Vlaanderen, gekoppeld met een efficiënte aanwending van de aanwezige N en P

Composteren

DOEL: Composteren is een proces waarbij biodegradeerbaar materiaal onder gecontroleerde omstandigheden en onder aërobe conditie door micro-organismen wordt omgezet en afgebroken. Het doel van het composteren van mest, ook wel biothermisch drogen genoemd, is het bekomen van kiemdoding door verhoging van de temperatuur, de vermindering van het volume en het gewicht door vochtverdamping, de stabilisatie van het organisch materiaal.

Quotering VCM

GEMEEN COMPOSTEREN: toepassing in Vlaanderen heeft als doel: bereiken 1h70°C --> export

TECHNIEK	NAAM	TYPE	KORTE BESCHRIJVING	MESTTYPE	LIMIETEN	EINDPRODUCTEN	NUTRIËNTEN- (verhouding)	INNOVATIE STADIUM	(DE)CENTRAAL	C/P	NK/P	EOS	ongewenste stoffen	Haalbaarheid op boerderijschaal			
Compostering																	
	Tunnel-	<input type="checkbox"/> biologisch <input type="checkbox"/> fysisch <input type="checkbox"/> chemisch <input type="checkbox"/> combi	De compostering heeft plaats in rechthoekige tunnels met een lengte van 30-40 m en een hoogte en breedte van 3-5 m. Het proces is van het batch-type. Tijdens de compostering wordt het materiaal bevochtigd en intensief belucht door middel van blaasbeluchting waarbij de composteringlucht gedeeltelijk wordt gerecirculeerd. De beluchting gebeurt via de tunnelvloer. Een computergestuurde klimaatregeling zorgt voor een optimaal composteerproces. Tijdens het verblijf in de tunnel wordt het materiaal niet omgezet, wel kan gewerkt worden met compostercycli. Dit ontunnelen heeft een gelijkaardige functie als het omzetten of keren bij compostering in open lucht of in hallen.	<input type="checkbox"/> runderen <input type="checkbox"/> varkens <input type="checkbox"/> kippen	<input type="checkbox"/> ruw <input type="checkbox"/> duf <input type="checkbox"/> dif <input type="checkbox"/> stalment <input type="checkbox"/> ruw <input type="checkbox"/> duf <input type="checkbox"/> dif <input type="checkbox"/> stalment <input type="checkbox"/> kippen	- steekvaste producten nodig (20-35% DS), vloeibare producten kunnen niet gebruikt worden	gecomposteerde mest met volumevermindering van 30-50%	- kan gestuurd worden mbv additieven/gebruikte mestsoorten - C/N en C/P verhouding wijzigen door afbraak van afbreekbare deel OS	<input type="checkbox"/> labo/onderzoek <input type="checkbox"/> piloot <input checked="" type="checkbox"/> industri/commercieel	<input type="checkbox"/> centraal <input type="checkbox"/> medium <input type="checkbox"/> decentraal			De industriële, grootschalige composteerbedrijven verwerken groen- en/of gft-afval van particulieren en bedrijven. Focus ligt op het verwerken van reststromen dmv hygiënisatie. Niet toepasbaar op individueel bedrijf.	afhankelijk van co-producten	++	geen effect	--
	Trommel-	<input type="checkbox"/> biologisch <input type="checkbox"/> fysisch <input type="checkbox"/> chemisch <input type="checkbox"/> combi	De droge fractie van mest wordt in de trommel gebracht. Door de continu ronddraaiende trommel, komt de mest voortdurend in aanraking met zuurstof en zetten bacteriën in de mest de dikke fractie om in humusachtige verbindingen. De doorloopnelheid bedraagt 24-36u. Temperaturen tot ca. 65°C worden gehaald met deze trommel.	<input type="checkbox"/> runderen <input type="checkbox"/> varkens <input type="checkbox"/> kippen	<input type="checkbox"/> ruw <input type="checkbox"/> duf <input type="checkbox"/> dif <input type="checkbox"/> stalment <input type="checkbox"/> ruw <input type="checkbox"/> duf <input type="checkbox"/> dif <input type="checkbox"/> stalment <input type="checkbox"/> kippen	- steekvaste producten nodig, vloeibare producten kunnen niet gebruikt worden	gecomposteerde mest met volumevermindering van 30-50%	- kan gestuurd worden mbv additieven/gebruikte mestsoorten - C/N en C/P verhouding wijzigen door afbraak van afbreekbare deel OS	<input type="checkbox"/> labo/onderzoek <input type="checkbox"/> piloot <input checked="" type="checkbox"/> industri/commercieel	<input type="checkbox"/> centraal <input type="checkbox"/> medium <input type="checkbox"/> decentraal				afhankelijk van co-producten	++	geen effect	+
	Hal-	<input type="checkbox"/> biologisch <input type="checkbox"/> fysisch <input type="checkbox"/> chemisch <input type="checkbox"/> combi	Bij halcompostering gebeurt de compostering in een van de buitenlucht afgesloten hal. Het composteerende materiaal wordt in de hal opgezet in hopen met een hoogte van ca 2-4m. De hopen worden regelmatig omgezet, bevochtigd en geforceerd belucht door middel van ventilatoren. De beluchtingsvloer kan ofwel bestaan uit een netwerk van geperforeerde buizen ofwel uit een rooster met daaronder een beluchtingskelder. Er wordt zowel gebruik gemaakt van zuig- als blaasbeluchting. De beluchtingsgraad die nodig is om de gewenste warmteafvoer te realiseren, is vaak dermate hoog dat de zuurstofafvoer en de vochtafvoer geen beperkende factoren meer zijn.	<input type="checkbox"/> runderen <input type="checkbox"/> varkens <input type="checkbox"/> kippen	<input type="checkbox"/> ruw <input type="checkbox"/> duf <input type="checkbox"/> dif <input type="checkbox"/> stalment <input type="checkbox"/> ruw <input type="checkbox"/> duf <input type="checkbox"/> dif <input type="checkbox"/> stalment <input type="checkbox"/> kippen	- steekvaste producten nodig, vloeibare producten kunnen niet gebruikt worden	gecomposteerde mest met volumevermindering van 30-50%	- kan gestuurd worden mbv additieven/gebruikte mestsoorten - C/N en C/P verhouding wijzigen door afbraak van afbreekbare deel OS	<input type="checkbox"/> labo/onderzoek <input type="checkbox"/> piloot <input checked="" type="checkbox"/> industri/commercieel	<input type="checkbox"/> centraal <input type="checkbox"/> medium <input type="checkbox"/> decentraal				afhankelijk van co-producten	++	geen effect	--
	Vermi-	<input type="checkbox"/> biologisch <input type="checkbox"/> fysisch <input type="checkbox"/> chemisch <input type="checkbox"/> combi	Wormencompostering maakt gebruik van mestwormen die dagelijks aan de mest worden toegevoegd. De grote bijdrage van de mestworm ligt niet zozeer in de directe afbraak maar in het mengen en verplaatsen van het substraat door het graven van gangen, het mengen en verkleinen van deeltjes in het maagdarmkanaal, het creëren van goede omstandigheden voor symbiotische bacteriën in het maag/darm kanaal en het beter beschikbaar komen van voedingsstoffen in het verteerde substraat. Alhoewel er bij vermicompostering een deel van de ziekteverwerkers verdwijnt is het onwaarschijnlijk dat de hygiënisatie even effectief is als de klassieke compostering.	<input type="checkbox"/> runderen <input type="checkbox"/> varkens <input type="checkbox"/> kippen	<input type="checkbox"/> ruw <input type="checkbox"/> duf <input type="checkbox"/> dif <input type="checkbox"/> stalment <input type="checkbox"/> ruw <input type="checkbox"/> duf <input type="checkbox"/> dif <input type="checkbox"/> stalment <input type="checkbox"/> kippen	- steekvaste producten nodig, vloeibare producten kunnen niet gebruikt worden		- geen exportwaardig product	<input type="checkbox"/> labo/onderzoek <input type="checkbox"/> piloot <input checked="" type="checkbox"/> industri/commercieel	<input type="checkbox"/> centraal <input type="checkbox"/> medium <input type="checkbox"/> decentraal				afhankelijk van co-producten	++	geen effect	++
	Rillen-	<input type="checkbox"/> biologisch <input type="checkbox"/> fysisch <input type="checkbox"/> chemisch <input type="checkbox"/> combi	Compostering op rillen gebeurt in open lucht. De hopen worden frequent gekeerd met een compostkeerder zodat er voldoende lucht in de ril wordt gebracht om het composteringproces te bevorderen. De rillen blijven gemiddeld 4-6 weken liggen	<input type="checkbox"/> runderen <input type="checkbox"/> varkens <input type="checkbox"/> kippen	<input type="checkbox"/> ruw <input type="checkbox"/> duf <input type="checkbox"/> dif <input type="checkbox"/> stalment <input type="checkbox"/> ruw <input type="checkbox"/> duf <input type="checkbox"/> dif <input type="checkbox"/> stalment <input type="checkbox"/> kippen	- steekvaste producten nodig, vloeibare producten kunnen niet gebruikt worden		- kan gestuurd worden mbv additieven/gebruikte mestsoorten - C/N en C/P verhouding wijzigen door afbraak van afbreekbare deel OS	<input type="checkbox"/> labo/onderzoek <input type="checkbox"/> piloot <input checked="" type="checkbox"/> industri/commercieel	<input type="checkbox"/> centraal <input type="checkbox"/> medium <input type="checkbox"/> decentraal				afhankelijk van co-producten	++	geen effect	++

Scheiden

DOEL: Het splitsen van ruwe mest in twee fracties, dun en dik, ten behoeve van de verdere verwerking en/of afzet. Denk bv. aan het uitrijden van de dunne fractie op het land en het composteren van de dikke fractie. Kenmerkend is dat de organische stof en de fosfaat zich ophopen in de dikke fractie, de stikstof in de dunne fractie

Quotering VCM

TECHNIEK	NAAM	TYPE	KORTE BESCHRIJVING	MESTTYPE	LIMIETEN	EINDPRODUCTEN	NUTRIËNTEN- (verhouding)	INNOVATIE STADIUM	(DE)CENTRAAL	Bijkomende info	C/P	NK/P	EOS	ongewenste stoffen	Haalbaarheid op boerderijschaal
SCHEIDING - laagtechnologisch															
	Vijzelpers	<input type="checkbox"/> biologisch <input type="checkbox"/> fysisch <input type="checkbox"/> chemisch <input type="checkbox"/> combi	Een vijzelpers is een machine waarin een schroef ronddraait binnen een cilindrisch geperforeerde trog met gaatjes van 0,15-1mm. De dunne fractie wordt via deze perforaties van de rest van de mest gescheiden. Hierbij zorgt de schroef voor een gradueel toenemende druk. De schroef met as perst de dikke fractie in een uitvoerleiding. Het scheidingsresultaat kan gestuurd worden door de tegendruk van de afvoeropening.	<input type="checkbox"/> runderen <input type="checkbox"/> varkens <input type="checkbox"/> kippen	<input type="checkbox"/> ruw <input type="checkbox"/> duf <input type="checkbox"/> dif <input type="checkbox"/> stalrest <input type="checkbox"/> ruw <input type="checkbox"/> duf <input type="checkbox"/> dif <input type="checkbox"/> stalrest <input type="checkbox"/> kippen	- minder geschikt voor varkensmest (werkt op deeltjesgrootte, structuur vereist) - lagere capaciteit (3-15 kubiek/u) - niet bestand tegen corrosief karakter van zand (ligboxen) - laag tot gemiddeld scheidingsrendement voor P2O5 -viscose producten ongewenst	- dikke fractie - dunne fractie Scheidingsrendement voor P2O5 bij rundermest ligt hoog (40%). Het drogestofgehalte van de ingaande drijfmest is van grote invloed op de prestatie van een mestscheider Bij een hoger drogestofgehalte wordt per kubieke meter ingaande drijfmest een grotere hoeveelheid dikke fractie verkregen met een hoger drogestofgehalte. De scheidingsrendementen voor stikstof, fosfaat en kali nemen daarbij eveneens toe.	VARKENSMEST DUF- 70% van Ntot, 60% van P, 75% van K2O, RUNDERMEST DUF - 60% van Ntot; 75% van P, 90% van K2O	<input type="checkbox"/> labo/onderzoek <input type="checkbox"/> piloot <input type="checkbox"/> industri/commercieel	<input type="checkbox"/> centraal <input type="checkbox"/> medium <input type="checkbox"/> decentraal	DUF:+	DUF:+	DUF:-		++
	Zeefbocht	<input type="checkbox"/> biologisch <input type="checkbox"/> fysisch <input type="checkbox"/> chemisch <input type="checkbox"/> combi	Principe van de zeefbocht werkt volgens deeltjesgrootte. Door een hiervoor speciaal ontwikkeld zeefdek, wordt de vaste materie geremd en aan elkaar geplakt volgens het sneeuwbaaleffect. De vloeistof wordt via de openingen in het zeefdek onttrokken aan de slurrie.	<input type="checkbox"/> runderen <input type="checkbox"/> varkens <input type="checkbox"/> kippen	<input type="checkbox"/> ruw <input type="checkbox"/> duf <input type="checkbox"/> dif <input type="checkbox"/> stalrest <input type="checkbox"/> ruw <input type="checkbox"/> duf <input type="checkbox"/> dif <input type="checkbox"/> stalrest <input type="checkbox"/> kippen	- zeer laag scheidingsrendement voor P2O5 waardoor veel mest moet gescheiden worden - zeer onzuivere dunne fractie - ongeschikt voor varkensmest (werkt op deeltjesgrootte, structuur vereist) - hoge viscositeit: verstoppingen	- dikke fractie - dunne fractie VARKENSMEST - nog lagere scheidingsrendementen door onvoldoende structuurgehalte	RUNDERMEST DUF -80% van Ntot >70% van P VARKENSMEST - nog lagere scheidingsrendementen door onvoldoende structuurgehalte	<input type="checkbox"/> labo/onderzoek <input type="checkbox"/> piloot <input type="checkbox"/> industri/commercieel	<input type="checkbox"/> centraal <input type="checkbox"/> medium <input type="checkbox"/> decentraal	DUF:+	DUF:+	DUF:-		++
	Trommelfilter	<input type="checkbox"/> biologisch <input type="checkbox"/> fysisch <input type="checkbox"/> chemisch <input type="checkbox"/> combi	Een trommelfilter bestaat uit een draaiende geperforeerde trommel waar de mest overheen wordt gepompt. Afhankelijk van de grootte van de perforaties van de trommel en de snelheid waarmee de mest over de trommel wordt gepompt wordt meer of minder materiaal afgescheiden. de mst wordt door het filterelement gestuurd, waarbij vaste deeltjes tegengehouden worden en via de draaibewegingen van de trommel naar een schrapermes gebracht worden.	<input type="checkbox"/> runderen <input type="checkbox"/> varkens <input type="checkbox"/> kippen	<input type="checkbox"/> ruw <input type="checkbox"/> duf <input type="checkbox"/> dif <input type="checkbox"/> stalrest <input type="checkbox"/> ruw <input type="checkbox"/> duf <input type="checkbox"/> dif <input type="checkbox"/> stalrest <input type="checkbox"/> kippen	- robuuste scheider geschikt voor het verwijderen van grove bestanddelen	- dikke fractie - dunne fractie VARKENSMEST - nog lagere scheidingsrendementen door onvoldoende structuurgehalte	RUNDERMEST DUF -80% van Ntot >70% van P VARKENSMEST - nog lagere scheidingsrendementen door onvoldoende structuurgehalte	<input type="checkbox"/> labo/onderzoek <input type="checkbox"/> piloot <input type="checkbox"/> industri/commercieel	<input type="checkbox"/> centraal <input type="checkbox"/> medium <input type="checkbox"/> decentraal	DUF:+	DUF:+	DUF:-	Bij deze laagtechnologische scheidings wordt er minder gebruik gemaakt van polymeren. De techniek op zich zorgt niet voor ongewenste stoffen	++

