

2017

Mestscheidingsrendement



Jeroen Loof
Aeres Hogeschool
2-6-2017

Mestscheidingsrendement

Een evaluatie van verschillende bestaande scheidingstechnieken gelet op fosfaat scheidingsrendement en operationele kosten.

Auteur

Jeroen Loof

Aeres Hogeschool Dronten

+31(0)6 34531649

Major

Dier- en Veehouderij

Opdrachtgever

Examencommissie van de Aeres Hogeschool Dronten

Begeleider

Henk Klein Poelhuis

Aeres Hogeschool Dronten

+31(0)543 472768

Periode

December 2016 tot en met juni 2017

Borne, 2 juni 2017



DISCLAIMER

Dit rapport is gemaakt door een student van Aeres Hogeschool als onderdeel van zijn/haar opleiding. Het is géén officiële publicatie van Aeres Hogeschool. Dit rapport geeft niet de visie of mening van Aeres Hogeschool weer. Aeres Hogeschool aanvaardt geen enkele aansprakelijkheid voor enige schade voortvloeiend uit het gebruik van de inhoud van dit rapport.

Voorwoord

Voor u ligt het rapport “Mestscheidingsrendement”. Deze scriptie is geschreven in opdracht van de examencommissie van de Aeres Hogeschool Dronten. Dit in het kader van mijn opleiding Dier- en Veehouderij.

Deze scriptie gaat over de evaluatie van verschillende bestaande scheidingstechnieken gelet op het fosfaat scheidingsrendement en operationele kosten.

Hierbij bedank ik Henk Klein Poelhuis voor de kritische begeleiding en zijn ondersteuning tijdens het schrijven van deze scriptie.

Ik wens u veel leesplezier toe.
Jeroen Loof

Borne, 2 juni 2017

Samenvatting

In de jaren '50 van de vorige eeuw werd de landbouw in Europa sterk gestimuleerd. Dit had tot gevolg dat er steeds meer grondstoffen voor kunstmest en veevoer werden geïmporteerd. Deze import ging niet gepaard met een gelijke export van mineralen. Hierdoor bleven deze mineralen veelal achter op het veehouderijbedrijf. Dit had tot gevolg dat er in 1987 mestwetgeving van kracht is geworden.

Om op het gebied van mestverwerking aan de nieuwste wet- en regelgeving te voldoen zijn veehouderijbedrijven in Oost Nederland opzoek naar een techniek waarmee zij in een zo klein mogelijk volume product, zoveel mogelijk fosfaat kunnen afvoeren. Dit kan middels mestscheiding waarbij de mest gescheiden wordt in een dikke en een dunne fractie. Bij deze scheiding blijft er een dunne fractie over die op eigen grond uitgereden wordt. Het is daarbij van belang dat de maximale gebruiksruimte voor dierlijke mest maximaal benut kan worden, omdat hiermee de mestafzetkosten het laagst zijn. Het streven is om een zo hoog mogelijk fosfaat gehalte in de dikke fractie te krijgen. De hoeveelheid fosfaat er in de dikke fractie kan worden afgevoerd, is afhankelijk van het fosfaatscheidingsrendement van de verschillende mestscheiders.

Er bestaan drie typen mestscheiders; de persvijzelscheider, de zeefbandpers en de decanteercentrifuge. Deze leveren ieder andere eindproducten op. Om er achter te komen welk fosfaatscheidingsrendement deze mestscheiders leveren zijn de resultaten van 4 onderzoeken gebundeld welke in totaal 97 unieke metingen opleverde. Met deze metingen is berekend welk fosfaatscheidingsrendement de scheiders hebben. De decanteercentrifuge heeft een fosfaatscheidingsrendement van 66%, de zeefbandpers 30% en de persvijzelscheider 30%. Daarnaast is ook berekend welke stikstof/fosfaat-verhouding er in de dunne fractie na mestscheiding achterblijft. Hiermee kan worden ingeschat of de gebruiksruimte voor dierlijke mest maximaal benut kan worden.

De meeste bedrijven kunnen de gebruiksruimte voor dierlijke mest maximaal benutten bij een stikstof/fosfaat-verhouding tussen 1,7kg N/P₂O₅ en 3,4kg N/P₂O₅. De zeefbandpers levert in de dunne fractie een product op met gemiddeld 2,7kg N/P₂O₅ bij rundveemest en 1,4kg N/P₂O₅ bij varkensmest. Gelet op de besparing van mestafzetkosten is een persvijzelscheider niet interessant. De zeefbandpers en de decanteercentrifuge leveren wel een besparing op. Omdat de zeefbandpers een technisch en financieel resultaat laat zien is dit type mestscheider voor veel bedrijven het beste in te zetten.

Summary

In the 1950s, agriculture in Europe was strongly stimulated. As a consequence, more and more raw materials for fertilizer and animal feed were imported. This import was not accompanied by an equal export of minerals. As a consequence, these minerals often remained in the livestock farm. As a result, manure legislation came into force in 1987.

To comply with the latest legislation and regulations in the field of manure treatment, farmers in East Netherlands are looking for a technique that they can extract as much as possible phosphate in a small volume as possible. This can be done by manure separation, where the manure is separated into a thick and a liquid fraction. With this separation, the liquid fraction remains to be applied on the soil of the farm. It is important, therefore, that the maximum use space for animal manures can be maximized, as this means that manure costs are the lowest. The aim is to get the highest possible phosphate content in the thick fraction. The amount of phosphate that can be deposited into the thick fraction depends on the phosphate separation efficiency of the different manure separators.

There are three types of manure separators; The press-release separator, the sieve band press and the decanter centrifuge. These deliver each other end products. To find out which phosphate separation yields these manure separators, the results of 4 studies were bundled, yielding a total of 97 unique measurements. These measurements have calculated which phosphate separation efficiency has the separators. The decanter centrifuge has a 66% phosphate separation efficiency, the 30% sieve band press and the press-release separator 30%. In addition, it has also been calculated which nitrogen / phosphate ratio remains in the thin fraction after separation. It is possible to estimate whether the use space for animal manures can be maximized.

Most companies can maximize the use of animal manure at a nitrogen / phosphate ratio of 1.7kg N / P₂O₅ and 3.4kg N / P₂O₅. The sieve strap presses in the thin fraction a product with an average of 2.7kg N / P₂O₅ in cattle manures and 1.4kg N / P₂O₅ in manure pigs. In view of the savings of manure removal costs, a press release separator is not interesting. The sieve band press and the decanter centrifuge or providing a saving. To show a technical and financial result, this type of manure separator makes it possible for many companies to use the best.

Inhoud

Voorwoord	2
Samenvatting.....	3
Summary	4
1. Inleiding	6
2. Aanpak.....	13
2.1. Scheidingsrendementen.....	13
2.2. Gebruiksruimte dierlijke mest.....	14
2.3. Maximale prijs	14
3. Resultaten.....	15
3.1. Scheidingsrendementen.....	15
3.2. Gebruiksruimte dierlijke mest.....	20
3.3. Maximale prijs	22
4. Discussie	25
5. Conclusies en aanbevelingen	27
Bibliografie	29
Bijlagen	31
Bijlage 1 Regio's Meststoffenwet.....	31

1. Inleiding

In de jaren '50 van de 20^e eeuw werd de landbouwproductie in Europa gestimuleerd en versterkt om voldoende voedsel voor de gehele Europese bevolking te produceren. Dit ging gepaard met de aanvoer van kunstmest en veevoergrondstoffen. Omdat het aanvoeren van kunstmest en veevoergrondstoffen veel meer fosfaat binnen bracht dan de hoeveelheid fosfaat die werd uitgevoerd met landbouwproducten (gewassen, zuivel en vlees), steeg het fosfaatsaldo (OESD, 2008). Met name in gebieden met een hoge veedichtheid nam de mestproductie sterk toe. De mest uit deze gebieden werd op nabijgelegen landbouwgrond aangewend. Doordat de landbouwgewassen de hoeveelheid fosfaat niet langer konden opnemen hoopte de hoeveelheid fosfaat op in de bodem (Schoumans & Chardon, 2015).

Naarmate zich meer fosfaat in de bodem begon vast te leggen emitteerde er steeds meer fosfaat naar het oppervlaktewater. Hierdoor werd de landbouw een belangrijke bron van de watervervuiling in Nederland (Fred Lee, 1973). Omdat de Nederlandse overheid dit tegen wilde gaan is er in 1984 wetgeving opgesteld voor de maximalisering van de productie van dierlijke producten, bij varkens- en pluimveehouderijen met een interimwet. Binnen de melkveesector was er de melkquotering waarmee de hoeveelheid geproduceerde melk werd beperkt. Bijkomend effect van het melkquotum was dat de fosfaatproductie door melkkoeien niet oneindig kon worden uitgebreid. In 1987 werd de interimwet vervangen door de meststoffenwet en de wet bodembescherming. In de opvolgende jaren werd deze wetgeving veelvuldig aangepast (Hoogeveen, 2017).

Door het wegvallen van de melkquotering in 2015 zou er voor melkveehouders geen limiet meer zijn voor het produceren van melk. Dit zou tevens tot gevolg hebben dat de fosfaatuitstoot uit de melkveesector verhoogd kon worden. Hierdoor dreigde Nederland haar milieudoelstelling, welke zijn afgesproken met de Europese unie, niet te halen. Omdat de sector geen dierrechten wilde en fosfaat binnen andere delen van Europa goed gebruikt kon worden heeft toenmalig Staatssecretaris van Economische Zaken, Sharon Dijksma de verplichte mestverwerking geïntroduceerd (Dijksma, 2013).

Sinds 1 januari 2014 zijn veehouders in Nederland verplicht om een deel van hun mestoverschot te laten verwerken (meststoffenwet, 1986). Het gaat hierbij om de hoeveelheid fosfaat wat niet binnen het eigen bedrijf geplaatst kan worden.

De hoeveelheid fosfaat die een veehouder verplicht is te verwerken is bedrijfsspecifiek. Dit is afhankelijk van het bedrijfsoverschot, de regio waar het bedrijf gevestigd is en het kalenderjaar. Het bedrijfsoverschot wordt berekend door de hoeveelheid fosfaat die met dieren binnen het bedrijf naar verwachting wordt of is geproduceerd te verminderen met de hoeveelheid fosfaat die het bedrijf in het betreffende jaar mag plaatsen op de landbouwgrond (Mestverwerkingsplicht voor de landbouwer, 2017). Dit bedrijfsoverschot wordt vermenigvuldigd met het verwerkingspercentage. Een overzicht van de regio's die gelden bij de meststoffenwet zijn te vinden in Bijlage 1 Regio's Meststoffenwet. De per regio en kalenderjaar geldende verwerkingspercentages zijn weergegeven in Tabel 1 Verwerkingspercentages mest (Dam, 2016).