TECHNIEK	NAAM	TYPE	KORTE BESCHRIJVING	MESTTYPE	LIMIETEN	EINDPRODUCTEN	NUTRIËNTEN- (verhouding)	INNOVATIE STADIUM	(DE)CENTRAAL	Bijkomende info	C/P	NK/P	EOS	ongewenste stoffen	Haalbaarheid op boerderijschaal
SCHEIDING - hoogtechnologisch															
	Zeebandpers	<input type="checkbox"/> biologisch <input type="checkbox"/> fysisch <input type="checkbox"/> chemisch <input type="checkbox"/> combi	<p>Bij een zeebandpers wordt de meststroom tussen twee parallel uitgevoerde transportbanden geperst. Tenminste één van de banden moet als zeeband uitgevoerd zijn, zodat de dunne fractie, die door de perskrachten wordt uitgeduwd, kan afgeleid worden. Bij de meeste types zeebandpersen dient de onderste band als draag- en zeeband. Deze bestaat uit een filter-doeek en wordt ondersteund door rollen. De bovenste band is meestal geen filterdoeek maar een gesloten persband. Met drukrollen wordt hij tegen de zeeband geperst. De drukrollen zijn in hoogte verstelbaar zodat de persdruk kan worden aangepast aan de te behandelen mestsoort. De zeeband wordt continu gewassen. Het debiet van het waswater is van dezelfde grootteorde als het inkomend mestdebiet. Bij de scheiding met een zeebandpers is een vlokmiddel vereist om een hoger rendement te halen. Constructeurs o.a. ANDRITZ, Bellmer</p>	<input type="checkbox"/> runderen <input type="checkbox"/> varkens	<input type="checkbox"/> ruw <input type="checkbox"/> duf <input type="checkbox"/> dif <input type="checkbox"/> stalrest <input type="checkbox"/> ruw <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> duf <input type="checkbox"/> dif <input type="checkbox"/> stalrest	<p>een dunne fractie (hogere C/P en hogere NK/P) en een dikke fractie (gelijkaardige C/P en lagere NK/P)</p> <p>niet als mobiel systeem toepasbaar/minder gevoelig aan zand dan centrifuges</p>	<p>VARKENSMEST DUF - 2% DS, 48% van Ntot, 56% van Nmin, 9% van P2O5 (zeer laag, bron voor varkensmest, andere bronnen met rundermest geven hogere gehalten 30-50%), 88% van K2O, 89% van Na2O, 4% van CaO en 3% van MgO (Bron: BDB, POVLT, PCA)</p> <p>DIF: 25-30% DS</p>	<input type="checkbox"/> labo/onderzoek <input type="checkbox"/> piloot <input type="checkbox"/> industri/commercieel	<input type="checkbox"/> centraal <input type="checkbox"/> medium <input type="checkbox"/> decentraal	<p>Nadelen: gebruik spoelwater, coagulantia (kationisch) en flocculantia (of ijzersulfaat) nodig om voldoende fosfaat af te scheiden, open uitvoering - omgeving vervuult snel door druipen en lekken band. Investering lijkt vrij hoog voor decentrale installatie op het landbouwbedrijf (onderzoek mestscheiding op melkveebedrijf bij WUR), capaciteit: 4-30 m³/h of min. 30.000 m³ bij 8000 draaiuren</p>	DUF: ++	DUF: ++	DUF: --		--
	Centrifuge	<input type="checkbox"/> biologisch <input type="checkbox"/> fysisch <input type="checkbox"/> chemisch <input type="checkbox"/> combi	<p>Horizontale trommelcentrifuge. Trommel draait rond, zware delen worden naar buitenkant trommel geslingerd. In de trommel zit een schroef die deze delen afvoert. Merken: Peralisi, Alfa Laval, Haus, Hiller, Westfalia</p>	<input type="checkbox"/> runderen <input type="checkbox"/> varkens <input type="checkbox"/> kippen	<input type="checkbox"/> ruw <input type="checkbox"/> duf <input type="checkbox"/> dif <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> stalrest <input type="checkbox"/> ruw <input type="checkbox"/> duf <input type="checkbox"/> dif <input type="checkbox"/> stalrest	<p>- niet geschikt als mobiele scheider gevoelig aan zand</p> <p>een dunne fractie (hogere C/P en hogere NK/P) en een dikke fractie (gelijkaardige C/P en lagere NK/P)</p>	<p>ZEUGEN&BIGGEN: DUF - 2,5% DS, 75% van Ntot, 40% van P2O5, 95% van K2O, 31% van OS (DIF 27% DS)</p> <p>VARKENS: DUF - 2,5% DS, 65-80% van Ntot, 25-35% van P2O5, 85% van K2O, 31% van OS (DIF 30% DS)</p> <p>RUNDEREN: DUF - 3,5% DS, 60% van Ntot, 20-30% van P2O5, 75% van K2O, 27% van OS (DIF 30% DS)</p>	<input type="checkbox"/> labo/onderzoek <input type="checkbox"/> piloot <input type="checkbox"/> industri/commercieel	<input type="checkbox"/> centraal <input type="checkbox"/> medium <input type="checkbox"/> decentraal	<p>Afscheiding kan worden verbeterd door toevoeging coagulantia en flocculantie. Dit gaat evenwel gepaard met een nattere koek. Capaciteiten 8-30m³/h dus toepassing op individueel landbouwbedrijf lijkt minder geschikt (investering is hoger dan bij vizelpers). Sommige bronnen geven aan dat scheidingsrendementen voor N en P een stuk lager zouden zijn in vergiste mest (de Buissonje en Smolders, 2002)! Andere bronnen geven aan dat de versheid van de mest een rol speelt voor de scheidingsrendementen. Resultaten spreken elkaar soms tegen.</p>	DUF: ++	DUF: ++	DUF: --	DIF: +- DIF: -- DIF: ++	+
	Dissolved air flotation (DAF)	<input type="checkbox"/> biologisch <input type="checkbox"/> fysisch <input type="checkbox"/> chemisch <input type="checkbox"/> combi	<p>Bak waarin door toevoeging van een geschikt coagulans en/of flocculans en door beluchting van onderaf met kleine luchtbelletjes, een drijfslaag ontstaat van zwevend organisch materiaal (flotatie-slib). Deze drijfslaag wordt vervolgens afgeschaapt en kan verder ingedikd of gedroogd worden. Merken: Trident Separators</p>	<input type="checkbox"/> runderen <input type="checkbox"/> varkens <input type="checkbox"/> kippen	<input type="checkbox"/> ruw <input type="checkbox"/> duf <input type="checkbox"/> dif <input type="checkbox"/> stalrest <input type="checkbox"/> ruw <input type="checkbox"/> duf <input type="checkbox"/> dif <input type="checkbox"/> stalrest	<p>een dunne fractie (hogere C/P en hogere NK/P) en een dikke fractie (gelijkaardige C/P en lagere NK/P)</p>	<p>flotatieslib 3-4% DS, 45% Ntot in het flotatieslib, 85% Ptot in het flotatieslib, 20% K in het flotatieslib (ref: Trident Separators). Studie rond afvalwaterzuivering geeft 60% Ptot afscheiding en 11% Ntot.</p>	<input type="checkbox"/> labo/onderzoek <input type="checkbox"/> piloot <input type="checkbox"/> industri/commercieel	<input type="checkbox"/> centraal <input type="checkbox"/> medium <input type="checkbox"/> decentraal	<p>De capaciteit varieert van 100 liter/uur tot meer dan 1000 m³/uur. Dosering van coagulant en/of flocculant is afhankelijk van de hoeveelheid vervuiling</p>	DUF: ++	DUF: ++	DUF: --	DIF: +- DIF: -- DIF: ++	--

Drogen

DOEL: Het concentreren van vaste mest door het verwijderen van water langs thermische weg om een volume- en massareductie te verkrijgen. Daarnaast heeft het ook als doel om producten te fabriceren die beter afzetbaar zijn dan onbehandelde mest en geëxporteerd kunnen worden na kiemdoding.

Quotering VCM

Algemeen drogen: toepassing in Vlaanderen heeft als doel om minder transportkosten te hebben bij export