Tabel 1 Verwerkingspercentages mest

Regio	2014	2015	2016	2017
Zuid	30%	50%	55%	59%
Oost	15%	30%	35%	52%
Overig	5%	10%	10%	10%

Naast de verwerkingsplicht, als gevolg van de meststoffenwet, zijn melkveehouders ook gebonden aan het stelsel “Verantwoorde groei melkveehouderij”. Deze Algemene Maatregel van Bestuur (AMvB) is per 1 januari 2016 van kracht. Door deze AMvB zijn bedrijven verplicht de uitbreiding van de fosfaatproductie op hun bedrijf ten opzichte van 2014 te verantwoorden door het vergaren van extra landbouwareaal (Rijksdienst voor ondernemen Nederland, 2017)

Een andere mogelijkheid om de uitbreiding in fosfaatproductie op hun bedrijf te verantwoorden is middels het verwerken van het fosfaat. Echter is er aan deze mogelijkheid een maximum gesteld. Bedrijven met een melkveefosfaatoverschot tot 20 kg per hectare mogen 100% laten verwerken. Bedrijven met een melkveefosfaatoverschot van 20 tot 50 kg per hectare mogen maximaal 75% van hun overschot laten verwerken. Indien een bedrijf een melkveefosfaatoverschot heeft van meer dan 50 kg per hectare mag maximaal 50% van het overschot verwerkt worden. De mest die niet verwerkt hoeft te worden dient op de gangbare manier van het bedrijf afgevoerd te worden.

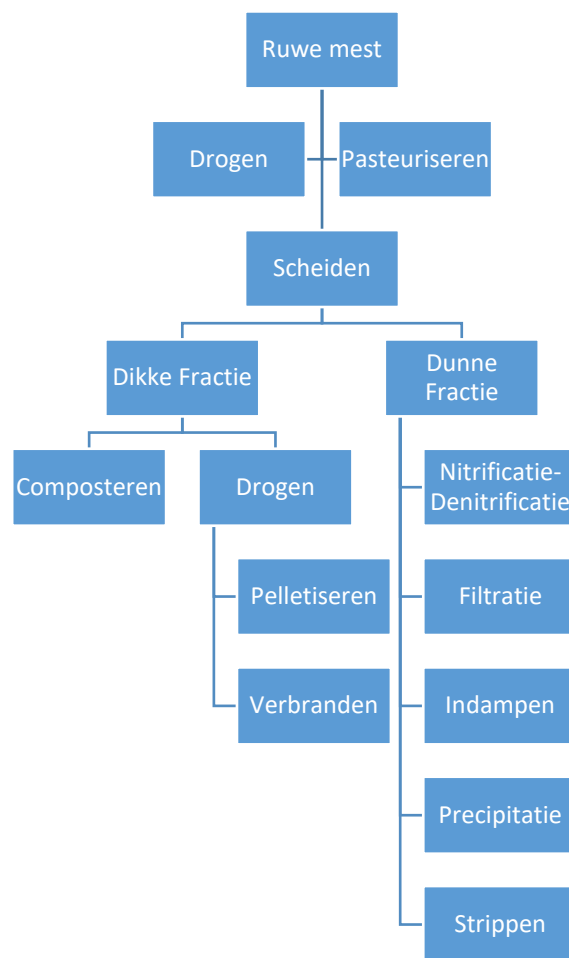
Met de verhoging van de verplichte verwerkingspercentages in 2017 komt de totale verplichte mestverwerking op 37,1 mln. kg fosfaat (Dam, 2016). Door de Wet “Verantwoorde groei melkveehouderij” en de AMvB “Grondgebonden melkveehouderij” wordt nog eens 3,7 mln. kg fosfaat verplicht verwerkt (Commissie Deskundige Meststoffenwet, 2016). Dit betekent dat er in Nederland in 2017 40,8 mln. kg fosfaat verplicht verwerkt moet worden. Dit komt neer op ongeveer 10,5 mln. ton varkensmest (bij 3,9 kg fosfaat/ton) of 27,2 mln. ton rundveemest (bij 1,5 kg fosfaat/ton) (Forfaitaire stikstof- en fosfaatgehalten in dierlijke mest, 2015).

Om deze mest te verwerken zijn er twee hoofd mogelijkheden; het exporteren van dierlijke meststoffen en het behandelen van dierlijke meststoffen tot een eindproduct dat voldoet aan de bij regeling van onze minister vast te stellen specificaties (meststoffenwet, 1986). De huidige specificatie van de minister houdt in dat de dierlijke mest zo behandeld moet worden dat er een as ontstaat waarin maximaal 10% organische stof aanwezig is, of een behandeling die tot resultaat moet hebben dat dierlijke meststoffen zijn omgezet tot korrels waarin minimaal 90% droge stof aanwezig is (Dijkma, 2014).

Voordat dierlijke mest geëxporteerd mag worden naar lidstaten binnen de Europese Unie is het verplicht dat deze eerst wordt gehygiëniseerd (De Europese Commissie, 2011). Dit kan bij standaard omzettingsparameters waarbij de deeltjesgrote maximaal 12 mm bedraagt en er een minimale ononderbroken temperatuur van 70 °C gehaald wordt gedurende 60 minuten. Er kan ook een validatieonderzoek uitgevoerd worden waarmee aangetoond wordt dat er een minimale afdding van ziekteverwekkende micro-organismen heeft plaats gevonden (Meinen, 2011).

Het hygiëniseren van mest is een dure bewerking. Daarnaast kan er naast fosfaat ook stikstof en kali in mest aanwezig zijn die wel binnen het eigen bedrijf geplaatst kan worden. Om deze redenen zijn veehouders op zoek naar een manier waarop zoveel mogelijk fosfaat van het bedrijf afgevoerd kan worden in een zo klein mogelijke volume. Verder wil men de nutriënten stikstof en kali voor het eigen bedrijf behouden.

In Figuur 1 Hoofdroutes mestbehandeling staan de meest voorkomende mestbehandelingsopties (Heijmans, 2014). Zoals te zien is mestscheiding de eerste stap van veel vervolg bewerkingen. Het is dan ook belangrijk dat dit goed gebeurt tegen gunstige condities.



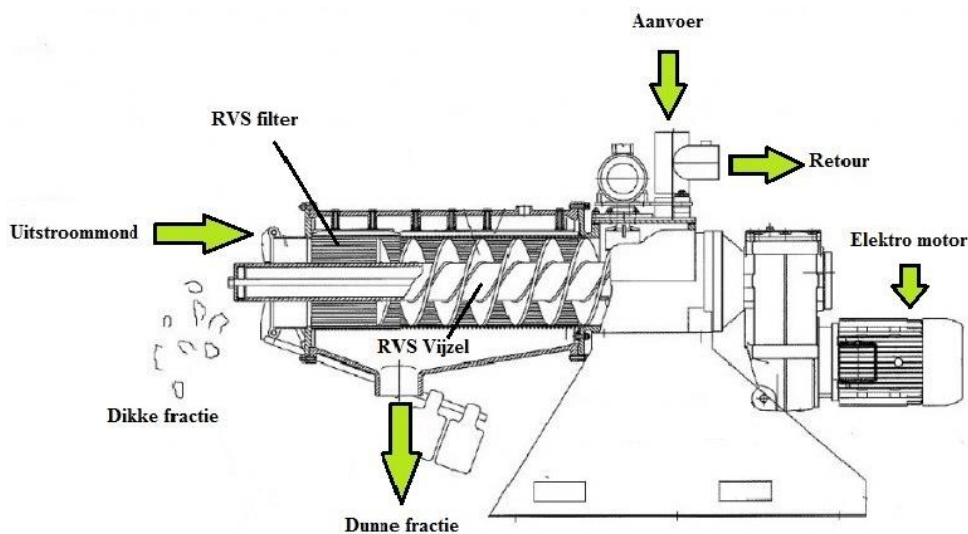
Figuur 1 Hoofdroutes mestbehandeling

Mestbewerking op bedrijfsniveau gaat gepaard met investeringen. Deze investeringen zijn pas rendabel voor grote bedrijven (Pijnenburg, 2016). Veel bedrijven zijn wel verplicht om fosfaat te verwerken, maar hebben niet de juiste omvang of investeringsmogelijkheid voor een bewerkingsinstallatie met als doel een verwerking mogelijk te maken. Om deze reden wijken deze bedrijven uit naar centrale bewerking waarna de mest klaar is om aan de verwerkingseis te voldoen. Dit heeft als nadeel dat er grote hoeveelheden mest getransporteerd moeten worden om een beperkte hoeveelheid fosfaat van het bedrijf af te voeren, terwijl de overige mineralen mogelijk wel bruikbaar zijn op het bedrijf. Om te voorkomen dat er grote hoeveelheden mest getransporteerd moeten worden naar de bewerkingsinstallaties zijn deze bedrijven op zoek naar een goedkope techniek om de wettelijke vereiste hoeveelheid fosfaat uit de mest te scheiden en af te voeren zonder daarbij grote hoeveelheden water en andere nutriënten te vervoeren. Uit Figuur 1 Hoofdroutes mestbehandeling is af te leiden dat het scheiden van mest veel mogelijkheden biedt voor de vervolg stappen van mestbewerking en de uiteindelijke verwerking.

Door een scheiding te maken tussen de vaste delen en de vloeibare delen in mest worden er in de vaste delen grotere hoeveelheden fosfaat afgezet in een kleiner volume dan het ingaande product (Møller, Lund, & Sommer, 2000). Er zijn 3 gangbare methoden voor het scheiden van vloeistoffen in een vaste fractie en een vloeibare fractie. Dit kan door middel van persen, zeven of decanteercentrifugeren (Jørgensen & Stoumann Jensen, 2009). Er bestaan nog enkele andere methoden om mest te scheiden, maar deze hebben na een pilot fase nooit de praktijk gehaald in

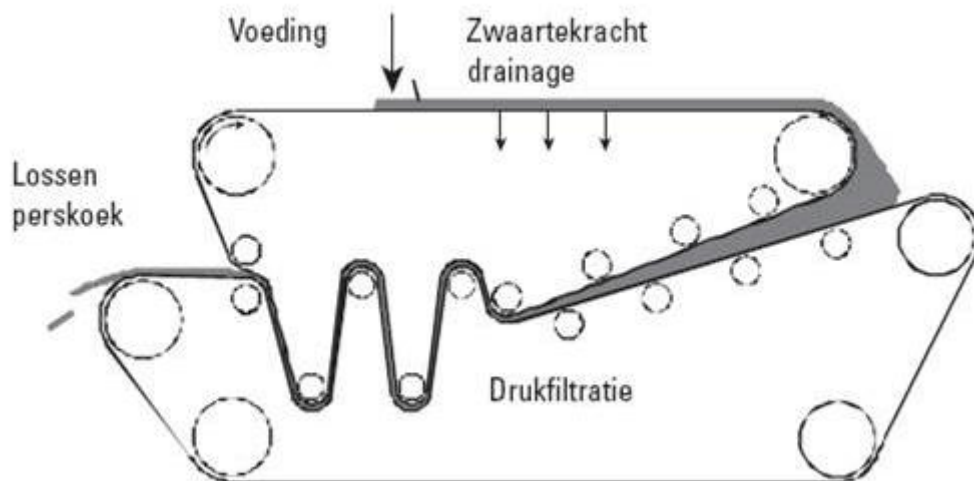
verband met een beperkte capaciteit, hoge kosten of acceptatieproblemen (Vlaams infocentrum land- en tuinbouw, 2016).