TECHNIEK	NAAM	TYPE	KORTE BESCHRIJVING	MESTTYPE	LIMIETEN	EINDPRODUCTEN	NUTRIËNTEN- (verhouding)	INNOVATIE STADIUM	(DE)CENTRAAL	C/P	NK/P	EOS	ongewenste stoffen	Haalbaarheid op boerderijschaal
Drogen														
	Trommel-	<input type="checkbox"/> biologisch <input type="checkbox"/> fysisch <input type="checkbox"/> chemisch <input type="checkbox"/> combi	De trommel draait om zijn as. Ronddraaiende schoepen in de buis nemen de mest op en laten het vallen (gravitaire kracht). Doordat het materiaal naar beneden valt als een gordijn, wordt het contactoppervlak vergroot tussen de drooglucht en het product.	<input type="checkbox"/> runderen <input type="checkbox"/> varkens <input type="checkbox"/> kippen	<input type="checkbox"/> ruw <input type="checkbox"/> duf <input type="checkbox"/> dif <input type="checkbox"/> stalment <input type="checkbox"/> ruw <input type="checkbox"/> duf <input type="checkbox"/> dif <input type="checkbox"/> stalment	- thermische warmte - neemt veel plaats in	- gedroogde mest nutriëntenverhouding wijzigt niet bij het drogen van mest	<input type="checkbox"/> labo/onderzoek <input type="checkbox"/> piloot <input type="checkbox"/> industri/commercieel	<input type="checkbox"/> centraal <input type="checkbox"/> medium <input type="checkbox"/> decentraal	+ -	+ -	+	geen effect - indien aanwezig in het product: opconcentratie	+ -
	Band-	<input type="checkbox"/> biologisch <input type="checkbox"/> fysisch <input type="checkbox"/> chemisch <input type="checkbox"/> combi	Het te drogen product wordt op een bewegende band gebracht. Banddrogers kunnen uitgevoerd worden met een poreuze band waardoor de lucht geblazen wordt; dit geeft een betere en snellere droging. Het alternatief (warme lucht langs het vochtige product sturen) heeft als voordeel dat de warmte in tegenstroom wordt overgedragen. Het principe gaat dus als volgt: water wordt verdampt uit het product en als damp afgevoerd.	<input type="checkbox"/> runderen <input type="checkbox"/> varkens <input type="checkbox"/> kippen	<input type="checkbox"/> ruw <input type="checkbox"/> duf <input type="checkbox"/> dif <input type="checkbox"/> stalment <input type="checkbox"/> ruw <input type="checkbox"/> duf <input type="checkbox"/> dif <input type="checkbox"/> stalment	-inputstromen: min DS: 20-30% of vooraf opmengen met reeds gedroogd product, deeltjes niet kleiner dan 5mm - PLUSPUNT: stalwarmte kan thermische warmte vervangen	- gedroogde mest nutriëntenverhouding wijzigt niet bij het drogen van mest	<input type="checkbox"/> labo/onderzoek <input type="checkbox"/> piloot <input type="checkbox"/> industri/commercieel	<input type="checkbox"/> centraal <input type="checkbox"/> medium <input type="checkbox"/> decentraal	+ -	+ -	EOS: ruw digestaat 79,5% van OS <-> gedroogd digestaat: 88% (Vlaco, 2012)	geen effect - indien aanwezig in het product: opconcentratie	++
	Indampen	<input type="checkbox"/> biologisch <input type="checkbox"/> fysisch <input type="checkbox"/> chemisch <input type="checkbox"/> combi	Bij het indampen van mest wordt bij een bepaalde temperatuur en druk warmte aan de mestvloeistof toegevoerd. Door afkoeling van de waterdamp ontstaat een zoutarm condensaat dat wel nog vluchtige verbindingen bevat. De ingedikte vloeistof blijft vloeibaar. In verband met het gunstige energieverbruik worden meertraps(vacuüm)verdamping en/of dampcompressie toegepast. In het kader van mestverwerking zijn de omloopverdamer, de filmverdamer en de	<input type="checkbox"/> runderen <input type="checkbox"/> varkens <input type="checkbox"/> kippen	<input type="checkbox"/> ruw <input type="checkbox"/> duf <input type="checkbox"/> dif <input type="checkbox"/> stalment <input type="checkbox"/> ruw <input type="checkbox"/> duf <input type="checkbox"/> dif <input type="checkbox"/> stalment	-thermische warmte - maximale DS-gehalte eindproduct is 25% DS - rendement 3x beter dan banddroger - moet vloeibaar genoeg zijn, bij afkoeling wordt het pastei-achtig	- condensaat - mestconcentraat nutriëntenverhouding wijzigt niet bij het drogen van mest	<input type="checkbox"/> labo/onderzoek <input type="checkbox"/> piloot industri/commercieel	<input type="checkbox"/> centraal <input type="checkbox"/> medium <input type="checkbox"/> decentraal	+ -	+ -	+	geen effect - indien aanwezig in het product: opconcentratie	-
Pelletiseren														
	Pelletiseren	<input type="checkbox"/> biologisch <input type="checkbox"/> fysisch <input type="checkbox"/> chemisch <input type="checkbox"/> combi	Gedroogde mestproducten kunnen geperst worden tot korrels/pellets. Vooraleer het product naar een korrelpers (geperforeerde matrix) gaat wordt het geconditioneerd met stoom om het persen te vereenvoudigen en de korrelkwaliteit te verhogen. De hogere massadichtheid vergemakkelijkt het transport en is er ook minder	<input type="checkbox"/> runderen <input type="checkbox"/> varkens <input type="checkbox"/> kippen	<input type="checkbox"/> ruw <input type="checkbox"/> duf <input type="checkbox"/> dif <input type="checkbox"/> stalment <input type="checkbox"/> ruw <input type="checkbox"/> duf <input type="checkbox"/> dif <input type="checkbox"/> stalment	- product moet een DS-gehalte hebben van >80% DS	- korrels/pellets nutriëntenverhouding wijzigt niet bij het pelletiseren van de mest	<input type="checkbox"/> labo/onderzoek <input type="checkbox"/> piloot <input type="checkbox"/> industri/commercieel	<input type="checkbox"/> centraal <input type="checkbox"/> medium <input type="checkbox"/> decentraal	+ -	+ -	+	geen effect - indien aanwezig in het product: opconcentratie	-

Additieven

DOEL: /

Quotering VCM

TECHNIEK	NAAM	TYPE	KORTE BESCHRIJVING	MESTTYPE	LIMIETEN	EINDPRODUCTEN	NUTRIËNTEN- (verhouding)	INNOVATIE STADIUM	(DE)CENTRAAL	C/P	NK/P	EOS	ongewenste stoffen	Haalbaarheid op boerderijschaal	
Zuren	<input type="checkbox"/> biologisch <input type="checkbox"/> fysisch <input type="checkbox"/> chemisch <input type="checkbox"/> combi	<input type="checkbox"/> runderen <input type="checkbox"/> varkens <input type="checkbox"/> kippen	Aanzuren bij het uitrijden wordt zeer frequent toegepast in oa Denemarken (Syren en Infarm). Het gebruikte zuur is steeds zwavelzuur (relatief goedkoop en voegt bemestende waarde toe). Aanzuren in de opslag en in de kelders gebeurt ook. Bij het aanzuren in de stal zijn er risico's naar schuimvorming en het ontstaan van gevaarlijke mestgassen. Aanzuren tot beneden pH 5,5 is nodig indien in stallen (Wang et al. 2014). Algemene vaststelling in Denemarken is dat de emissies dalen met 50% en dat de verbeterde oogsten de kosten compenseren.	<input type="checkbox"/> runderen <input type="checkbox"/> varkens <input type="checkbox"/> kippen	<input type="checkbox"/> ruw <input type="checkbox"/> duf <input type="checkbox"/> dif <input type="checkbox"/> stalrest <input type="checkbox"/> ruw <input type="checkbox"/> duf <input type="checkbox"/> dif <input type="checkbox"/> stalrest	Enkel gekend bij vloeibare mestsoorten	Aangezuurde mest - Kai et al. (2008) stelden vast dat het Mineral Fertilizer Equivalent van de aangezuurde varkensmest 40% hoger lag dan van de niet-aangezuurde mest. Andere studies geven een stijging van 9-14 eenheden (Manuresource 2014, Birkmose)	<input type="checkbox"/> labo/onderzoek <input type="checkbox"/> piloot <input type="checkbox"/> industri/commercieel	<input type="checkbox"/> centraal <input type="checkbox"/> medium <input type="checkbox"/> decentraal	-	+		zwavelgehalte neemt toe, maar door grote volumes mest treedt een verdunningseffect op	++	
Bekalken van de dunne fractie	<input type="checkbox"/> biologisch <input type="checkbox"/> fysisch <input type="checkbox"/> chemisch <input type="checkbox"/> combi	<input type="checkbox"/> runderen <input type="checkbox"/> varkens <input type="checkbox"/> kippen	ammoniak wordt gestript en oplosbaar fosfaat precipiteert als slib. Gestript ammoniak wordt gerecupereerd in een zure luchtwasser met zwavelzuur, ammoniumsulfaat wordt gevormd.	<input type="checkbox"/> runderen <input type="checkbox"/> varkens <input type="checkbox"/> kippen	<input type="checkbox"/> ruw <input type="checkbox"/> duf <input type="checkbox"/> dif <input type="checkbox"/> stalrest <input type="checkbox"/> ruw <input type="checkbox"/> duf <input type="checkbox"/> dif <input type="checkbox"/> stalrest	DIF, Effluent, ammsulfaat	effluent (1 kg N/ton, 3 kg K/ton) + ammoniumsulfaat	<input type="checkbox"/> labo/onderzoek <input type="checkbox"/> piloot <input type="checkbox"/> industri/commercieel	<input type="checkbox"/> centraal <input type="checkbox"/> medium <input type="checkbox"/> decentraal	DIF (incl slib): - - DUF: ++ SPUI: nvt	DIF: - DUF: +- SPUI: ++		Geen gegevens specifiek hierover beschikbaar - EOS uit ingaande mest zal hoofdzakelijk in de dif zitten	Geen toevoeging (uitsluitend ongebluste kalk)	-
Bekalken van de dikke fractie	<input type="checkbox"/> biologisch <input type="checkbox"/> fysisch <input type="checkbox"/> chemisch <input type="checkbox"/> combi	<input type="checkbox"/> runderen <input type="checkbox"/> varkens <input type="checkbox"/> kippen	ammoniak wordt gestript, product wordt gehygiëniseerd door temperatuurstijging (in combinatie met pluimveemest 2/3). Gestript ammoniak wordt gerecupereerd als ammoniumsulfaat.	<input type="checkbox"/> runderen <input type="checkbox"/> varkens <input type="checkbox"/> kippen	<input type="checkbox"/> ruw <input type="checkbox"/> duf <input type="checkbox"/> dif <input type="checkbox"/> stalrest <input type="checkbox"/> ruw <input type="checkbox"/> duf <input type="checkbox"/> dif <input type="checkbox"/> stalrest	Gehygiëniseerd eindproduct + ammsulfaat	Gehygiëniseerd eindproduct: Ntot 20 kg/ton, Nmin 0,6 kg/ton, P2O5 18 kg/ton, K2O 20 kg/ton (+ ammsulfaat met 100 kg/ton N)	<input type="checkbox"/> labo/onderzoek <input type="checkbox"/> piloot <input type="checkbox"/> industri/commercieel	<input type="checkbox"/> centraal <input type="checkbox"/> medium <input type="checkbox"/> decentraal	DIF (tov dif varkensmest): -- (tov ruwe mest	DIF: -- SPUI: ++		Onderzoeken toonden aan dat Humocal een positief effect heeft op het humusgehalte in de bodem	Geen toevoeging (uitsluitend ongebluste kalk, vloeibare N en potas)	+
Bacteriën	<input type="checkbox"/> biologisch <input type="checkbox"/> fysisch <input type="checkbox"/> chemisch <input type="checkbox"/> combi	<input type="checkbox"/> runderen <input type="checkbox"/> varkens <input type="checkbox"/> kippen	Er zijn verschillende producten op de markt waar door de landbouwer een actieve suspensie van gemaakt wordt (bv. Biobac, Agrimestmix, Effective Micro-organisms). Deze claimen ofwel het aanwezige ammonium om te zetten in nitraat, ofwel een betere homogeniteit van de mest, een afbraak van de organische stof of een omzetting van organische stikstof tot ammoniumstikstof. Vaak gaat het om melkzuurbacteriën en in mindere mate gisten (Bruggenwert, 1994; Van Vliet et al., 2005).	<input type="checkbox"/> runderen <input type="checkbox"/> varkens <input type="checkbox"/> kippen	<input type="checkbox"/> ruw <input type="checkbox"/> duf <input type="checkbox"/> dif <input type="checkbox"/> stalrest <input type="checkbox"/> ruw <input type="checkbox"/> duf <input type="checkbox"/> dif <input type="checkbox"/> stalrest	Mest met een gewijzigde samenstelling - afhankelijk van de toegepaste cultuur	Geen wetenschappelijke referentie die een gewijzigde nutriëntenverhouding kan vaststellen	<input type="checkbox"/> labo/onderzoek <input type="checkbox"/> piloot <input type="checkbox"/> industri/commercieel	<input type="checkbox"/> centraal <input type="checkbox"/> medium <input type="checkbox"/> decentraal	++	++	++	geen effect		++
Bacteriën - EBPR	<input type="checkbox"/> biologisch <input type="checkbox"/> fysisch <input type="checkbox"/> chemisch <input type="checkbox"/> combi	<input type="checkbox"/> runderen <input type="checkbox"/> varkens <input type="checkbox"/> kippen	Enhanced Biological Phosphate Removal wordt toegepast in de wereld van de waterzuivering. Het gaat om Polyphosphate accumulating microflora die worden gestimuleerd en die in aërobie condities tot 90% van de opgeloste reactieve fosfor kunnen verwijderen (één onderzoek op rundermest terug te vinden). In anoxic/anaërobie condities kunnen ze het opgeslagen polyfosfaat opnieuw vrijstellen in de aanwezigheid van korteketen vetzuren (Hong et al., 2009; Greaves et al., 1999).	<input type="checkbox"/> runderen <input type="checkbox"/> varkens <input type="checkbox"/> kippen	<input type="checkbox"/> ruw <input type="checkbox"/> duf <input type="checkbox"/> dif <input type="checkbox"/> stalrest <input type="checkbox"/> ruw <input type="checkbox"/> duf <input type="checkbox"/> dif <input type="checkbox"/> stalrest	Enkel referenties op waterige stromen/slibs	Mest waaruit het oplosbaar reactief fosfaat werd verwijderd door de polyfosfaat accumulerende microflora	<input type="checkbox"/> labo/onderzoek <input type="checkbox"/> piloot <input type="checkbox"/> industri/commercieel	<input type="checkbox"/> centraal <input type="checkbox"/> medium <input type="checkbox"/> decentraal	++	++		Schaal waarop dit zou kunnen toegepast worden voor mest is moeilijk in te schatten.	geen effect	--
Sporenelementen	<input type="checkbox"/> biologisch <input type="checkbox"/> fysisch <input type="checkbox"/> chemisch <input type="checkbox"/> combi	<input type="checkbox"/> runderen <input type="checkbox"/> varkens <input type="checkbox"/> kippen	Vlaams voorbeeld is Z'fix - bestaat uit een mengsel van minerale zouten die speciaal gekozen zijn vanwege hun capaciteit om de omzettingen in dierlijke mest goed te regelen. Te strooien op de roosters of in de kelders. Dit geheel wordt samengehouden op een drager van calcium- en magnesiumcarbonaat met lignosulfonaat als oplosbaar bindmiddel van plantaardige oorsprong. De idee is dat de aanwezige sporenelementen bacteriële populaties zullen stimuleren die zullen zorgen voor aërobie omzettingen.	<input type="checkbox"/> runderen <input type="checkbox"/> varkens <input type="checkbox"/> kippen	<input type="checkbox"/> ruw <input type="checkbox"/> duf <input type="checkbox"/> dif <input type="checkbox"/> stalrest <input type="checkbox"/> ruw <input type="checkbox"/> duf <input type="checkbox"/> dif <input type="checkbox"/> stalrest	Geen sedimentatie in de kelders, geen korstvorming, minder vervluchtiging van N bij opslag, homogenere, beter verpompbare mest	Stijging van Ntot, Norg, Corg en D5-gehalte	<input type="checkbox"/> labo/onderzoek <input type="checkbox"/> piloot <input type="checkbox"/> industri/commercieel	<input type="checkbox"/> centraal <input type="checkbox"/> medium <input type="checkbox"/> decentraal	+	+		niet gekend	niet gekend	++
Kleimineralen	<input type="checkbox"/> biologisch <input type="checkbox"/> fysisch <input type="checkbox"/> chemisch <input type="checkbox"/> combi	<input type="checkbox"/> runderen <input type="checkbox"/> varkens <input type="checkbox"/> kippen	Bepaalde additieven bevatten kleimineralen (bv. Euromestmix). Het natuurlijk zeoliet waar meest naar gerefereerd wordt is clinoptiloliet, dat een hoge ionenuitwisselingscapaciteit heeft en bovendien een hoge selectiviteit voor ammonium. De literatuur refereert naar een proef met rundermest bij bemesting, en verscheidene proeven ter reductie van ammoniakemissies bij varkensstallen (Chapuis-Lardy, 2003; Kant et al.; Gholamhoseini, 2013). Aan de universiteit van Kopenhagen loopt onderzoek naar verwijdering van ammonium, kalium en orthofosfaat met behulp van clinoptiloliet (Kocaturk, ManuResource 2013)	<input type="checkbox"/> runderen <input type="checkbox"/> varkens <input type="checkbox"/> kippen	<input type="checkbox"/> ruw <input type="checkbox"/> duf <input type="checkbox"/> dif <input type="checkbox"/> stalrest <input type="checkbox"/> ruw <input type="checkbox"/> duf <input type="checkbox"/> dif <input type="checkbox"/> stalrest		Volgens Chapuis-Lardy (2003) leidde de toevoeging van Euromestmix tot een reductie in het oplosbaar fosfaat.	<input type="checkbox"/> labo/onderzoek <input type="checkbox"/> piloot <input type="checkbox"/> industri/commercieel	<input type="checkbox"/> centraal <input type="checkbox"/> medium <input type="checkbox"/> decentraal	+	niet gekend	niet gekend	niet gekend		++

Alternatieve omzettingstechnieken naar biomassa

DOEL: /

Quotering VCM

TECHNIEK	NAAM	TYPE	KORTE BESCHRIJVING	MESTTYPE	LIMIETEN	EINDPRODUCTEN	NUTRIËNTEN- (verhouding)	INNOVATIE STADIUM	(DE)CENTRAAL	C/P	NK/P	EOS	ongewenste stoffen	Haalbaarheid op boerderijschaal
----------	------	------	--------------------	----------	----------	---------------	-----------------------------	-------------------	--------------	-----	------	-----	--------------------	------------------------------------

Alternatieve omzettingstechnieken naar biomassa														
Eendenkroos	<input type="checkbox"/> biologisch <input type="checkbox"/> fysisch <input type="checkbox"/> chemisch <input type="checkbox"/> combi	Eendenkroos is geschikt om afvalwater te zuiveren, vooral door een hoge groeisnelheid, een geringe ziektegevoeligheid en de gemakkelijke oogst. Kroos is relatief eiwitrijk en heeft een gunstige aminozuursamenstelling waardoor het als eiwitbron voor vee gebruikt kan worden en dus potentiële vervanger voor soja kan zijn. In het groeiseizoen verdubbelt het eendenkroos zich elke 2-3 dagen. Urine of dunne fractie mest/digestaat, opgemengd met water, wordt geënt met eendenkroos,	<input type="checkbox"/> runderen <input type="checkbox"/> ruw <input type="checkbox"/> duf <input type="checkbox"/> dif <input type="checkbox"/> stalmest <input type="checkbox"/> varkens <input type="checkbox"/> ruw <input type="checkbox"/> duf <input type="checkbox"/> dif <input type="checkbox"/> stalmest <input type="checkbox"/> kippen	- beperkte hoeveelheid mest kan verwerkt worden (0,5-1 volume% mest/digestaat) - gericht op productie biomassa	- eendenkroos -	-	<input type="checkbox"/> labo/onderzoek <input type="checkbox"/> piloot <input type="checkbox"/> industri/commercieel	<input type="checkbox"/> centraal <input type="checkbox"/> medium <input type="checkbox"/> decentraal	- gericht op productie van eendenkroos - kweekwater wordt niet uitgereden met als doel te bemesten	idem C/P	NVT	geen	++	
Algenkweek	<input type="checkbox"/> biologisch <input type="checkbox"/> fysisch <input type="checkbox"/> chemisch <input type="checkbox"/> combi	Algen kunnen groeien op zout/zout water met licht, CO2 en voedingsstoffen. Deze voedingsstoffen kan mest/digestaat gebruikt worden. Er is geen juridische barrière om algen toe te passen in de veevoeding. De algen moeten dan wel voldoen aan alle eisen die elke andere grondstof voor diervoeder, een zogenaamd voedermiddel, moet respecteren. De kweek gebeurt in een vijver van een 25tal cm diep. Het water en de algen worden constant in beweging gehouden. Urine of dunne fractie mest/digestaat wordt opgemengd met water.	<input type="checkbox"/> runderen <input type="checkbox"/> ruw <input type="checkbox"/> duf <input type="checkbox"/> dif <input type="checkbox"/> stalmest <input type="checkbox"/> varkens <input type="checkbox"/> ruw <input type="checkbox"/> duf <input type="checkbox"/> dif <input type="checkbox"/> stalmest <input type="checkbox"/> kippen	- beperkte hoeveelheid mest kan verwerkt worden (0,5-1 volume% mest/digestaat) - gericht op productie biomassa - biomassaproductie staat nog niet op punt - klimaatregeling voor efficiëntere productie (CO2 via rookgassen, warmte)	- algen -	bij opname 7 kg N wordt 1 kg P opgenomen	<input type="checkbox"/> labo/onderzoek <input type="checkbox"/> piloot <input type="checkbox"/> industri/commercieel	<input type="checkbox"/> centraal <input type="checkbox"/> medium <input type="checkbox"/> decentraal	gericht op productie van algen kweekwater wordt niet uitgereden met als doel te bemesten	idem C/P	NVT	geen	++	
Insecten	<input type="checkbox"/> biologisch <input type="checkbox"/> fysisch <input type="checkbox"/> chemisch <input type="checkbox"/> combi	Black Soldier Fly (BSF) zet haar eitjes vaak af in (de buurt van) mest zodat de jonge larven over een voedselbron beschikken in de directe nabijheid. Door zich te voeden met de mest, verandert de (N-/P-) samenstelling en verkleint het volume. Dit hangt af van de soort mest en de dichtheid van de larven. Resultaat is mest met een betere structuur en larven die dienst kunnen doen als eiwitbron,	<input type="checkbox"/> runderen <input type="checkbox"/> ruw <input type="checkbox"/> duf <input type="checkbox"/> dif <input type="checkbox"/> stalmest <input type="checkbox"/> varkens <input type="checkbox"/> ruw <input type="checkbox"/> duf <input type="checkbox"/> dif <input type="checkbox"/> stalmest <input type="checkbox"/> kippen	- kweek larven nog niet voldoende efficiënt en moet nog opgeschaald worden - samenstelling en vochtgehalte van groot belang - op dit moment niet legitiem - klimaatregeling voor efficiëntere productie	- larven - structureurrijkere mest	- P: resultaten zijn niet eenduidig - N: 30% reductie - Volumereductie: 16-30%	<input type="checkbox"/> labo/onderzoek <input type="checkbox"/> piloot <input type="checkbox"/> industri/commercieel	<input type="checkbox"/> centraal <input type="checkbox"/> medium <input type="checkbox"/> decentraal	resultaten niet eenduidig N-reductie, P-verschuiving nog niet duidelijk	niet gekend	geen	+		