Scheiding op basis van persen vindt plaats m.b.v. een persvijzelscheider. De scheider bestaat uit drie hoofdonderdelen; een cilindrisch omhulsel, een mantel en een draaibare schroef. Aan de bovenzijde van de scheider wordt de mest ingevoerd, de mest welke nog niet ingevoerd kan worden loopt over terug de mestopslag in. Door de schroef wordt de drijfmest onder hogedruk door een cilindrisch metalen omhulsel met kleine gaten (0,15 tot 1,0 mm) geperst (Evers, Haan, Buissonjé, & Verloop, 2010). Het product dat door de kleine gaten geperst is, wordt als dunne fractie opgevangen door een mantel. De mantel heeft een uitgang waar het product dat niet door de gaatjes geperst kan worden, wordt afgevoerd als dikke fractie. Een schematische weergave van de persvijzelscheider is te zien in Figuur 2 Dwarsdoorsnede persvijzelscheider.



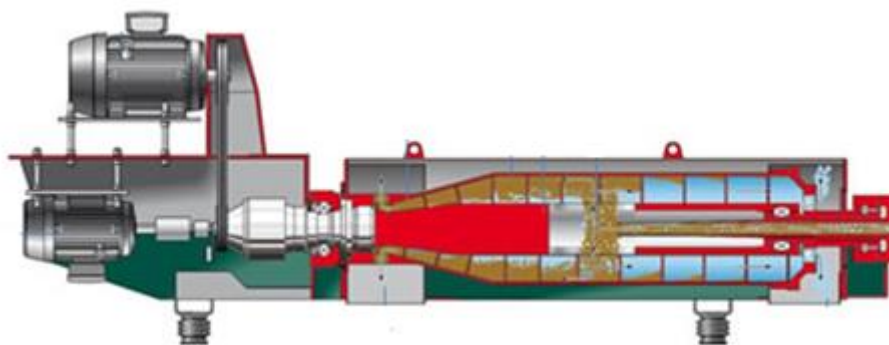
Figuur 2 Dwarsdoorsnede persvijzelscheider

Het scheiden van mest middels zeven vindt plaats m.b.v. een zeefbandpers. De mest loopt bij dit type scheider tussen een transportband en een zeefband. De zeefband is de onderste band en voorzien van kleine gaatjes. Deze banden worden samengedrukt door ze over rollers te laten lopen. Door de oplopende druk sijpelt er een deel van de mest door de zeefband en wordt als dunne fractie opgevangen in een onderliggende bak. Het deel wat niet door de band gaat loopt aan het einde van het banden circuit en wordt opgevangen als dikke fractie. De banden moeten constant worden gereinigd om verstopping te voorkomen. Doordat het een open systeem is ontstaan er emissies (Lemmens, et al., 2007). Een schematische tekening van de zeefbandpers is weergegeven in Figuur 3 Dwarsdoorsnede zeefbandpers.



Figuur 3 Dwarsdoorsnede zeefbandpers

Het centrifugeren van mest vindt plaats m.b.v. een decanteercentrifuge. Dit systeem werkt met een gesloten trommel, een schroef en een overloopschijf (Lemmens, et al., 2007). De trommel draait zeer snel, hierdoor ontstaan centrifugale krachten. Door deze krachten is deze mestscheider enkel geschikt voor het afscheiden van kleine delen met een aanzienlijk soortelijk gewicht. In de trommel bevindt zich een schroef die nog sneller draait dan de trommel. Hierdoor worden de vaste delen van de inkomende mest naar het conische deel van de trommel weggeslingerd. De dikke fractie verlaat de trommel aan het einde en wordt opgevangen in een bak onder de decanteercentrifuge. Via een overloopschijf verlaat de dunne fractie drukloos de trommel aan het einde van het cilindrische deel (Hilhorst & Verloop, 2010). Een schematische weergave van een decanteercentrifuge is weergegeven in Figuur 4 Dwarsdoorsnede decanteercentrifuge.



Figuur 4 Dwarsdoorsnede decanteercentrifuge

Daarnaast kunnen er ook combinaties gemaakt worden met voornoemde technieken, hierbij worden de verschillende scheiders in serie geplaatst. Omdat hier nog weinig ervaring mee is wordt hier in dit rapport niet op in gegaan.

De dunne fractie zal na mestscheiding op eigen grond uitgereden worden, omdat dit de goedkoopste wijze van mestplaatsing is (Stichting Centrum voor Landbouw en Milieu, 2013). Daarom is het van belang te weten hoeveel van deze mest een veehouder uit mag rijden. De hoeveelheid dierlijke mest die uitgereden mag worden, wordt door twee factoren begrensd; de maximale stikstofgift uit dierlijke mest en de fosfaatgebruiksruimte.

Op landbouwgrond mag maximaal 170 kg stikstof uit dierlijke mest per hectare per jaar gebruikt worden. Indien er op een bedrijf voldaan kan worden aan de voorwaarden voor derogatie kan dit aangevraagd worden. In dit geval mag een bedrijf meer stikstof per hectare per jaar uit dierlijke mest uitrijden. Voor percelen die bestaan uit zand en löss en liggen in regio Oost geldt de norm van 230 kg.

De fosfaat gebruiksruimte is afhankelijk van het grondgebruik en de fosfaattoestand van het land. De fosfaattoestand wordt aangetoond middels bodemonsters. Een overzicht van de fosfaatgebruiksnormen is weergegeven in Tabel 2 Maximale fosfaat gift per hectare per jaar.

Tabel 2 Maximale fosfaat gift per hectare per jaar

Grasland			Bouwland		
Pal-waarde	Categorie	Kg fosfaat	Pw-waarde	Categorie	Kg fosfaat
<27	Laag	100	<36	Laag	75
27-50	Neutraal	90	36-55	Neutraal	60
>50	Hoog	80	>55	Hoog	50

De hoogste stikstofgift uit dierlijke mest mag worden toegediend op het grasland van bedrijven met derogatie, dit is 230 kg stikstof. Als deze gift toegediend wordt op grasland met de laagste maximale fosfaatgift mag op dit perceel 80 kg fosfaat toegediend worden. Dit betekent dat bij een mestsoort met een stikstof/fosfaat-verhouding van 2,9-1 de mestplaatsing maximaal benut kan worden.

Deze berekening is voor iedere mogelijke combinatie gemaakt en is weergegeven in Tabel 3 Maximale stikstofgehalte in kg N per m³ mest. Hierbij is de maximale stikstofgift uit dierlijke mest per categorie in kg per hectare per jaar verticaal weergegeven en de maximale fosfaatgift in kg per hectare per jaar horizontaal weergegeven. De getallen in de tabel geven het maximale stikstofgehalte in kg aan ten opzichte van 1 kg fosfaat in de mest. Om de mestplaatsingsruimte maximaal te benutten zal er een meststof toegediend moeten worden met een stikstof/fosfaat-verhouding van 4,6-1 tot 1,7-1. Bij deze conclusie moet opgemerkt worden dat een veehouderijbedrijf minimaal 80% grasland moet hebben indien er gebruik gemaakt wordt van de derogatie. Dit houdt in dat het niet mogelijk is dat voor een geheel bedrijf de hoge stikstof/fosfaat-verhouding van 4,6-1 het meest gunstig is.

Tabel 3 Maximale stikstofgehalte in kg N per m³ mest

		Maximale fosfaatgift			
Maximale stikstofgift		100	80	75	50
Grasland	230	2,3	2,9		
	170	1,7	2,1		
Maïs	230			3,1	4,6
	170			2,3	3,4

Het is voor een veehouder onduidelijk bij welke scheider de kosten en het fosfaat scheidingsrendement het best in balans zijn. Daarnaast is het voor veel veehouders onduidelijk welke mestscheider een restproduct oplevert welke zoveel mogelijk op eigen grond gebracht kan worden. In dit rapport wordt op deze vragen antwoord gegeven.

Dit rapport is geschreven voor bedrijven welke vleesvarkens of melkkoeien houden. Na de bewerking van een mestscheider zal er een vloeibare fractie overblijven. Er wordt vanuit gegaan dat deze op eigen grond uitgereden kan worden, omdat er anders immers geen scheiding plaats had hoeven te

vinden. Om deze reden richt dit rapport zich op bedrijven welke in de huidige situatie en wetgeving minimaal 25% tot 100% van het fosfaat op eigen grond kunnen plaatsen. De boven grens van 100% heeft als reden dat bedrijven welke geen mestoverschot hebben geen mest af hoeven te voeren en dus ook geen verplichte verwerking hebben. Er wordt vanuit gegaan dat de bedrijven minimaal 1.000 m³ mest produceren, omdat het anders waarschijnlijk niet om een professioneel bedrijf zal gaan.

Deze vragen zijn samen te vatten in de hoofdvraag van dit rapport; "Welke bestaande scheidingstechniek kan een veehouder het beste inzetten op het bedrijf om hiermee tegen zo laag mogelijke kosten zo veel mogelijk fosfaat van het bedrijf af te voeren met behoud van een zo gunstig mogelijke stikstof/fosfaat-verhouding op het bedrijf". Deze hoofdvraag zal beantwoord worden met behulp van de antwoorden van drie deelvragen;

- Wat is het fosfaatscheidingsrendement van de scheidingstechnieken bij varkens- en rundveemest en welke stikstof/fosfaat-verhouding blijft achter in de dunne fractie.
- Welke mestscheider levert een restproduct op waarmee de gebruikruimte voor dierlijke mest maximaal benut kan worden.
- Wat is de maximale prijs per m³ ingaande mest welke een veehouder kan betalen per scheidingstechniek.

Dit rapport helpt de veehouders in regio Oost bij het maken van de keuze tussen diverse typen mestscheiders. Dit kunnen zij doen door een afweging te maken tussen de verhouding van de kosten van een mestscheider, het fosfaatscheidingsrendement en welk restproduct maximaal de gebruikruimte voor dierlijke mest invult.

2. Aanpak

Om de antwoorden te vinden op de, in het voorgaande hoofdstuk, genoemde hoofd- en deelvragen wordt er in dit hoofdstuk per deelvraag beschreven met welke methode de vraag beantwoord wordt. Het onderzoek betreft een literatuuronderzoek.