Andere

DOEL: /

Quotering VCM

TECHNIEK	NAAM	TYPE	KORTE BESCHRIJVING	MESTTYPE	LIMIETEN	EINDPRODUCTEN	NUTRIËNTEN- (verhouding)	INNOVATIE STADIUM	(DE)CENTRAAL	C/P	NK/P	EOS	ongewenste stoffen	Haalbaarheid op boerderijschaal	
Strippen	<input type="checkbox"/> biologisch <input type="checkbox"/> fysisch <input type="checkbox"/> chemisch <input type="checkbox"/> combi	<input type="checkbox"/> runderen <input type="checkbox"/> varkens <input type="checkbox"/> kippen	Strippen van ammoniak gebeurt door te beluchten waardoor de pH stijgt en het evenwicht van ammonium verschuift naar ammoniak dat vrijgesteld wordt in de lucht. Men kan ook base toevoegen (CaO of Ca(OH) ₂) om de pH verder te doen stijgen en/of de temperatuur verhogen om ammoniak te doen ontsnappen.	<input type="checkbox"/> ruw <input type="checkbox"/> duf <input type="checkbox"/> dif <input type="checkbox"/> stalment	Toegepast op duf digestaat en duf varkensmest, wschl ook haalbaar op duf rundermest, maar daar zit minder N in	Ammoniumsulfaat, dikke fractie, effluent	Effluent armer aan N en P dan de ingaande stroom, bevat nog alle K en zouten uit de dunne fractie. Ammoniumsulfaat heeft een N-conc van 4-10% en een pH van 4-7 afhankelijk van de instellingen van de zure wasser	<input type="checkbox"/> labo/onderzoek <input type="checkbox"/> piloot <input type="checkbox"/> industri/commercieel	<input type="checkbox"/> centraal <input type="checkbox"/> medium <input type="checkbox"/> decentraal	2 installaties bij vergisters in Vlaanderen, 1 pilootinstallatie in opbouw bij vergistingsinstallatie (2014) en varkensboer (2015) in Vlaanderen. Testen met nieuwe strippingsystemen in NL (oa Dorset LGL-stripper).	+	-	nvt	Voorafgaand aan het strippen is het belangrijk dat er zich zo min mogelijk opgeloste deeltjes in de duf bevinden - dit kan door bv FeCl ₃ toe te voegen	++ (? Afhankelijk van succes pilootstelling 2015)
Extractie	<input type="checkbox"/> biologisch <input type="checkbox"/> fysisch <input type="checkbox"/> chemisch <input type="checkbox"/> combi	<input type="checkbox"/> runderen <input type="checkbox"/> varkens <input type="checkbox"/> kippen	Met behulp van aanzuring (meest gebruikt: zwavelzuur) wordt fosfor opgelost die aanwezig is in de mest. In eerste instantie wordt anorganisch fosfaat dat neergeslaan is (als calciumfosfaat of struviet) in oplossing gebracht, in een verder stadium bij sterke aanzuring wordt ook het organisch gebonden P vrijgesteld.	<input type="checkbox"/> ruw <input type="checkbox"/> duf <input type="checkbox"/> dif <input type="checkbox"/> stalment		P-oplossing en P-arme reststroom. Uit de P-oplossing kan vervolgens CaP neergeslaan worden	P-oplossing rijker aan P dan ingaand, reststroom armer aan P dan ingaand	<input type="checkbox"/> labo/onderzoek <input type="checkbox"/> piloot <input type="checkbox"/> industri/commercieel	<input type="checkbox"/> centraal <input type="checkbox"/> medium <input type="checkbox"/> decentraal	Op welke schaal dit rendabel zou kunnen zijn is nog niet duidelijk, er staat een installatie gepland op grote schaal (100,000 ton mest) in Nederland in het voorjaar 2015 die P gaat extraheren uit de dikke fractie van varkensmest.	++	++	Invoerd aanzuring op EOS??	Effluent is rijk aan zwavel en heeft een lage pH	-
Precipitatie	<input type="checkbox"/> biologisch <input type="checkbox"/> fysisch <input type="checkbox"/> chemisch <input type="checkbox"/> combi	<input type="checkbox"/> runderen <input type="checkbox"/> varkens <input type="checkbox"/> kippen	Succesvol struviet produceren hangt af van verschillende factoren: pH, Mg/PO ₄ ratio, fosfaatconcentratie, concentratie van interfererende ionen, ionensterkte. De eerste stap in het proces is het eventueel strippen van aanwezige CO ₂ om de hoeveelheid chemicaliën, die nodig is voor de verhoging van de pH bij het neerslagproces, te beperken. De pH wordt verhoogd tot een waarde van 8 tot 9 door toevoeging van NaOH. Daarna wordt MgO toegevoegd of MgCl ₂ . Daarbij wordt NH ₄ -struviet gevormd en ook K-struviet. Als calcium gebruikt wordt voor pH-verhoging zal ook calciumfosfaat neerslaan. Schoumans et al. onderzochten de precipitatie van struviet uit duf varkensmest en stelden vast dat het niet nodig is om de pH boven 8 te laten stijgen. Tevens geven ze aan geen voorkeur te geven aan een bepaalde Mg-bron.	<input type="checkbox"/> ruw <input type="checkbox"/> duf <input type="checkbox"/> dif <input type="checkbox"/> stalment	kalvergiel! <input type="checkbox"/> ruw <input type="checkbox"/> duf <input type="checkbox"/> dif <input type="checkbox"/> stalment	Struviet, calciumfosfaat, dif en effluent	Recente gegs van Schoumans et al. (2014) geven wisselende resultaten: verwijdering van 34-82% van de P tot in de dunne fractie na verhogen van de pH tot 8. Zonder voorafgaande aanzuring bevat het precipitaat vrij veel organische deeltjes.	<input type="checkbox"/> labo/onderzoek <input type="checkbox"/> piloot <input type="checkbox"/> industri/commercieel	<input type="checkbox"/> centraal <input type="checkbox"/> medium <input type="checkbox"/> decentraal	Het is mogelijk om na de vorming van het struviet, NH ₃ te strippen en het magnesium en fosfaat te hergebruiken. Samenstelling struviet uit aardappelinindustrie: 92% DM (48% OM), 52 kg/ton N, 103 kg/ton P en 9 kg/ton K, Struvietprecipitatie wordt getest in het ManureEcomine project waarvan de piloot in opbouw is.	EFFLUENT: ++, STRUVIET: --	EFFLUENT: +, STRUVIET: --	geen effect	Bij toevoeging MgCl ₂ kan zich een verhoogde concentratie van Cl in het effluent bevinden	+ ? (pilootstelling bij rundervoer in NL in 2015)
Filtratie	<input type="checkbox"/> biologisch <input type="checkbox"/> fysisch <input type="checkbox"/> chemisch <input type="checkbox"/> combi	<input type="checkbox"/> runderen <input type="checkbox"/> varkens <input type="checkbox"/> kippen	Er zijn tal van filtratietechnieken met membranen op de markt: papierfilters, microfiltratie, nanofiltratie, ultrafiltratie, RO. Verder kan er ook nog een onderscheid gemaakt worden tussen keramische en organische membranen. Cruciaal voor de kost en goede werking van de technologie is de vereiste capaciteit (en dus de hoeveelheid membraan nodig), de gebruikte druk, en de kwaliteit van de ingaande stroom. Hoe meer suspended solids, hoe meer risico op verstopping van de membranen.	<input type="checkbox"/> ruw <input type="checkbox"/> duf <input type="checkbox"/> dif <input type="checkbox"/> stalment	In Vlaanderen toegepast op duf digestaat na decanter en DAF met intensief polymeegebruik OF op het effluent van de biologie	Concentraat en permeaat	Afhankelijk van de gebruikte membranen en druk zal het concentraat rijker zijn aan N, K en zouten dan de ingaande stromen, en zal het permeaat armer zijn aan deze componenten	<input type="checkbox"/> labo/onderzoek <input type="checkbox"/> piloot <input type="checkbox"/> industri/commercieel	<input type="checkbox"/> centraal <input type="checkbox"/> medium <input type="checkbox"/> decentraal	Samenstelling product uit Vlaanderen: 5% DS, 2% OC, 5 kg N/ton waarvan 90% Nmin, 0,04 kg P/ton en 3,4 kg K/ton	CONC: zeer arm aan C en P	CONC: ++ (tov ruwe mest)	-- (tov ruwe mest)	Afh van gebruik ijzerhoudende flocculantia bij de voorbereidende scheidingsstap	-
Transmembranchemisorptie	<input type="checkbox"/> biologisch <input type="checkbox"/> fysisch <input type="checkbox"/> chemisch <input type="checkbox"/> combi	<input type="checkbox"/> runderen <input type="checkbox"/> varkens <input type="checkbox"/> kippen	Het influent passeert parallel langs een hydrofoob poreus membraan, ammoniak ontsnapt (pH >10) en migreert door de membraan naar een tegenstroom waar zuur wordt gedoseerd. Het pH-verschil is de drijvende kracht voor de migratie van ammoniak. Het proces is een combinatie van strippen en scrubben in een éénstapsproces. Er is minder kans op schuimvorming, de installatie is compacter en hoge concentraties ammoniak in het spuiwater zijn mogelijk.	<input type="checkbox"/> ruw <input type="checkbox"/> duf <input type="checkbox"/> dif <input type="checkbox"/> stalment		Effluent arm aan N, en ammoniumsulfaat		<input type="checkbox"/> labo/onderzoek <input type="checkbox"/> piloot <input type="checkbox"/> industri/commercieel	<input type="checkbox"/> centraal <input type="checkbox"/> medium <input type="checkbox"/> decentraal	Er zou één installatie in Nederland staan (Kempfarm) op varkensgier.	geen effect	++ (geen effect op P - opconcentratie N)	-- (tov ruwe mest)	Afh van gebruik ijzerhoudende flocculantia bij de voorbereidende scheidingsstap	- (? Blijkbaar wel bij varkensboer NL)
Membraandestillatie	<input type="checkbox"/> biologisch <input type="checkbox"/> fysisch <input type="checkbox"/> chemisch <input type="checkbox"/> combi	<input type="checkbox"/> runderen <input type="checkbox"/> varkens <input type="checkbox"/> kippen	Opwarmen van de mest waardoor water verdampt (samen met ammoniak). Het membraan laat enkel de waterdamp en de ammoniak door. Dit condenseert vervolgens op de condensor.	<input type="checkbox"/> ruw <input type="checkbox"/> duf <input type="checkbox"/> dif <input type="checkbox"/> stalment		Effluent arm aan N, en ammoniakwater		<input type="checkbox"/> labo/onderzoek <input type="checkbox"/> piloot <input type="checkbox"/> industri/commercieel bij zeewaterontzouting	<input type="checkbox"/> centraal <input type="checkbox"/> medium <input type="checkbox"/> decentraal	MD kan bv varkensgier vergaand concentreren (naar verwachting 2-5x), ureum zal niet mee verdampen.	geen effect	++ (geen effect op P - opconcentratie N)	-- (tov ruwe mest)	Afh van gebruik ijzerhoudende flocculantia bij de voorbereidende scheidingsstap	-

Elektrisch/Energetisch

DOEL /

Quotering VCM

TECHNIEK	NAAM	TYPE	KORTE BESCHRIJVING	MESSTYPE	LIMIETEN	EINDPRODUCTEN	NUTRIËNTEN- (verhouding)	INNOVATIE STADIUM	(DE)CENTRAAL	C/P	NK/P	EOS	ongewenste stoffen	Haalbaarheid op boerderijschaal	
Elektrochemisch		<input type="checkbox"/> biologisch <input type="checkbox"/> fysisch <input type="checkbox"/> chemisch <input type="checkbox"/> combi	In een reactor worden twee elektroden bevestigd, een anode en een kathode. Deze worden gescheiden door een membraan. Door een spanning over de cel te zetten, stroomt een elektrische stroom van de anode naar de kathode. De stroom van elektronen moet gecompenseerd worden door kationen of anionen, afhankelijk van het type membraan dat werd gebruikt, om de ladingsneutraliteit te bewaren. Ammonium kan een geschikte ladingdrager zijn als een kation uitwisselingsmembraan wordt gebruikt; Ammonium kan vervolgens aan de kathode, door de hoge pH, omgezet worden naar ammoniak en kan vervolgens via een strip en absorptie proces teruggewonnen worden.	<input type="checkbox"/> runderen <input type="checkbox"/> varkens <input type="checkbox"/> kippen	mixing membraan scaling	-Ammoniumsulfaat - Effluent		<input type="checkbox"/> labo/onderzoek <input type="checkbox"/> piloot <input type="checkbox"/> industri/commercieel	<input type="checkbox"/> centraal <input type="checkbox"/> medium <input type="checkbox"/> decentraal	+	ammoniumsulfaat: ++ effluent: --	geen effect niet gekend	--		
Verbranding		<input type="checkbox"/> biologisch <input type="checkbox"/> fysisch <input type="checkbox"/> chemisch <input type="checkbox"/> combi	Bij een temperatuur van meer dan 800°C en in de aanwezigheid van zuurstof wordt de mest, bij volledige verbranding, omgezet tot o.a. CO2 en H2O. Bestaande verbrandingsystemen zijn roosterovens, wervelbedovens, etc. Gassen uit pyrolysesysteem of vergassingstechnieken kunnen verbrand worden om het ingaande product te drogen of het systeem op temperatuur te houden.	<input type="checkbox"/> runderen <input type="checkbox"/> varkens <input type="checkbox"/> kippen	<input type="checkbox"/> ruw <input type="checkbox"/> duf <input type="checkbox"/> dif <input type="checkbox"/> stalment	- Hete rookgassen - Verbrandingsassen	- verbrandingsassen bestaan uit de oorspronkelijke mest droge stof minus de organische stof en de stikstof en zijn dus rijk aan P en K	<input type="checkbox"/> labo/onderzoek <input type="checkbox"/> piloot <input type="checkbox"/> industri/commercieel	<input type="checkbox"/> centraal <input type="checkbox"/> medium <input type="checkbox"/> decentraal			Techniek heeft geen wettelijke basis in Vlaanderen. Verbrandingstechniek op zich is economisch haalbaar op kleine schaal, maar rookgasreiniging niet. het produceren van elektriciteit door het verbranden van mest is met het in acht nemen van het opnieuw produceren van de onlosmakelijk in de mest aanwezige nutriënten efficiënt.	niet in de assen, wel in de rookgassen die vrijkomen (rookgasreiniging)	-	
Vergassing		<input type="checkbox"/> biologisch <input type="checkbox"/> fysisch <input type="checkbox"/> chemisch <input type="checkbox"/> combi	Vergassing is een thermisch proces waarbij het organisch materiaal maximaal wordt omgezet in een gasvormige fase (syngas). Deze omzetting gebeurt door een partiële verbranding/oxidatie van de aanwezige koolstof. Bij vergassing wordt een beperkte hoeveelheid lucht, zuivere zuurstof of stoom gebruikt. De temperaturen die voor vergassing gebruikt worden, liggen tussen 750 en 1400°C. Afhankelijk van het beoogde gebruik dienen de verontreinigingen (stof en roet/teerachtigen) uit het syngas verwijderd te worden. DOEL: omzetten van een vaste brandstof naar een gasvormige.	<input type="checkbox"/> runderen <input type="checkbox"/> varkens <input type="checkbox"/> kippen	<input type="checkbox"/> ruw <input type="checkbox"/> duf <input type="checkbox"/> dif <input type="checkbox"/> stalment	input heeft DS >85% nodig - bio-olie kent geen afzet in Vlaanderen	- Syngassen (CO, H2 (N2)) - Assen (anorganische residuën)	<input type="checkbox"/> labo/onderzoek <input type="checkbox"/> piloot <input type="checkbox"/> industri/commercieel	<input type="checkbox"/> centraal <input type="checkbox"/> medium <input type="checkbox"/> decentraal	--	--	--	niet gekend	--	
Pyrolyse		<input type="checkbox"/> biologisch <input type="checkbox"/> fysisch <input type="checkbox"/> chemisch <input type="checkbox"/> combi	Bij deze techniek wordt het materiaal zonder zuurstoftoediening blootgesteld aan een temperatuur van 300-1000°C. Er vindt een ontleding plaats van de DS in gas, olie, teer, koolachtig materiaal en water. De verhouding van gas, olie, teer en kool hangt af van het uitgangsmateriaal en van de temperatuur/verbleef tijd karakteristieken die het materiaal ondergaat in de reactor. De gasvormige (en vaste) componenten worden meestal verbrand om de reactor op temperatuur te houden. Pyrolyse van mest wordt in Vlaanderen nog niet toegepast	<input type="checkbox"/> runderen <input type="checkbox"/> varkens <input type="checkbox"/> kippen	<input type="checkbox"/> ruw <input type="checkbox"/> duf <input type="checkbox"/> dif <input type="checkbox"/> stalment	- input heeft DS >70% nodig - bio-olie kent geen afzet in Vlaanderen - deeltjes kleiner dan 10 mm	- Cokes - Syngassen - Water - Teer (kan verder gecondenseerd worden naar oliën)	<input type="checkbox"/> labo/onderzoek <input type="checkbox"/> piloot <input type="checkbox"/> industri/commercieel	<input type="checkbox"/> centraal <input type="checkbox"/> medium <input type="checkbox"/> decentraal	--	--	--	Het is echter ook mogelijk dat sommige labiele biocharcomponenten bij hoge concentraties een toxische werking hebben op micro-organismen (Graber et al., 2010) wat zou kunnen zorgen voor een afname van de biotische consumptie van biochar (Ameloot et al., 2013b). Ameloot et al. (2013b) wijzen er ook op dat bij hogere pyrolysetemperaturen toxische verbindingen kunnen ontstaan.	--	
HTC		<input type="checkbox"/> biologisch <input type="checkbox"/> fysisch <input type="checkbox"/> chemisch <input type="checkbox"/> combi	Met hydrothermale carbonisatie kunnen natte biomassaströmen worden behandeld tot biochar. Dit als alternatief voor het drogen en dan verbranden/vergasen van natte strömen die veel energie vragen. HTC is efficiënter voor het ontwateren van dergelijke strömen. De natte stroom wordt opgewarmd tot 220°C waardoor de cellen openbreken en het vocht kan ontsnappen. Bij thermale droging gaan de cellen niet kapot en kan het celwater niet gedroogd worden. Bij HTC wordt de organische stof omgezet in biochar. Wordt reeds op grote schaal toegepast op afvalwater, maar nog niet op mest	<input type="checkbox"/> runderen <input type="checkbox"/> varkens <input type="checkbox"/> kippen	<input type="checkbox"/> ruw <input type="checkbox"/> duf <input type="checkbox"/> dif <input type="checkbox"/> stalment	- Proceswater met C - Biochar		<input type="checkbox"/> labo/onderzoek <input type="checkbox"/> piloot <input type="checkbox"/> industri/commercieel	<input type="checkbox"/> centraal <input type="checkbox"/> medium <input type="checkbox"/> decentraal	--	--	--	niet gekend	--	
Vergisting		<input type="checkbox"/> biologisch <input type="checkbox"/> fysisch <input type="checkbox"/> chemisch <input type="checkbox"/> combi	Het vergistingsproces is een biologisch complex waarin verschillende groepen van bacteriën samenwerken om organisch materiaal om te zetten in CH4, CO2, H2O, H2S en NH3. Er wordt onderscheid gemaakt in natte of droge vergisting, entraps of meertraps en mesofiele of thermofiele werking. Keuze wordt gemaakt op basis van inputmateriaal.	<input type="checkbox"/> runderen <input type="checkbox"/> varkens <input type="checkbox"/> kippen	<input type="checkbox"/> ruw <input type="checkbox"/> duf <input type="checkbox"/> dif <input type="checkbox"/> stalment	mest is moeilijk afbreekbaar nutriënten uit energiegewassen en OBA's moeten afgezet worden als DM ammonia-inhibitie	- Biogas - Digestaat	- N aanwezig als NH4 - P blijft gelijk - Kiemdoding - Stabilisatie organische massa	<input type="checkbox"/> labo/onderzoek <input type="checkbox"/> piloot <input type="checkbox"/> industri/commercieel	<input type="checkbox"/> centraal <input type="checkbox"/> medium <input type="checkbox"/> decentraal	-	+ (meer N aanwezig in ammoniumvorm)	+ (Vlaco: Ecologische en economische waardering digestaat; digestaat bevat ongeveer evenveel EOS als mengmest)	afhankelijk van de inputstromen	++
Microbial Fuel Cell		<input type="checkbox"/> biologisch <input type="checkbox"/> fysisch <input type="checkbox"/> chemisch <input type="checkbox"/> combi	The microbial fuel cell is een alternatief systeem voor vergisting. MFCs zijn bio-elektrochemische reactoren waarbij bacteriën de organische componenten oxideren aan de anode en waar protonen ontstaan die via een kation uitwisselingsmembraan naar de kathode migreren. Elektronen vloeien via een extern elektrisch circuit van de anode naar de kathode en worden overgebracht naar een oxidant, meestal O2. Een nieuwe stap is de combinatie van een microbial fuel cell met een biogasinstallatie. Het effluent van de MFC kan terug naar de biogasinstallatie gaan. Door dit effluent hier te hergebruiken is er minder kans op ammoniak inhibitie en wordt de methaanopbrengst verhoogd.	<input type="checkbox"/> runderen <input type="checkbox"/> varkens <input type="checkbox"/> kippen	<input type="checkbox"/> ruw <input type="checkbox"/> duf <input type="checkbox"/> dif <input type="checkbox"/> stalment	- Elektriciteit - Effluent met verlaagd COD		<input type="checkbox"/> labo/onderzoek <input type="checkbox"/> piloot <input type="checkbox"/> industri/commercieel	<input type="checkbox"/> centraal <input type="checkbox"/> medium <input type="checkbox"/> decentraal	+	ammoniumsulfaat: ++ effluent: --	+	niet gekend	--	

Homogeniseren/Mengen/GescheidenStalsystemen

DOEL: /

Quotering VCM

TECHNIEK	NAAM	TYPE	KORTE BESCHRIJVING	MESTTYPE	LIMIETEN	EINDPRODUCTEN	NUTRIËNTEN-(verhouding)	INNOVATIE STADIUM	(DE)CENTRAAL	C/P	NK/P	EOS	ongewenste stoffen	Haalbaarheid op boerderijschaal
Homogeniseren														
	Mixers	<input type="checkbox"/> biologisch <input type="checkbox"/> fysisch <input type="checkbox"/> chemisch <input type="checkbox"/> combi	In een mestkelder of –opslag met varkensdrijfmest ontstaat een bezinklaag. In een mestkelder met rundveedrijfmest ontstaat een drijfslag. Verschillende vrachten drijfmest uit dezelfde mestkelder kunnen verschillen in samenstelling en eigenschappen. Doelstelling mixen: partijen mest van constante samenstelling.	<input type="checkbox"/> runderen <input type="checkbox"/> varkens <input type="checkbox"/> kippen	<input type="checkbox"/> ruw <input type="checkbox"/> duf <input type="checkbox"/> dif <input type="checkbox"/> stalrest <input type="checkbox"/> ruw <input type="checkbox"/> duf <input type="checkbox"/> dif <input type="checkbox"/> stalrest	Gemixte mest	DS-gehalte: moet mixbaar blijven	<input type="checkbox"/> labo/onderzoek <input type="checkbox"/> piloot <input type="checkbox"/> industri/commercieel	<input type="checkbox"/> centraal <input type="checkbox"/> medium <input type="checkbox"/> decentraal			Hoeksma (2001) - onderzoek op varkensmest - silo van 2000m ³ - menging bodemlaag niet mogelijk. Op heden wordt vooral gemixt in rundveestallen, niet of nauwelijks in varkensstallen.	verhouding is homogener in de put verhouding is homogener in de put geen effect geen effect	++
	Aeromix	<input type="checkbox"/> biologisch <input type="checkbox"/> fysisch <input type="checkbox"/> chemisch <input type="checkbox"/> combi	Nieuw systeem van BOS Benelux. Slangen met gaatjes op de bodem van de opslag, lucht wordt erdoor geblazen met compressor. Beloven minder ammoniak en H2S gassen in de stal (WUR doet onderzoek, resultaten midden december). Er wordt gemixt met luchtballen en dat slechts enkele minuten per dag. Er liggen op de bodem van een silo of kelder meerdere secties/uitlopen. Via luchtverdeelkleppen krijgt elke sectie een aantal minuten lucht en op die manier wordt de totale silo/kelder gemixt.	<input type="checkbox"/> runderen <input type="checkbox"/> varkens <input type="checkbox"/> kippen	<input type="checkbox"/> ruw <input type="checkbox"/> duf <input type="checkbox"/> dif <input type="checkbox"/> stalrest <input type="checkbox"/> ruw <input type="checkbox"/> duf <input type="checkbox"/> dif <input type="checkbox"/> stalrest	Homogenere mest, minder N gaat verloren als ammoniak	DS-gehalte - druk die compressor moet uitoefenen om lucht door te blazen	<input type="checkbox"/> labo/onderzoek <input type="checkbox"/> piloot <input type="checkbox"/> industri/commercieel	<input type="checkbox"/> centraal <input type="checkbox"/> medium <input type="checkbox"/> decentraal			verhouding is homogener in de put + geen effect geen effect	++	
Ozoniseren														
		<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> biologisch <input type="checkbox"/> fysisch <input type="checkbox"/> chemisch <input type="checkbox"/> combi	Er zijn wetenschappelijke artikels die aantonen dat ozon P kan vrijstellen uit de organische matrix. Dit is op laboschaal reeds getest op zuiveringslib. Er zijn geen referenties met mest (wel als geurbehandeling)	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> runderen <input type="checkbox"/> varkens <input type="checkbox"/> kippen	<input type="checkbox"/> ruw <input type="checkbox"/> duf <input type="checkbox"/> dif <input type="checkbox"/> stalrest <input type="checkbox"/> ruw <input type="checkbox"/> duf <input type="checkbox"/> dif <input type="checkbox"/> stalrest	Mest waarin de chemische zuurstofvraag is afgebroken en de P is vrijgesteld uit de organische matrix	niet gekend	<input type="checkbox"/> labo/onderzoek <input type="checkbox"/> labo zuiveringslib <input type="checkbox"/> piloot <input type="checkbox"/> industri/commercieel	<input type="checkbox"/> centraal <input type="checkbox"/> medium <input type="checkbox"/> decentraal			De dosering van ozon is afhankelijk van de zwevende stoffen aanwezig. De productie van ozon is vrij duur, dus de toepassing op mest zal wellicht duur uitvallen.	geen effect geen effect effect op EOS niet gekend niet gekend	+