2.1. Scheidingsrendementen

De eerste deelvraag van dit rapport is; “Wat is het fosfaatscheidingsrendement van de scheidingstechnieken bij varkens- en rundveemest en welke stikstof/fosfaat-verhouding blijft achter in de dunne fractie?” Het fosfaatscheidingsrendement wordt berekend door het fosfaatgehalte in de dikke fractie te vermenigvuldigen met de hoeveelheid dikke fractie om deze vervolgens te delen op de vermenigvuldiging van het fosfaatgehalte in de ingaande drijfmest met de hoeveelheid ingaande drijfmest. De stikstof/fosfaat-verhouding van de dunne fractie wordt berekend door het stikstofgehalte te delen op het fosfaatgehalte.

Op basis van literatuur zijn per scheidingstechniek de eindproducten in beeld gebracht. Hiervan wordt een gemiddelde genomen van de opgegeven rendementen en verhoudingen van eerder gemaakte wetenschappelijke artikelen. Deze literatuur is opgezocht in bibliotheken en in databases op internet. Hierbij werd gebruik gemaakt van de volgende zoektermen: *separation technologies, solid-liquid separation, liquid fraction, solid fraction, slurry treatment, Gülle separieren*.

Met behulp van bovenstaande zoektermen zijn de volgende 4 bronnen gevonden. Deze zijn gebruikt om antwoord te vinden op de eerste deelvraag:

Chemical and biochemical variation in animal manure solids separated using different commercial separation technologies (Jørgensen & Stoumann Jensen, 2009).

In dit wetenschappelijk rapport wordt verslag gedaan van een Deens onderzoek naar de toepasbaarheid van mestscheiding op voornamelijk varkensbedrijven. Er is gekeken naar de chemische en biochemische eigenschappen van de restproducten van verschillende mestscheiders. Er zijn in dit onderzoek 47 mestmonsters genomen.

On-farm treatment of swine manure based on solid-liquid separation and biological nitrification denitrification of the liquid fraction (Riaño & García-González, 2014).

In dit wetenschappelijk rapport worden de resultaten van een onderzoek naar de haalbaarheid van de bewerking van de dunne fractie na varkensmestscheiding met een persvijzel weergegeven. In dit onderzoek zijn 10 monsters genomen van de dunne en dikke fractie na mestscheiden met een persvijzel.

Methane, nitrous oxide and ammonia emissions during storage and after application of dairy cattle slurry and influence of slurry treatment (Amon, Kryvoruchko, Amon, & Zechmeister-Boltenstern, 2006).

Dit is een wetenschappelijk rapport waarin de resultaten zijn gepresenteerd van een onderzoek naar de emissie gassen van melkvee. Onderdeel van dit onderzoek kijkt naar de emissies en gehalten van mest na mestscheiding.

Gülle separieren und kompostieren, Rationalisierungs-Kuratorium für Landwirtschaft (Hügler, 1994).

In dit wetenschappelijk rapport zijn de resultaten weergegeven van de evaluatie van de restproducten van het scheiden van rundvee- en varkensmest door 3 verschillende typen mestscheiders.

2.2. Gebruiksruimte dierlijke mest

Omdat er een grote diversiteit in de doelgroep is, is er voor de verschillende soorten veehouders gekeken welke scheidingstechniek een restproduct oplevert, waarmee de dierlijke mestplaatsing maximaal benut kan worden. De veehouders zijn ingedeeld op basis van de variabelen: grondsoort, geen/wel derogatie en 100/20/0 procent mais. Aan de hand van deze variabelen zal de optimale stikstof/fosfaat-verhouding voor de groepen bepaald worden en deze worden vergeleken met de stikstof/fosfaat-verhouding van de dunne fracties van de mestscheiders.

2.3. Maximale prijs

De maximale prijs welke een veehouder kan betalen per scheidingstechniek wordt berekend door het verschil in kosten tussen de afvoer van drijfmest in combinatie met een vervangende verwerkingsovereenkomst en afvoer van de dikke fractie naar afnemer die de dikke fractie zo bewerkt dat deze gezien mag worden als verwerkt. Hierbij is uitgegaan van standaardbedragen per m³ voor de afname van drijfmest, dikke fractie en per kg fosfaat bij vervangende verwerking overeenkomsten. De maximale prijs die een veehouder kan betalen per mestscheider is uitgedrukt in € per ingaande m³ mest.

3. Resultaten

In dit rapport wordt antwoord gegeven op de hoofdvraag; 'Welke bestaande scheidingstechniek kan een veehouder het beste inzetten op het bedrijf om hiermee tegen zo laag mogelijke kosten zo veel mogelijk fosfaat van het bedrijf af te voeren met behoud van een zo gunstig mogelijke stikstof/fosfaat-verhouding op het bedrijf'.

Om deze vraag te beantwoorden is het allereerst van belang te weten welk fosfaatscheidingsrendement de verschillende scheidingstechnieken hebben en welke stikstof/fosfaat-verhouding er vervolgens achterblijft in de dunne fractie (deelvraag 1). Hiervoor zijn de resultaten van 4 verschillende bronnen gebundeld wat resulteert in 97 unieke metingen. Om uit te sluiten dat de verschillende bronnen niet van invloed zijn op de resultaten zullen de gemiddeldes van deze bronnen getoetst worden op onderlinge interactie.

Vervolgens is er getoetst of er een significant verschil is tussen de mestscheiders ten aanzien van fosfaatscheidingsrendement en stikstof/fosfaat-verhouding. Daarnaast is getoetst of dit ook het geval is voor rundveemest en varkensmest.

Om een beter beeld te krijgen van de verschillende eindproducten is er voor de beantwoording van deze deelvraag als laatst gekeken naar de restproducten van de verschillende scheidingstechnieken bij invoer van enkel rundveemest en bij enkel varkensmest. Deze vergelijking is op een zelfde manier gedaan als bij de eerdere vergelijkingen.

Als bekend is wat de restproducten zullen zijn is het van belang welke dunne fractie het best op eigen grond geplaatst kan worden (deelvraag 2). Om hier achter te komen is er een flow schema gemaakt waar in 4 stappen gekeken kan worden wat voor een individueel bedrijf de ideale stikstof/fosfaat-verhouding in de dunne fractie is. Met deze uitkomsten zal in de conclusie gekeken worden welke mestscheider hier het beste bij past.

Omdat de inzet van een mestscheider gepaard gaat met kosten is het voor de doelgroep van belang om te weten wat hier maximaal voor betaald kan worden (deelvraag 3). Dit wordt berekend door een vergelijking te maken tussen de kosten van reguliere afvoer in combinatie met een VVo en de kosten van de afvoer van de dikke fractie.

3.1. Scheidingsrendementen

De eerste deelvraag van dit rapport is; "Wat is het fosfaatscheidingsrendement van de scheidingstechnieken bij varkens- en rundveemest en welke stikstof/fosfaat-verhouding blijft achter in de dunne fractie?" Om antwoord te vinden op deze vraag zijn de resultaten van 4 onderzoeken gebundeld. In Tabel 4 Gemiddelde waarden per onderzoek zijn per onderzoek/(bron) de voor dit onderzoek relevante gemiddelden weergegeven, gevolgd door de standaardafwijking.

Tabel 4 Gemiddelde waarden per onderzoek

bron		N-totaal (kg/ton)		P2O5 (kg/ton)		Dun N-totaal (kg/ton)		Dun P2O5 (kg/ton)		Dik N-totaal (kg/ton)		Dik P2O5 (kg/ton)		aandeel dun		aandeel dik		% P2O5 Dik		stikstof/fosfaat-verhouding	
		μ	σ	μ	σ	μ	σ	μ	σ	μ	σ	μ	σ	μ	σ	μ	σ	μ	σ	μ	σ
Amon, Kryvoruchko, Amon, & Zechmeister-Boltenstern, 2006	15	6,20	1,49	3,87	1,68	4,94	1,14	2,71	1,30	10,72	4,32	7,91	4,57	74,14%	7,83%	25,86%	7,83%	46,07%	12,80%	2,07	,65
Hügler, 1994	25	5,71	1,52	3,30	1,77	4,62	1,30	2,32	1,50	9,49	3,78	6,49	5,68	73,26%	7,24%	26,74%	7,24%	47,23%	17,74%	2,68	1,42
Jørgensen & Stoumann Jensen, 2009	47	5,80	1,48	3,23	1,64	4,83	1,39	2,40	1,47	9,11	3,83	5,76	4,29	71,64%	7,51%	28,36%	7,51%	46,74%	17,05%	2,71	1,55
Riaño & García-González, 2014	10	5,65	1,25	2,70	1,42	4,52	1,33	1,97	1,48	9,80	2,95	5,47	4,46	75,16%	7,05%	24,84%	7,05%	46,43%	19,33%	3,15	1,73

De verwachting is dat de verschillen in het fosfaatscheidingsrendement en de stikstof/fosfaat-verhouding veroorzaakt wordt door de verschillende scheidingstechnieken en mestsoorten. Om uit te sluiten of er ook verschillen worden veroorzaakt door de verschillende bronnen zijn er ANOVA toetsen uitgevoerd. Eén voor het fosfaatscheidingsrendement en één voor de stikstof/fosfaat-verhouding.

In Tabel 5 ANOVA fosfaatscheidingsrendement zijn de resultaten van de toets weergegeven. De groepen waar gebruik van is gemaakt zijn de 4 verschillende bronnen.

Tabel 5 ANOVA fosfaatscheidingsrendement

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	13,703	3	4,568	,016	,997
Within Groups	26587,076	93	285,883		
Total	26600,779	96			

In Tabel 6 ANOVA stikstof/fosfaat-verhouding zijn de resultaten van de toets weergegeven. De groepen waar gebruik van is gemaakt zijn de 4 verschillende bronnen.

Tabel 6 ANOVA stikstof/fosfaat-verhouding

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	7,790	3	2,597	1,255	,294
Within Groups	192,425	93	2,069		
Total	200,215	96			

Zoals te zien in bovenstaande tabellen is er geen significant verschil tussen de groepen gevonden. Dit betekent dat de verschillende bronnen geen effect hebben op de verschillen in de gemiddelde bij de verschillende mestscheidertypen en mestsoorten. In Tabel 7 Gemiddelde waarden per scheidingstechniek zijn per scheidingstechniek de voor dit onderzoek relevante gemiddelden weergegeven gevolgd door de standaardafwijking.

Tabel 7 Gemiddelde waardes per scheidingstechniek

Scheidings- techniek	N	N-totaal (kg/ton)		P2O5 (kg/ton)		Dun N-totaal (kg/ton)		Dun P2O5 (kg/ton)		Dik N-totaal (kg/ton)		Dik P2O5 (kg/ton)		aandeel dun		aandeel dik		% P2O5 Dik		stikstof/fosfaat- verhouding	
		μ	σ	μ	σ	μ	σ	μ	σ	μ	σ	μ	σ	μ	σ	μ	σ	μ	σ	μ	σ
Centrifuge	34	6,13	1,39	3,57	1,72	5,03	1,33	1,66	,99	9,68	3,34	9,12	5,52	72,06%	7,33%	27,94%	7,33%	66,49%	9,86%	3,88	1,62
Vijzelpers	32	5,60	1,50	3,07	1,61	4,65	1,36	3,01	1,65	8,89	3,63	3,57	2,07	72,55%	7,50%	27,45%	7,50%	30,29%	2,91%	1,83	,63
Zeefbandpers	31	5,72	1,48	3,23	1,68	4,57	1,23	2,53	1,33	10,02	4,44	5,88	4,09	73,90%	7,59%	26,10%	7,59%	42,02%	4,18%	2,14	,83

De verwachting is dat het verschil in type mestscheider een oorzaak is van het verschil in het gemiddelde van het fosfaat scheidingsrendement en de stikstof/fosfaat-verhouding. Om deze reden zijn er twee ANOVA toetsen uitgevoerd. Eén voor het fosfaatscheidingsrendement en één voor de stikstof/fosfaat-verhouding waarbij de groepsverdeling is gemaakt op basis van de verschillende typen mestscheiders.

In Tabel 8 ANOVA fosfaatscheidingsrendement zijn de resultaten van de toets weergegeven. De groepen waar gebruik van is gemaakt zijn de verschillende type mestscheiders.

Tabel 8 ANOVA fosfaatscheidingsrendement

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	22604,951	2	11302,475	265,885	,000
Within Groups	3995,828	94	42,509		
Total	26600,779	96			

In Tabel 9 ANOVA stikstof/fosfaat-verhouding zijn de resultaten van de toets weergegeven. De groepen waar gebruik van is gemaakt zijn de verschillende type mestscheiders.

Tabel 9 ANOVA stikstof/fosfaat-verhouding

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	80,348	2	40,174	31,504	,000
Within Groups	119,867	94	1,275		
Total	200,215	96			

Zoals te zien in bovenstaande tabellen is zowel het fosfaatscheidingsrendement als de stikstof/fosfaat-verhouding afhankelijk van het type mestscheider. Daarnaast is het van belang om te weten of het fosfaatscheidingsrendement en de stikstof/fosfaat-verhouding afhankelijk zijn van de mestsoort. In Tabel 10 Gemiddelde waardes per mestsoort zijn per mestsoort de voor dit onderzoek relevante gemiddelde weergegeven, gevolgd door de standaardafwijking.

Tabel 10 Gemiddelde waardes per mestsoort

mestsoort	N	N-totaal (kg/ton)		P2O5 (kg/ton)		Dun N-totaal (kg/ton)		Dun P2O5 (kg/ton)		Dik N-totaal (kg/ton)		Dik P2O5 (kg/ton)		aandeel dun		aandeel dik		% P2O5 Dik		stikstof/foosfaat-verhouding	
		μ	σ	μ	σ	μ	σ	μ	σ	μ	σ	μ	σ	μ	σ	μ	σ	μ	σ	μ	σ
rundveedrijfmest	46	4,34	,46	1,64	,28	3,55	,55	1,28	,46	7,16	2,29	2,87	1,36	73,23%	7,37%	26,77%	7,37%	43,97%	15,05%	3,25	1,49
varkensdrijfmest	51	7,16	,22	4,79	,67	5,85	,68	3,38	1,30	11,67	3,63	9,30	4,63	72,42%	7,55%	27,58%	7,55%	49,22%	17,74%	2,11	1,17

De verwachting is dat het verschil in mestsoort een veroorzaker is van het verschil in het gemiddelde van het fosfaat scheidingsrendement en de stikstof/fosfaat-verhouding. Om deze reden zijn er twee ANOVA toetsen uitgevoerd. Eén voor het fosfaatscheidingsrendement en één voor de stikstof/fosfaat-verhouding waarbij de groep verdeling is gemaakt op basis van de verschillende mestsoort.

In Tabel 11 ANOVA fosfaatscheidingsrendement zijn de resultaten van de toets weergegeven. De groepen waar gebruik van is gemaakt zijn de verschillende mestsoorten.

Tabel 11 ANOVA fosfaatscheidingsrendement

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	668,229	1	668,229	2,448	,121
Within Groups	25932,551	95	272,974		
Total	26600,779	96			

Tabel 12 ANOVA stikstof/fosfaat-verhouding zijn de resultaten van de toets weergegeven. De groepen waar gebruik van is gemaakt zijn de verschillende mestsoorten.

Tabel 12 ANOVA stikstof/fosfaat-verhouding

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	31,210	1	31,210	17,544	,000
Within Groups	169,005	95	1,779		
Total	200,215	96			

Zoals te zien is in bovenstaande tabel, is er geen significant verschil in het fosfaatscheidingsrendement tussen varkensdrijfmest en rundveedrijfmest. Er is wel een significant verschil tussen de stikstof/fosfaat-verhouding bij varkensmest en rundveemest.

Om een beter beeld te krijgen van de restproducten is er een splitsing gemaakt tussen varkensmest en rundveemest als ingangsmateriaal waarna er gekeken is wat de verschillende mestscheider typen voor eindproducten fabriceren. In Tabel 13 Gemiddelde waardes per scheidingstechniek rundveemest zijn per scheidingstechniek de voor dit onderzoek relevante gemiddelden weergegeven gevolgd door de standaardafwijking, hierbij zijn alleen de metingen met rundveemest meegenomen.

Tabel 13 Gemiddelde waardes per scheidingstechniek rundveemest

Scheidings- techniek	N-totaal (kg/ton)			P2O5 (kg/ton)		Dun N-totaal (kg/ton)		Dun P2O5 (kg/ton)		Dik N-totaal (kg/ton)		Dik P2O5 (kg/ton)		aandeel dun		aandeel dik		% P2O5 Dik		% P2O5 Dun		% N dik		% N dun		Fosfaat- stikstofver- houding dun	
	N	μ	σ	μ	σ	μ	σ	μ	σ	μ	σ	μ	σ	μ	σ	μ	σ	μ	σ	μ	σ	μ	σ	μ	σ	μ	σ
Vijzelpers	17	4,24	0,40	1,66	0,28	3,51	0,60	1,59	0,36	6,98	2,48	2,04	0,61	73,41%	8,08%	26,71%	7,99%	30,59%	3,16%	69,59%	3,22%	40,06%	3,11%	60,00%	3,16%	2,28	0,52
Zeeffbandpers	16	4,37	0,54	1,71	0,27	3,58	0,57	1,38	0,27	7,15	2,60	2,81	0,92	72,81%	7,56%	27,19%	7,56%	41,81%	4,39%	58,25%	4,39%	40,94%	2,82%	59,13%	2,90%	2,71	0,77
Centrifuge	13	4,44	0,45	1,52	0,27	3,55	0,52	0,73	0,22	7,38	1,73	4,05	1,69	73,69%	7,05%	26,31%	7,05%	64,46%	10,17%	35,69%	10,09%	41,62%	2,79%	58,46%	2,85%	5,16	1,26

De verwachting is dat het verschil in type mestscheider bij alleen rundveemest een veroorzaker is van het verschil in het gemiddelde van het fosfaat scheidingsrendement en de stikstof/fosfaat-verhouding. Om deze reden zijn er twee ANOVA toetsen uitgevoerd. Eén voor het fosfaatscheidingsrendement en één voor de stikstof/fosfaat-verhouding waarbij de groep verdeling is gemaakt op basis van de verschillende mestsoorten.

In Tabel 14 ANOVA fosfaatscheidingsrendement zijn de resultaten van de toets weergegeven. De groepen waar gebruik van is gemaakt zijn de verschillende mestscheider typen.

Tabel 14 ANOVA fosfaatscheidingsrendement

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	8577,018	2	4288,509	109,130	,000
Within Groups	1689,786	43	39,297		
Total	10266,804	45			

In Tabel 15 ANOVA stikstof/fosfaat-verhouding zijn de resultaten van de toets weergegeven. De groepen waar gebruik van is gemaakt zijn de verschillende mestscheider typen.

Tabel 15 ANOVA stikstof/fosfaat-verhouding

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	68,015	2	34,008	45,498	,000
Within Groups	32,140	43	,747		
Total	100,156	45			

Zoals te zien in bovenstaande tabellen is zowel het fosfaatscheidingsrendement als de stikstof/fosfaat-verhouding afhankelijk van het type mestscheider als er uitsluitend rundveemest als ingangsmateriaal gebruikt wordt.

Hetzelfde als wat hier voor bij rundveemest is gedaan is ook voor varkens mest weergegeven. In Tabel 16 Gemiddelde waardes per scheidingstechniek varkensmest zijn per scheidingstechniek de voor dit onderzoek relevante gemiddelden weergegeven gevolgd door de standaardafwijking, hierbij zijn alleen de metingen met varkensmest meegenomen.

Tabel 16 Gemiddelde waardes per scheidingstechniek varkensmest

Scheidings- techniek	N-totaal (kg/ton)			P2O5 (kg/ton)		Dun N- totaal (kg/ton)		Dun P2O5 (kg/ton)		Dik N-totaal (kg/ton)		Dik P2O5 (kg/ton)		aandeel dun		aandeel dik		% P2O5 Dik		% P2O5 Dun		% N dik		% N dun		Fosfaat- stikstofver- houding dun	
	N	μ	σ	μ	σ	μ	σ	μ	σ	μ	σ	μ	σ	μ	σ	μ	σ	μ	σ	μ	σ	μ	σ	μ	σ	μ	σ
Vijzelpers	15	7,13	0,35	4,60	0,74	6,00	0,65	4,53	0,92	11,00	3,64	5,20	1,78	71,69%	7,09%	28,31%	7,09%	30,06%	2,79%	69,94%	2,79%	40,75%	2,72%	59,25%	2,72%	1,33	0,49
Zeefbandpers	15	7,13	0,35	4,80	0,77	5,60	0,74	3,80	0,68	13,13	4,05	9,20	3,53	75,07%	7,89%	24,93%	7,89%	42,33%	4,09%	57,67%	4,09%	41,65%	3,37%	58,35%	3,37%	1,40	0,51
Centrifuge	21	7,05	0,22	4,81	0,68	5,90	0,77	2,24	0,94	11,05	3,41	12,29	4,62	71,06%	7,49%	28,94%	7,49%	67,83%	9,76%	32,17%	9,76%	41,67%	2,68%	58,33%	2,68%	3,10	1,34

De verwachting is dat het verschil in type mestscheider bij alleen varkensmest, net als bij rundveemest, een veroorzaker is van het verschil in het gemiddelde van het fosfaat scheidingsrendement en de stikstof/fosfaat-verhouding. Om deze reden zijn er twee ANOVA toetsen uitgevoerd. Eén voor het fosfaatscheidingsrendement en één voor de stikstof/fosfaat-verhouding waarbij de groep verdeling is gemaakt op basis van de verschillende mestsoorten.