TECHNIEK	NAAM	TYPE	KORTE BESCHRIJVING	MESTTYPE	LIMIETEN	EINDPRODUCTEN	NUTRIËNTEN-(verhouding)	INNOVATIE STADIUM	(DE)CENTRAAL	C/P	NK/P	EOS	ongewenste stoffen	Haalbaarheid op boerderijschaal				
Mengen mesttypes																		
	In de opslag	<input type="checkbox"/> biologisch <input type="checkbox"/> fysisch <input type="checkbox"/> chemisch <input type="checkbox"/> combi	Mengen kan met kunstmest, mest van andere diersoorten, mest van een ander bedrijf, afgeleiden van mestverwerking. Voorbeelden: 1) varkensmest rijk aan P van boer X met zeugenmest rijk aan N van boer Y, 2) opmengen van verschillende spuiwatertypes, 3) opmengen van mineralenconcentraten met dierlijke mest, etc., in de put mengen van mestsoorten wordt ten stelligste afgeraden.	<input type="checkbox"/> runderen <input type="checkbox"/> varkens <input type="checkbox"/> kippen	<input type="checkbox"/> ruw <input type="checkbox"/> duf <input type="checkbox"/> dif <input type="checkbox"/> stalment <input type="checkbox"/> ruw <input type="checkbox"/> duf <input type="checkbox"/> dif <input type="checkbox"/> stalment <input type="checkbox"/> ruw <input type="checkbox"/> duf <input type="checkbox"/> dif <input type="checkbox"/> stalment	Homogene menging moet mogelijk zijn - wordt moeilijk met stalment - opgelet met opmenging spuiwater (H2S-vrijstelling!)	Mest waarvan de nutriënteninhoud beter afgestemd is op de specifieke gewasvereisten	Afhankelijk van de gemengde producten	<input type="checkbox"/> labo/onderzoek <input type="checkbox"/> piloot <input type="checkbox"/> industri/commercieel	<input type="checkbox"/> centraal <input type="checkbox"/> medium <input type="checkbox"/> decentraal			Kan bij de akkerbouwer gebeuren die een opslag heeft, of bij de mesthandelaars	afh van de menging	afh van de menging (kan ++)	afh van de menging	geen	++
	Bij het uitrijden	<input type="checkbox"/> biologisch <input type="checkbox"/> fysisch <input type="checkbox"/> chemisch <input type="checkbox"/> combi	Er zijn verschillende machines ontwikkeld om vloeibare meststoffen gelijktijdig uit te rijden, zoals het slangenpompsysteem. Dit kan ook gebruikt worden om MC en spuiwater uit te rijden in combinatie met drijfmest. Het toe te voegen product zit dan in een container die vooraan op de tractor staat. Het spaakwielbemestingsstelsel is in Nederland speciaal ontwikkeld voor om het uitrijden van spuiwater.	<input type="checkbox"/> runderen <input type="checkbox"/> varkens <input type="checkbox"/> kippen	<input type="checkbox"/> ruw <input type="checkbox"/> duf <input type="checkbox"/> dif <input type="checkbox"/> stalment <input type="checkbox"/> ruw <input type="checkbox"/> duf <input type="checkbox"/> dif <input type="checkbox"/> stalment		Mest waarvan de nutriënteninhoud beter afgestemd is op de specifieke gewasvereisten	Afhankelijk van de gemengde producten	<input type="checkbox"/> labo/onderzoek <input type="checkbox"/> piloot <input type="checkbox"/> industri/commercieel	<input type="checkbox"/> centraal <input type="checkbox"/> medium <input type="checkbox"/> decentraal			Kan aangekocht worden door loonwerker of individuele akkerbouwer.	afh van de menging	afh van de menging (kan ++)	afh van de menging	geen	++
Gescheiden stalconstructies																		
		<input type="checkbox"/> biologisch <input type="checkbox"/> fysisch <input type="checkbox"/> chemisch <input type="checkbox"/> combi	Het bekendste voorbeeld van een gescheiden stalsysteem in Vlaanderen is VEDDOWS. Onder de roostervloer wordt een ondiepe kelder gecreëerd die toelaat de urine te scheiden van de vaste mest. Met behulp van een schraper wordt de vaste mest dagelijks uit de mestgoot verwijderd. Deze primaire mestscheiding in de kelder is de basis van een lagere ammoniakemissie. In Nederland ook voorbeeld in melkveestal met kunststofvloer die urine doorlaat (Veeteelt, oktober 2014)	<input type="checkbox"/> runderen <input type="checkbox"/> varkens <input type="checkbox"/> kippen	<input type="checkbox"/> ruw <input type="checkbox"/> duf <input type="checkbox"/> dif <input type="checkbox"/> stalment <input type="checkbox"/> ruw <input type="checkbox"/> duf <input type="checkbox"/> dif <input type="checkbox"/> stalment	Voorlopig enkel toegepast bij vleesvarkens	Gier en vaste mest	Gier: armer aan DS, OS, Ntot, P2O5, K2O - VASTE MEST: rijker aan DS, OS, Ntot, P2O5, K2O dan ruwe mest. N/P verhouding in gier is vele malen hoger dan in de ruwe mest. N/P verhouding in vaste mest is lager dan in ruwe mest. De verhouding Nmin/Ntot is hoger (=0,75) in gier dan in ruwe mest, en lager in vaste mest dan in ruwe mest.	<input type="checkbox"/> labo/onderzoek <input type="checkbox"/> piloot <input type="checkbox"/> industri/commercieel	<input type="checkbox"/> centraal <input type="checkbox"/> medium <input type="checkbox"/> decentraal		Samenstelling gier uit Vermeulenstal: 1,1% DS, pH 8,8, 3,7 kg N/ton, 0,10 kg P/ton, 1,41 kg K/ton	VAST: +, GIER: ++	VAST: -, GIER: ++	VAST: ++, GIER: -	geen toevoeging	++ (voor nieuwbouw)	
NIR-sensor tijdens het uitrijden																		
		<input type="checkbox"/> biologisch <input type="checkbox"/> fysisch <input type="checkbox"/> chemisch <input type="checkbox"/> combi	De NIR-sensor meet wat de N-inhoud is van de mest waarmee je op dat moment aan het bemesten bent, en met een aangepaste techniek kan je de hoeveelheid mest die je toedient daarop afstemmen. Leveranciers: John Deere, Zunhammer, Veenhuis	<input type="checkbox"/> runderen <input type="checkbox"/> varkens <input type="checkbox"/> kippen	<input type="checkbox"/> ruw <input type="checkbox"/> duf <input type="checkbox"/> dif <input type="checkbox"/> stalment <input type="checkbox"/> ruw <input type="checkbox"/> duf <input type="checkbox"/> dif <input type="checkbox"/> stalment				<input type="checkbox"/> labo/onderzoek <input type="checkbox"/> piloot <input type="checkbox"/> industri/commercieel	<input type="checkbox"/> centraal <input type="checkbox"/> medium <input type="checkbox"/> decentraal		Specialist in VL= Wouter Saeys - volgt pilootproject op in NL	geen effect	geen effect	geen effect	geen effect	++	
Verdunnen van mest																		
		<input type="checkbox"/> biologisch <input type="checkbox"/> fysisch <input type="checkbox"/> chemisch <input type="checkbox"/> combi	In Nederland onderzoek aan de Dairy Campus - door het verdunnen van de mest is er een betere infiltratie in de bodem, en vormen zich geen korsten in de sleuven - ammoniakemissie wordt gereduceerd (door verlagen concentratie) en meeropbrengst bij eerste proeven in gras (met zodenbemester)	<input type="checkbox"/> runderen <input type="checkbox"/> varkens <input type="checkbox"/> kippen	<input type="checkbox"/> ruw <input type="checkbox"/> duf <input type="checkbox"/> dif <input type="checkbox"/> stalment <input type="checkbox"/> ruw <input type="checkbox"/> duf <input type="checkbox"/> dif <input type="checkbox"/> stalment	Voorlopig enkel met rundermest	verdunde mest (1 deel water, 1 deel mest in het proefproject)		<input type="checkbox"/> labo/onderzoek <input type="checkbox"/> piloot <input type="checkbox"/> industri/commercieel	<input type="checkbox"/> centraal <input type="checkbox"/> medium <input type="checkbox"/> decentraal			waarschijnlijk enkel voordelen in droge periode	geen effect	geen effect	geen effect	geen effect	++

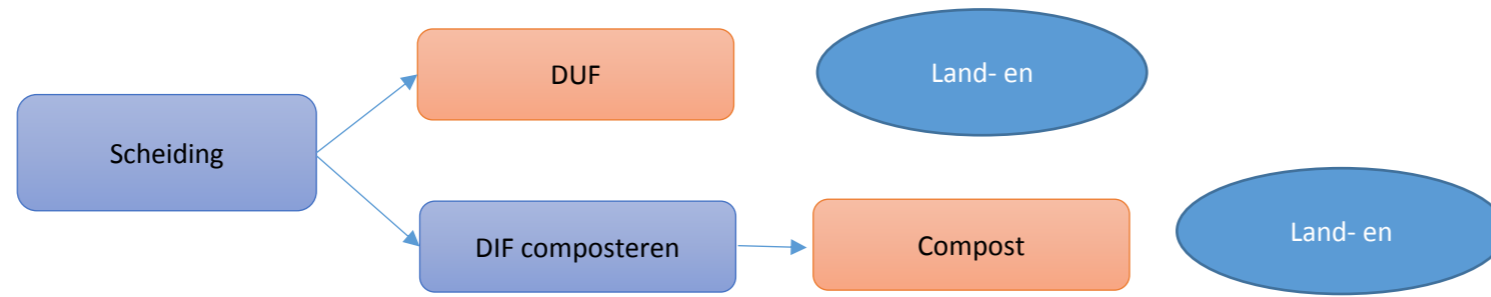
Biologie

DOEL: /

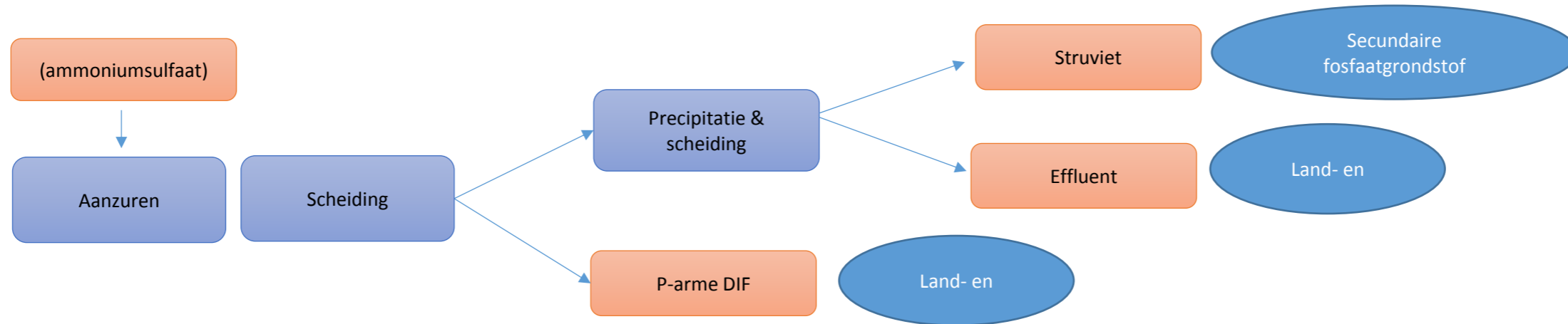
Quotering VCM

TECHNIEK	NAAM	TYPE	KORTE BESCHRIJVING	MESTTYPE	LIMIETEN	EINDPRODUCTEN	NUTRIËNTEN- (verhouding)	INNOVATIE STADIUM	(DE)CENTRAAL	C/P	NK/P	EOS	ongewenste stoffen	Haalbaarheid op boerderijschaal	
Biologie															
	Biologie (+evt constructed wetlands)	<input type="checkbox"/> biologisch <input type="checkbox"/> fysisch <input type="checkbox"/> chemisch <input type="checkbox"/> combi	actief-slibproces met nitrificatie (aëroob) en denitrificatie (anaëroob) - zuurstoftoediening via beluchters (lucht of zuivere zuurstof) en denitrificatie met behulp van een koolstofbron - incl lagunes voor het effluent. Bij gebruik van zuivere zuurstof is er minder schuimproductie. Een mobiele membraanbioreactor (MBR) kan in containervorm aangesloten worden op een klassieke biologie - hierdoor wordt het slib efficiënter afgescheiden en kan de capaciteit sterk uitgebreid worden zonder grotere oppervlaktes, Constructed wetlands vormen een nageschakelde techniek om het effluent op te zuiveren tot loosbaar water. Alternatief is een omgekeerde osmose-filtratie plaats (RO - reversed osmosis).	<input type="checkbox"/> runderen <input type="checkbox"/> varkens <input type="checkbox"/> kippen	<input type="checkbox"/> ruw <input type="checkbox"/> duf <input type="checkbox"/> dif <input type="checkbox"/> stalment	Beluchting limiteert het proces tot dunne fracties	Effluent en slib	<input type="checkbox"/> labo/onderzoek <input type="checkbox"/> piloot <input type="checkbox"/> industri/commercieel	<input type="checkbox"/> centraal <input type="checkbox"/> medium <input type="checkbox"/> decentraal	N gaat verloren. Testen met eerste decentrale installaties (<5000 ton/j)	geen effect	+(N daalt en P daalt)	aanwezig in de dif	afhankelijk van gebruik toeslagstoffen bij scheiding + antischuim	+
	SHARON	<input type="checkbox"/> biologisch <input type="checkbox"/> fysisch <input type="checkbox"/> chemisch <input type="checkbox"/> combi	Biologische verwijdering van ammoniak via partiële oxidatie van NH3 tot NO2 gevolgd door denitrificatie van het gevormde nitriet met een koolstofbron. Vergeleken met het conventionele nitrificatie/denitrificatieproces is hier 25% minder zuurstof en 40% minder koolstofbron nodig. Proces is wel complexer.	<input type="checkbox"/> runderen <input type="checkbox"/> varkens <input type="checkbox"/> kippen	<input type="checkbox"/> ruw <input type="checkbox"/> duf <input type="checkbox"/> dif <input type="checkbox"/> stalment	Effluent en slib	<input type="checkbox"/> labo/onderzoek <input type="checkbox"/> piloot <input type="checkbox"/> industri/commercieel voor waterzuivering	<input type="checkbox"/> centraal <input type="checkbox"/> medium <input type="checkbox"/> decentraal	N gaat verloren. Nog geen voorbeelden in mestverwerking in Vlaanderen.	geen effect	+(N daalt en P daalt)	aanwezig in de dif	afhankelijk van gebruik toeslagstoffen bij scheiding + antischuim	-	
	SHARON - ANAMMOX	<input type="checkbox"/> biologisch <input type="checkbox"/> fysisch <input type="checkbox"/> chemisch <input type="checkbox"/> combi	Biologische omzetting van NH4 via partiële oxidatie tot nitriet en autotrofe omzetting van nitriet met NH4 tot stikstofgas, zonder externe koolstofbron. Er is 60% minder zuurstof nodig dan bij conventionele proces. Proces is wel complexer. Er bestaan ook nog enkele systemen die qua principe min of meer vergelijkbaar zijn: CANON, DEAMMONIFICATION en OLAND.	<input type="checkbox"/> runderen <input type="checkbox"/> varkens <input type="checkbox"/> kippen	<input type="checkbox"/> ruw <input type="checkbox"/> duf <input type="checkbox"/> dif <input type="checkbox"/> stalment	Effluent en slib	<input type="checkbox"/> labo/onderzoek <input type="checkbox"/> piloot <input type="checkbox"/> industri/commercieel	<input type="checkbox"/> centraal <input type="checkbox"/> medium <input type="checkbox"/> decentraal	N gaat verloren. Nog geen voorbeelden in mestverwerking in Vlaanderen. De Anammox-techniek staat bij Ecoson in Nederland (ontwikkeld door Paques). De techniek wordt ook bestudeerd in het ManureEcomine project waarvan de piloot in opbouw is.	geen effect	+(N daalt en P daalt)	aanwezig in de dif	afhankelijk van gebruik toeslagstoffen bij scheiding + antischuim	-	
	Beperkte beluchting	<input type="checkbox"/> biologisch <input type="checkbox"/> fysisch <input type="checkbox"/> chemisch <input type="checkbox"/> combi	Finse Pellon-systeem: beluchting met gecontroleerde Dissolved Oxygen in de bioreactor (afgesloten en geïsoleerd). Minimale beluchting, vermijden van anaërobe condities, maar tevens vermijden van nitraatvorming. Gevolg: stikstof blijft in ammoniumvorm, humificatieproces wordt bevorderd, pH stijgt en TOC daalt, maar minder onder de vorm van CO2.	<input type="checkbox"/> runderen <input type="checkbox"/> varkens <input type="checkbox"/> kippen	<input type="checkbox"/> ruw <input type="checkbox"/> duf <input type="checkbox"/> dif <input type="checkbox"/> stalment	max 1% DS ingaand materiaal	Belucht eindproduct	<input type="checkbox"/> labo/onderzoek <input type="checkbox"/> piloot <input type="checkbox"/> industri/commercieel	<input type="checkbox"/> centraal <input type="checkbox"/> medium <input type="checkbox"/> decentraal	Twee boerderijschaal pilootinstallaties in Finland.	+(C daalt en P daalt)	++(P daalt)	geen effect	geen effect	++