In Tabel 17 ANOVA fosfaatscheidingsrendement zijn de resultaten van de toets weergegeven. De groepen waar gebruik van is gemaakt zijn de verschillende mestscheider typen.

Tabel 17 ANOVA fosfaatscheidingsrendement

	Squares	df	Square	F	Sig.
Between Groups	13489,834	2	6744,917	143,964	,000
Within Groups	2248,872	48	46,852		
Total	15738,706	50			

In Tabel 18 ANOVA stikstof/fosfaat-verhouding zijn de resultaten van de toets weergegeven. De groepen waar gebruik van is gemaakt zijn de verschillende mestscheider typen.

Tabel 18 ANOVA stikstof/fosfaat-verhouding

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	36,943	2	18,472	20,744	,000
Within Groups	42,743	48	,890		
Total	79,686	50			

Zoals te zien in bovenstaande tabellen is zowel het fosfaat scheidingsrendement als de stikstof/fosfaat-verhouding afhankelijk van het type mestscheider als er alleen varkensmest als ingangsmateriaal gebruikt wordt.

De resultaten van deze deelvraag worden gebruikt bij de berekening van de maximale prijs welke betaald kan worden voor mestscheiding en bij het beantwoorden van de vraag welke mestscheider het beste past bij het grondgebruik van een veehouder.

3.2. Gebruiksruimte dierlijke mest

De tweede deelvraag van dit rapport is; "Welke mestscheider levert een restproduct op waarmee de gebruiksruimte voor dierlijke mest maximaal benut kan worden". Zoals aangegeven in de aanpak is deze afhankelijk van de stikstof/fosfaat-verhouding. De ideale stikstof/fosfaat-verhouding kan berekend worden met de variabelen in Tabel 19 Variabelen stikstof/fosfaat-verhouding. In deze tabel zijn tevens de afkortingen weergegeven zoals deze later in de formule gebruikt zijn. De formule voor

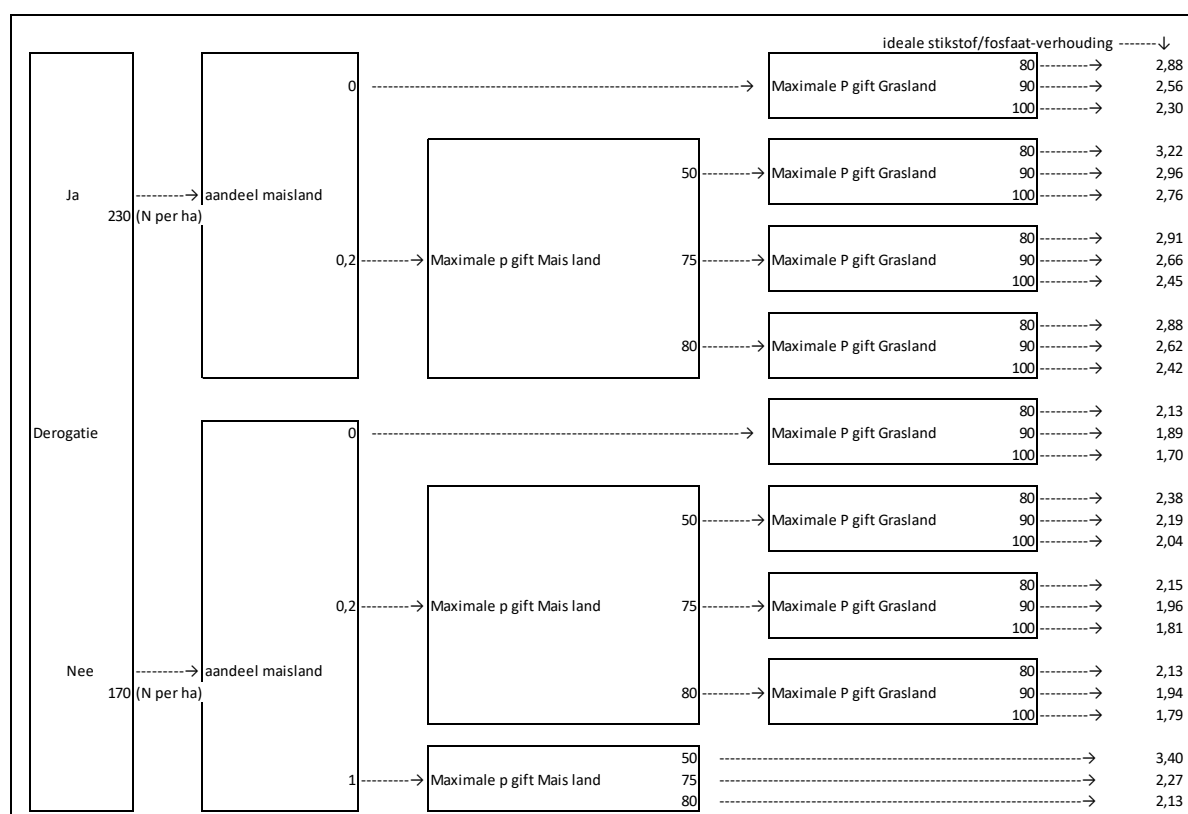
het berekenen van de ideale stikstof/fosfaat-verhouding is:
$$\frac{[Nha]}{([Pha\ G] * (1 - [\%M])) + ([Nha] / [Pha\ M] * [\%M])}$$

Tabel 19 Variabelen stikstof/fosfaat-verhouding

Variabele	Afkorting
Maximale stikstof gift per hectare	[Nha]
Maximale fosfaat gift per hectare op grasland	[Pha G]
Maximale fosfaat gift per hectare op maisland	[pha M]
Aandeel mais	[%M]

De maximale stikstof gift per hectare is 230 kg of 170 kg. Indien een bedrijf aan de voorwaarde voor derogatie kan voldoen mag er 230 kg stikstof per hectare uit dierlijke mest worden uitgereden. Dit bedrijf mag dan alleen rundveedrijfmest gebruiken en maximaal 20% mais verbouwen. Indien een bedrijf varkensmest gebruikt en/of meer dan 20% mais verbouwd mag er maximaal 170 kg stikstof uit dierlijke mest worden uitgereden. De maximale fosfaatgift per hectare op gras- en maisland is afhankelijk van de PAL en Pw waarde van de grond. Deze is weergegeven in Tabel 2 Maximale fosfaat gift per hectare per jaar.

In Figuur 5 Stroomschema ideale stikstof/fosfaat-verhouding kan iedere veehouder aan de hand van vier stappen de ideale stikstof/fosfaat-verhouding achterhalen.



Figuur 5 Stroomschema ideale stikstof/fosfaat-verhouding

De ideale stikstof/fosfaat-verhoudingen uit dit stroomschema zal in de conclusie gebruikt worden om te zoeken naar een scheidingstechniek welke een dunne fractie levert welke het dichtst in de buurt komt van de ideale stikstof/fosfaat-verhoudingen.

3.3. Maximale prijs

De derde en laatste deelvraag van dit rapport is; “Wat is de maximale prijs per m³ ingaande mest welke een veehouder kan betalen per scheidingstechniek?”. Zoals aangegeven in de aanpak wordt dit berekend door een vergelijk te maken tussen de reguliere afzet van drijfmest in combinatie met een vervangende verwerkingsovereenkomst en de afzet van de dikke fractie naar een verwerkende installatie.

Omdat de afzet van mest seizoensafhankelijk is en daarom tussen jaren sterk fluctueert, wordt er bij de kosten van afvoer van mest, een VVo en de afvoerkosten van de dikke fractie gerekend met een meerjarig gemiddelde van Agrimatie (Agrimatie, 2017). Het fosfaatgehalte in de mest is berekend op basis van het gemiddelde van de meetgegevens uit paragraaf 3.1. Uit deze paragraaf zijn ook de fosfaatscheidingsrendementen en de aandelen dikke fracties afgeleid. Tabel 20 Maximale prijsberekening persvrijzelscheider, Tabel 21 Maximale prijsberekening zeefbandpers en Tabel 22 Maximale prijsberekening decanteercentrifuge is per scheidingstechniek de berekening van de maximale kosten per ingaande m³ mest weergegeven.

De maximale kosten per ingaande m³ mest is berekend door de maximale scheidingskosten per kg P₂O₅ te vermenigvuldigen met de verhoging van het P₂O₅ gehalte in de dikke fractie. De maximale scheidingskosten per kg P₂O₅ is berekend door de afvoerkosten per kg P₂O₅ bij mestscheiding af te trekken van de afvoerkosten per kg P₂O₅ bij reguliere afvoer in combinatie met een VVo. De afvoerkosten per kg P₂O₅ bij mestscheiding zijn berekend door het fosfaatgehalte in de dikke fractie te delen op de afvoerkosten van de dikke fractie met verwerken. De afvoerkosten per kg P₂O₅ bij reguliere afvoer in combinatie met een VVo zijn berekend door het fosfaatgehalte in de mest te delen op de afvoerkosten met een VVo. De afvoerkosten per m³ bij reguliere afvoer in combinatie met een VVo zijn berekend door het fosfaatgehalte in de mest te vermenigvuldigen met het verplichte verwerkingspercentage en de kosten voor een VVo, hier worden vervolgens de afvoerkosten voor reguliere mestafzet bij opgeteld.

Hierbij zijn 3 scenario's weergegeven. Het “worst-case” en het “Best-case” scenario hebben allebei een even grote afwijking van het “Most likely” scenario.