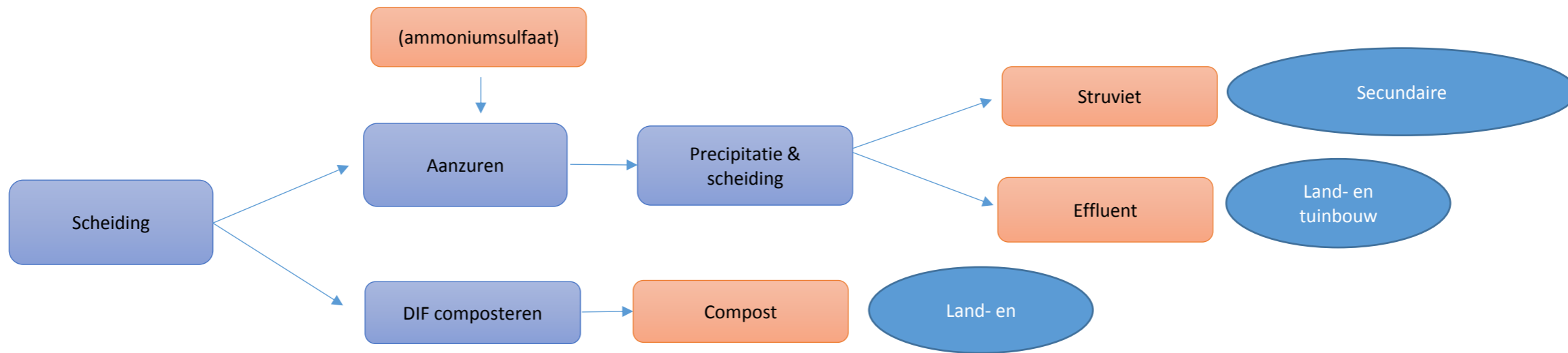
CASCADE 1



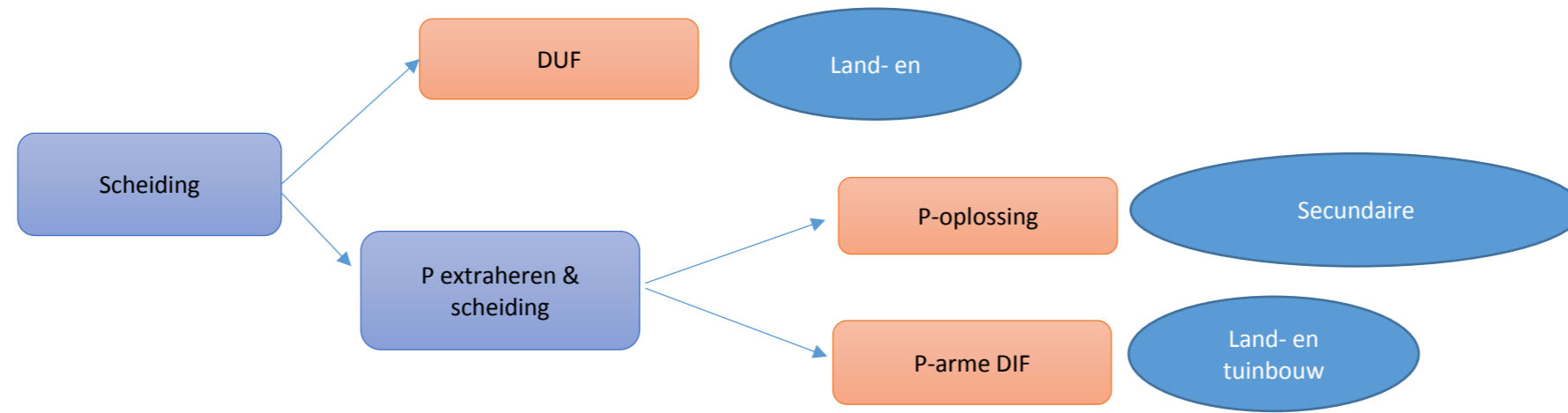
CASCADE 2



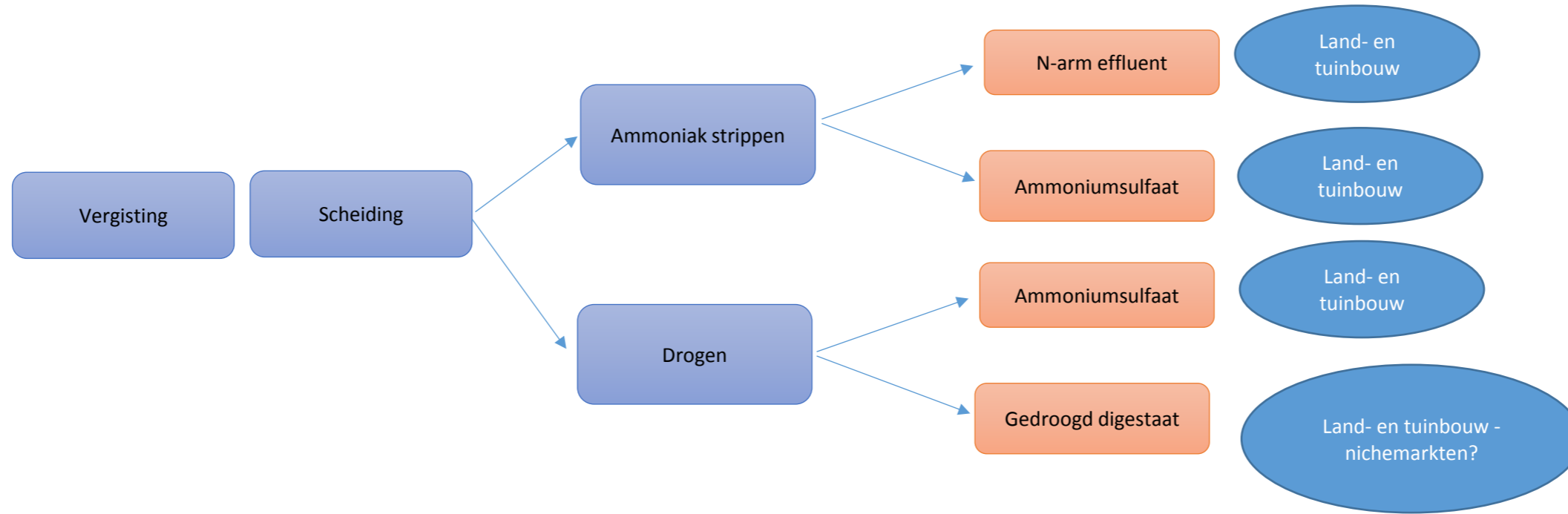
CASCADE 3



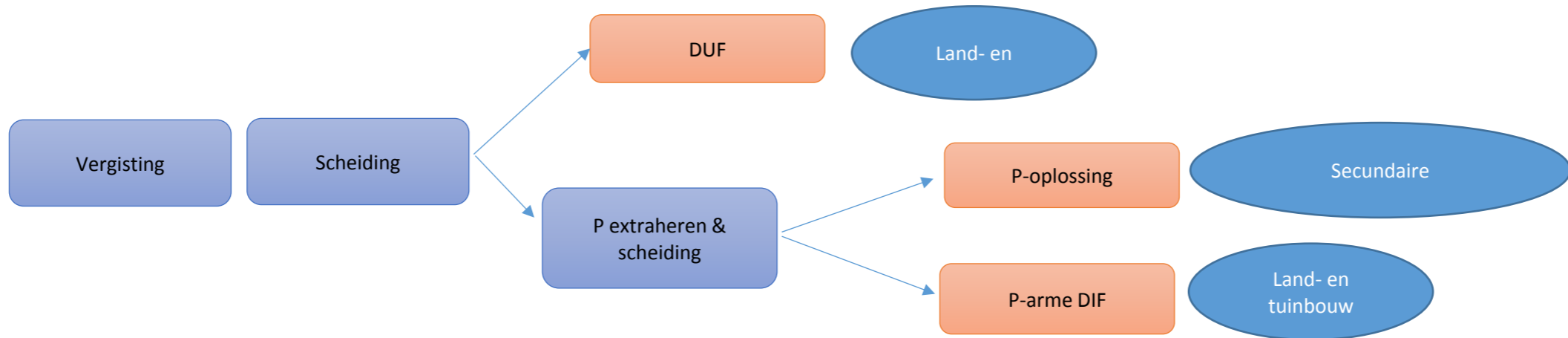
CASCADE 4



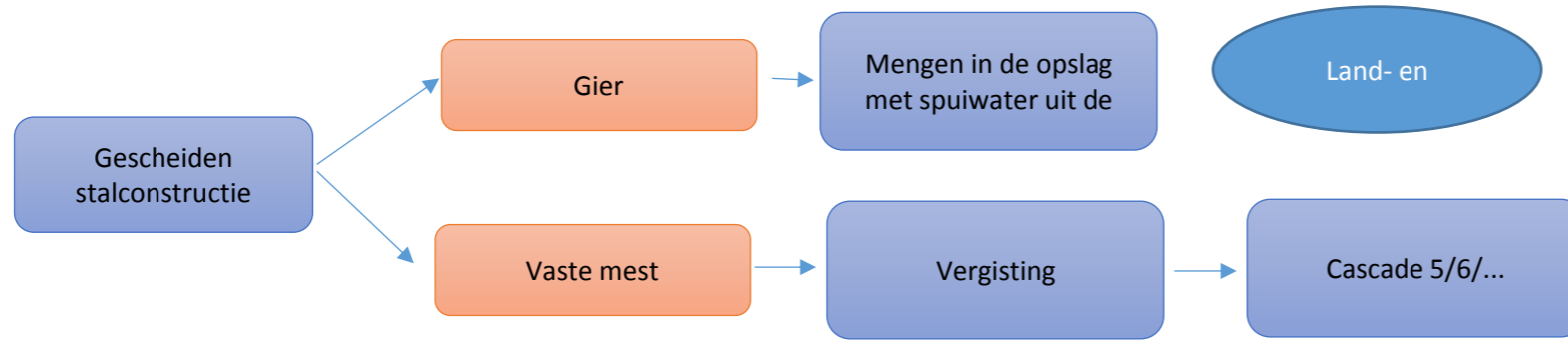
CASCADE 5



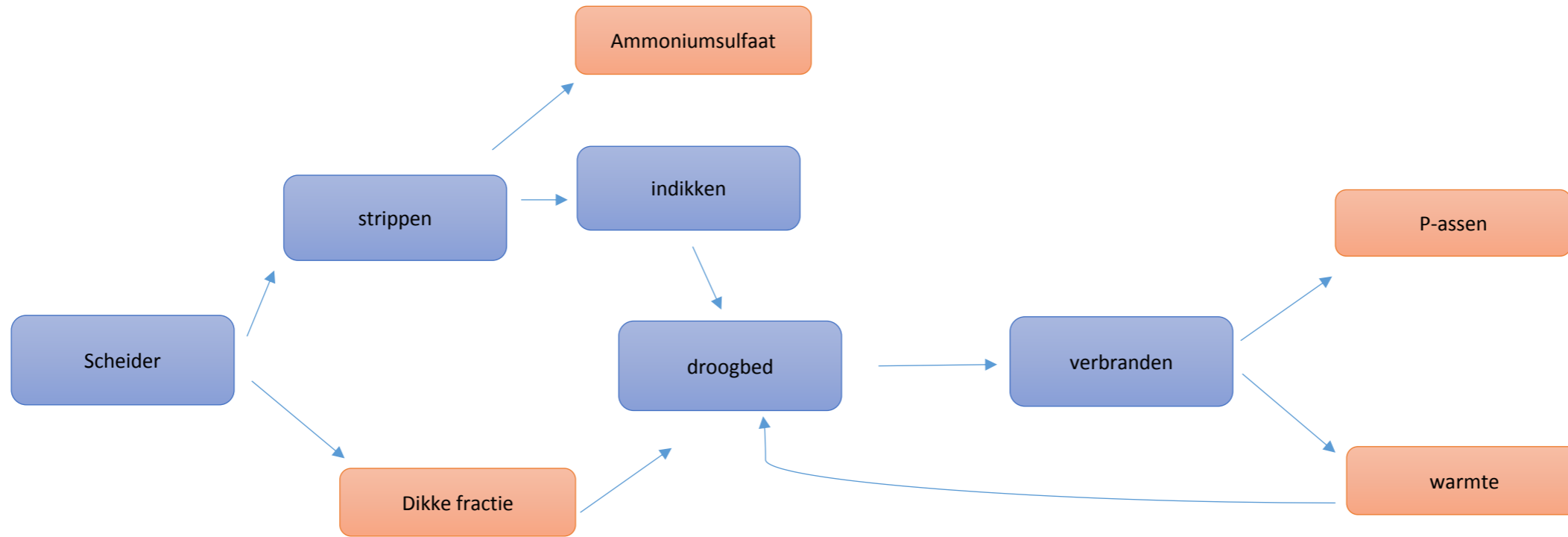
CASCADE 6



CASCADE 7



CASCADE 8



CASCADE 9 - BioECOSIM