Tabel 20 Maximale prijsberekening persvijzelscheider

	Worst-case	Most likely	Best-case
Fosfaat gehalte mest		3,07	
Afvoerkosten mest	€ 20,00	€ 22,50	€ 25,00
Verwerkingsplicht		52%	
VVo	€ 0,50	€ 1,00	€ 1,50
afvoerkosten mest met VVo	€ 20,80	€ 24,10	€ 27,39
afvoerkosten per kg P ₂ O ₅	€ 6,77	€ 7,85	€ 8,92
afvoerkosten dikke fractie met verwerken	€ 30,00	€ 27,50	€ 25,00
fosfaatscheidingsrendement	23%	30%	37%
aandeel dikke fractie	32%	27%	22%
fosfaatgehalte dikke fractie	2,20	3,39	5,10
afvoerkosten per kg p ₂ O ₅	€ 13,62	€ 8,12	€ 4,90
maximale scheidingskosten per kg p ₂ O ₅	€ -6,84	€ -0,27	€ 4,02
maximale scheidingskosten per ingaande m ³	€ -4,89	€ -0,25	€ 4,60

Tabel 21 Maximale prijsberekening zeefbandpers

	Worst-case	Most likely	Best-case
Fosfaat gehalte mest		3,07	
Afvoerkosten mest	€ 20,00	€ 22,50	€ 25,00
Verwerkingsplicht		52%	
VVo	€ 0,50	€ 1,00	€ 1,50
afvoerkosten mest met VVo	€ 20,80	€ 24,10	€ 27,39
afvoerkosten per kg P ₂ O ₅	€ 6,77	€ 7,85	€ 8,92
afvoerkosten dikke fractie met verwerken	€ 30,00	€ 27,50	€ 25,00
fosfaatscheidingsrendement	35%	42%	49%
aandeel dikke fractie	31%	26%	21%
fosfaatgehalte dikke fractie	3,46	4,94	7,13
afvoerkosten per kg p ₂ O ₅	€ 8,68	€ 5,56	€ 3,51
maximale scheidingskosten per kg p ₂ O ₅	€ -1,90	€ 2,29	€ 5,42
maximale scheidingskosten per ingaande m ³	€ -2,05	€ 2,95	€ 8,15

Tabel 22 Maximale prijsberekening decanteercentrifuge

	Worst-case	Most likely	Best-case
Fosfaat gehalte mest		3,07	
Afvoerkosten mest	€ 20,00	€ 22,50	€ 25,00
Verwerkingsplicht		52%	
VVo	€ 0,50	€ 1,00	€ 1,50
afvoerkosten mest met VVo	€ 20,80	€ 24,10	€ 27,39
afvoerkosten per kg P ₂ O ₅	€ 6,77	€ 7,85	€ 8,92
afvoerkosten dikke fractie met verwerken	€ 30,00	€ 27,50	€ 25,00
fosfaatscheidingsrendement	59%	66%	73%
aandeel dikke fractie	33%	28%	23%
fosfaatgehalte dikke fractie	5,54	7,31	9,83
afvoerkosten per kg p ₂ O ₅	€ 5,41	€ 3,76	€ 2,54
maximale scheidingskosten per kg p ₂ O ₅	€ 1,36	€ 4,08	€ 6,38
maximale scheidingskosten per ingaande m3	€ 2,49	€ 8,34	€ 14,40

4. Discussie

Dit rapport dient veehouders in de regio Oost te helpen bij het maken van de keuze voor het gebruik van een mestscheider. Het advies is opgesteld door de fosfaatscheidingsrendementen van drie typen mestscheiders in kaart te brengen. Daarnaast is er gekeken in hoeverre de dunne fractie toepasbaar is voor de verschillende veehouderijbedrijven. Tot slot is er berekend wat de maximale prijs is die betaald kan worden voor een scheidingstechniek.

Tijdens het analyseren van de resultaten van de eerste deelvraag vielen er een aantal zaken op. Er is geen significant verschil waargenomen bij de fosfaatscheidingsrendementen en de stikstof/fosfaat-verhoudingen tussen de gemiddelden van de verschillende bronnen.

Dit verschil is wel waargenomen bij de verschillende mestscheiders. Het fosfaatscheidingsrendement van de decanteercentrifuge was gemiddeld 66,49% met een standaardafwijking van 9,86%. Bij de vijzelpers was dit respectievelijk 30,29% en 2,91%. Bij de zeefbandpers was dit 42,02% en 4,18%. Ook de stikstof/fosfaat-verhoudingen weken significant af tussen de verschillende mestscheiders. Deze was bij de decanteercentrifuge gemiddeld 3,88 met een standaardafwijking van 1,62. Bij de vijzelpers was dit respectievelijk 1,83 en 0,63. Bij de zeefbandpers was dit 2,14 en 0,83.

Tussen het gemiddelde fosfaatscheidingsrendement bij rundveedrijfmest en varkensdrijfmest is geen significant verschil waargenomen. Dit was wel het geval bij de gemiddelde stikstof/fosfaat-verhouding bij rundveedrijfmest en varkensdrijfmest. De gemiddelde stikstof/fosfaat-verhouding bij rundveedrijfmest was 3,25 met een standaardafwijking van 1,49. Bij varkensdrijfmest was dit 2,11 en 1,17.

Naast de gemiddelde fosfaatscheidingsrendementen en stikstof/fosfaat-verhoudingen bij rundveemest en varkensmest is er ook gekeken naar de waardes als deze twee mestsoorten apart worden genomen. Bij rundveemest was het fosfaatscheidingsrendement van de decanteercentrifuge gemiddeld 64,46% met een standaardafwijking van 10,17%. Bij de vijzelpers was dit respectievelijk 30,59% en 3,16%. Bij de zeefbandpers was dit 41,81% en 4,39%. Deze waarden wijken significant van elkaar af. Ook de stikstof/fosfaat-verhoudingen weken significant af tussen de verschillende mestscheiders. Deze was bij de decanteercentrifuge gemiddeld 5,16 met een standaardafwijking van 1,26. Bij de vijzelpers was dit respectievelijk 2,28 en 0,52. Bij de zeefbandpers was dit 2,71 en 0,77.

Bij varkensmest was het fosfaatscheidingsrendement van de decanteercentrifuge gemiddeld 67,83% met een standaardafwijking van 9,76%. Bij de vijzelpers was dit respectievelijk 30,06% en 2,79%. Bij de zeefbandpers was dit 42,33% en 4,09%. Deze waarden wijken significant van elkaar af. Ook de stikstof/fosfaat-verhoudingen weken significant af tussen de verschillende mestscheiders. Deze was bij de decanteercentrifuge gemiddeld 3,10 met een standaardafwijking van 1,34. Bij de vijzelpers was dit respectievelijk 1,33 en 0,49. Bij de zeefbandpers was dit 1,40 en 0,51.

Bij het in kaart brengen van de ideale stikstof/fosfaat-verhouding kwam naar voren dat er veel verschillende veehouderijbedrijven zijn. Er kan m.b.v. een flowschema in vier stappen gezocht worden naar de ideale stikstof/fosfaat-verhouding. Middels deze stapsgewijze benadering zijn er 25 unieke ideale stikstof/fosfaat-verhouding gevonden. Deze liepen uiteen van 1,7 tot en met 3,22 kg stikstof per kg fosfaat.

Na het berekenen van de maximale scheidingsprijs zijn er drie verschillende bedragen gevonden. Deze liepen van € 0,25/m³ ingaande mest negatief bij de persvijzelscheider tot en met € 8,34/m³ ingaande mest bij de decanteercentrifuge. De prijs die maximaal betaald kan worden bij de zeefbandpers lag hier op € 2,95/m³ ingaande mest.

Het verzamelen van deze resultaten liep volgens planning. Mede dankzij het gedegen vooronderzoek hebben er zich geen onvoorziene omstandigheden voorgedaan. De deelvragen zijn in een logische volgorde opgebouwd, dit vergemakkelijkt de opbouw van de resultaten.

In dit rapport is niet gekeken naar externe invloeden als gevolg van politieke besluiten. Zo is het niet geheel ondenkbaar dat er op korte termijn wijzigingen zullen plaatsvinden in de maximale fosfaatgift per hectare of de maximale stikstofgift per hectare. Tevens staat de uitzonderingspositie van Nederland, met de derogatie regeling, al enkele jaren ter discussie in het Europeesparlement. Al deze veranderingen in regelgeving zullen van invloed zijn op de ideale stikstof/fosfaat-verhouding voor een veehouderijbedrijf.

Naast politieke verschuivingen zijn ook de marktcondities slecht in te schatten. Het is bijvoorbeeld nog niet duidelijk hoe de kosten van mestafvoer zich zullen ontwikkelen nu er een inkrimping van de Nederlandse melkveestapel gaande is.

5. Conclusies en aanbevelingen

De hoofdvraag van dit rapport is “Welke bestaande scheidingstechniek kan een veehouder het beste inzetten op het bedrijf om hiermee tegen zo laag mogelijke kosten zo veel mogelijk fosfaat van het bedrijf af te voeren met behoud van een zo gunstig mogelijke stikstof/fosfaat-verhouding op het bedrijf”. Dit is een interessante vraag geworden toen er in 2014 een verplichte mestverwerking is gekomen. Deze verplichting houdt in dat er een percentage van het fosfaatoverschot zo behandeld moet worden, dat het aan de verwerkingscriteria voldoet. Op basis van de beantwoorde deelvragen wordt in dit hoofdstuk antwoord gegeven op de hoofdvraag.

De eerste deelvraag van het rapport luidt; “Wat is het fosfaatscheidingsrendement van de scheidingstechnieken bij varkens- en rundveemest en welke stikstof/fosfaat-verhouding blijft achter in de dunne fractie?”. Het fosfaatscheidingsrendement is per scheidingstechniek significant verschillend. Deze is gemiddeld, met zowel rundveemest als varkensmest, bij de decanteercentrifuge 66,5%, bij de vijzelpers 30,3% en bij de zeefbandpers 42,0%. De stikstof/fosfaat-verhouding is gemiddeld bij de decanteercentrifuge 3,9kg N/P₂O₅, bij de vijzelpers 1,8kg N/P₂O₅ en bij de zeefbandpers 2,14kg N/P₂O₅.

Het fosfaatscheidingsrendement is per scheidingstechniek bij rundveemest is significant verschillend. Deze is gemiddeld bij de decanteercentrifuge 64,5%, bij de vijzelpers 30,6% en bij de zeefbandpers 41,8%. De stikstof/fosfaat-verhouding is gemiddeld bij de decanteercentrifuge 5,16kg N/P₂O₅, bij de vijzelpers 2,28kg N/P₂O₅ en bij de zeefbandpers 2,71kg N/P₂O₅.

Het fosfaatscheidingsrendement is per scheidingstechniek bij varkensmest is significant verschillend. Deze is gemiddeld bij de decanteercentrifuge 67,8%, bij de vijzelpers 30,1% en bij de zeefbandpers 42,3%. De stikstof/fosfaat-verhouding is gemiddeld bij de decanteercentrifuge 3,10kg N/P₂O₅, bij de vijzelpers 1,33kg N/P₂O₅ en bij de zeefbandpers 1,40kg N/P₂O₅.

Er zat geen significant verschil in het fosfaatscheidingsrendement tussen varkens- en rundveemest. Deze is gemiddeld 53%. Wel significant verschillend van elkaar is de stikstof/fosfaat-verhouding deze is bij varkensmest 3,3kg N/P₂O₅ en bij rundveemest 2,1kg N/P₂O₅.

De tweede deelvraag van het rapport is; “Welke mestscheider levert een restproduct op waarmee de gebruiksruimte voor dierlijke mest maximaal benut kan worden?”. Deze is afhankelijk van de stikstof/fosfaat-verhouding. Op het moment dat deze bij de plaatsingsruimte gelijk is aan de verhouding in het restproduct van de mestscheider wordt de gebruiksruimte voor dierlijke mest maximaal benut. De dunne fractie van een vijzelpers heeft een stikstof/fosfaat-verhouding van 1,8 N/P₂O₅. Dit is een gunstige stikstof/fosfaat-verhouding voor veehouderijbedrijven zonder derogatie en met een hoge maximale fosfaatgift op het land. De maximale fosfaatgift is te verkrijgen door geen mais te verbouwen.

De mestscheider met de hoogste stikstof/fosfaat-verhouding in de dunne fractie met 3,9kg N/P₂O₅ is de decanteercentrifuge. Deze verhouding is voor twee type bedrijven; bedrijven zonder derogatie, 100% mais en een lage maximale fosfaatgift op het maisland & voor bedrijven met derogatie, 20% mais en een lage maximale fosfaatgift op het mais- en grasland.

Voor alle andere type bedrijven leverde de zeefbandpers een dunne fractie op waarmee de maximale gebruiksruimte voor dierlijke mest benut kan worden.

De laatste deelvraag van dit rapport gaat over de kosten van mestscheiding en luidt; “Wat is de maximale prijs per m³ ingaande mest welke een veehouder kan betalen per scheidingstechniek?”. De

maximale prijs die een veehouder kan betalen voor een persvrijzel, zeefbandpers of een decanteercentrifuge is achtereenvolgens; € -0,25/m³, € 2,95/m³ of € 8,34/m³.

Met het beantwoorden van de drie deelvragen kan de hoofdvraag van dit rapport beantwoord worden; 'Welke bestaande scheidingstechniek kan een veehouder het beste inzetten op het bedrijf om hiermee tegen zo laag mogelijke kosten zoveel mogelijk fosfaat van het bedrijf af te voeren met behoud van een zo gunstig mogelijke stikstof/fosfaat-verhouding op het bedrijf?' Het meeste fosfaat kan in de dikke fractie van een decanteercentrifuge van een bedrijf worden afgevoerd, maar dit levert in veel gevallen een dunne fractie op waarmee niet de maximale gebruiksruimte voor dierlijke mest benut kan worden. Het scheiden met een persvrijzel zorgt ervoor dat er onder de huidige marktcondities onvoldoende bespaard wordt om een dergelijke scheider te kunnen betalen.

Voor rundveebedrijven zonder derogatie levert een vrijzelpers in bijna alle geval een restproduct op waarmee de maximale gebruiksruimte voor dierlijke mest benut kan worden. Echter levert deze mestscheider een fosfaatscheidingsrendement op waarmee geen besparing behaald kan worden op de mestafzetkosten. Hierdoor kan er beter uitgeweken worden naar een zeefbandpers met een iets minder gunstige stikstof/fosfaat-verhouding, maar deze levert wel een besparing op bij de mestafzetkosten. Voor rundveebedrijven met derogatie levert de zeefbandpers een stikstof/fosfaat-verhouding op welke het best op het bedrijf past. Voor geen van de rundvee bedrijven is een decanteercentrifuge een interessante optie.

Een zeefbandpers levert voor varkensbedrijven dunne fractie op waarmee de maximale gebruiksruimte voor dierlijke mest benut kan worden. Daarnaast levert dit een fosfaatscheidingsrendement op waarmee een besparing behaald kan worden op de mestafzetkosten.

Op basis van de in dit rapport gestelde criteria, is het voor de meeste bedrijven het meest interessant om de zeefbandpers in te zetten voor mestscheiding. Geadviseerd wordt om per specifieke bedrijfssituatie na te gaan of de zeefbandpers daadwerkelijk de meest interessante mestscheidingstechniek is. Daarnaast wordt aangeraden de politieke- en marktinvoeden goed te blijven volgen en te blijven toetsen of deze van invloed zijn op de gemaakte keuze voor een type mestscheider.

Bibliografie

Agrimatie (z.d.). BINternet, land- en tuinbouw, WUR. Geraadpleegd op 20 februari 2017, <http://www.agrimatie.nl/binternet.aspx>

Amon, B., Kryvoruchko, V., Amon, T., & Zechmeister-Boltenstern, S. (2006). Methane, nitrous oxide and ammonia emissions during storage and after application of dairy cattle slurry and influence of slurry treatment. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 112, 153 - 162.

Commissie Deskundige Meststoffenwet (2016). Advies 'Mestverwerkingspercentages 2017'. Wageningen: Wageningen Environmental Research.

Dam, M. v. (2016). Percentages verplichte mestverwerking 2017 [Kamerbrief]. Geraadpleegd op 5 februari 2017, <https://www.rijksoverheid.nl/documenten/kamerstukken/2016/12/20/kamerbrief-over-het-percentages-verplichte-mestverwerking-2017>

Dijksma, S. (2013). Kabinetsreactie op ex-ante beleidsevaluatie toekomstig mestbeleid [Kamerbrief]. Geraadpleegd op 20 februari 2017, <https://www.rijksoverheid.nl/documenten/kamerstukken/2013/12/12/kamerbrief-met-kabinetsreactie-op-ex-ante-beleidsevaluatie-toekomstig-mestbeleid>

Evers, A., Haan, M. d., Buissonjé, F. d., & Verloop, K. (2010). Perspectief mestscheiding op melkveebedrijven, rapport 421. Lelystad: Wageningen UR Livestock Research.

Fred Lee, G. (1973). Role of phosphorus in eutrophication and diffuse source control. *Water Research*, 7, 111-128.

Heijmans, M. (2014). Be- en Verwerken van mest: een zegen voor water en milieu? [conferentie]. Geraadpleegd op 5 februari 2017, <http://docplayer.nl/17550331-Be-en-verwerken-van-mest-een-zegen-voor-water-en-milieu.html>

Hilhorst, G., & Verloop, K. (2010). Scheiden van rundveemest met decanter van GEA Westfalia Separator: Testresultaten van scheiden met vergiste en onvergiste rundveemest, rapport 57. Lelystad: Wageningen UR Livestock Research.

Hoogeveen, M. (2017). Ontwikkeling-beleid. Geraadpleegd op 15 april 2017, <http://www.wur.nl/nl/Expertises-Dienstverlening/Onderzoeksinstituten/Economic-Research/Ontwikkeling-beleid.htm>

Hügler, T. (1994). Gülle separieren und kompostieren, Rationalisierungs-Kuratorium für Landwirtschaft. Rendsburg.

Jørgensen, K., & Stoumann Jensen, L. (2009). Chemical and biochemical variation in animal manure solids separated using. *Bioresource Technology*, 100, 3088 - 3096.

Lemmens, B., Ceulemans, H., Elslander, H., Vanassche, S., Brauns, E., & Vrancken, K. (2007). Beste beschikbare technieken (BBT) voor mestverwerking. Gent: Academia Press.

Meststoffenwet (1986). Geraadpleegd op 18 april 2017, <http://wetten.overheid.nl/BWBR0004054/2016-03-01>

Møller, H., Lund, I., & Sommer, S. (2000). Solid-liquid separation of livestock slurry: efficiency and cost. *Bioresource Technology*, 74, 223-229.

OECD (2008). Environmental performance of agriculture in OECD countries since 1990. Paris, France: Environmental Indicators for Agriculture.

Pijnenburg, J. (2016). Meer kansen voor mestverwerking. Geraadpleegd op 5 februari 2017, <http://www.dlvadvies.nl/nieuws/meer-kansen-voor-mestverwerking/323>

Riaño, B., & García-González, M. (2014). On-farm treatment of swine manure based on solideliquid separation and biological nitrificationdenitrification of the liquid fraction. Journal of Environmental Management, 132, 87-93.

Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (z.d.). Mestbeleid 2014 – 2017: Tabel 5 Forfaitaire stikstof- en fosfaatgehalten in dierlijke mest 2014-2017. Geraadpleegd op 15 april 2017, <http://www.rvo.nl/sites/default/files/2015/04/Tabel%205%20Stikstof-%20en%20fosfaatgehalten%20in%20dierlijke%20mest%202015-2017%282%29.pdf>

Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (z.d.). Mestverwerking bij fosfaatoverschot vanaf 2016. Geraadpleegd op 18 februari 2017, <http://www.rvo.nl/onderwerpen/agrarisch-ondernemen/mest-en-grond/mest/verantwoorde-groei-melkveehouderij/verwerking-fosfaatoverschot-vanaf-2016>

Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (z.d.). Mestverwerkingsplicht voor de landbouwer. Geraadpleegd op 15 februari 2017, <http://www.rvo.nl/onderwerpen/agrarisch-ondernemen/mest-en-grond/mestbeleid/mestverwerkingsplicht-landbouwer>

Schoumans, O., & Chardon, W. (2015). Phosphate saturation degree and accumulation of phosphate in various soil types in The Netherlands. Geoderma, 237-238, 325-335.

Stichting Centrum voor Landbouw en Milieu (2013). Grondgebonden melkveehouderij: beleidsopties en hun gevolgen. Culemborg: CLM Onderzoek en Advies.

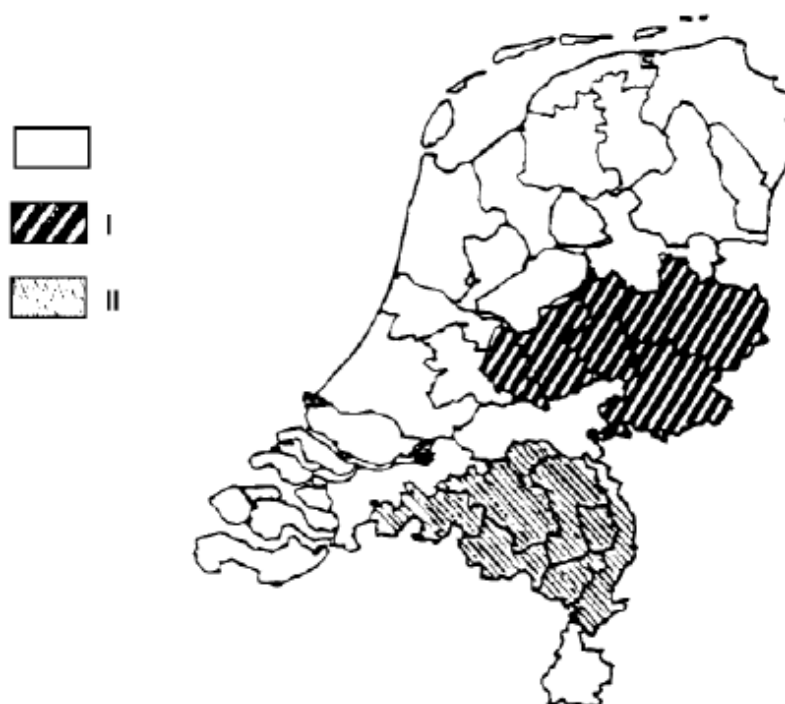
Vlaams infocentrum land- en tuinbouw (2016). Een laureaat van de Innovatiecampagne is niet tevreden met de dingen zoals ze zijn. Geraadpleegd op 5 april 2017, <http://www.vilt.be/10e-editie-innovatiecampagne---een-laureaat-van-de-innovatiecampagne-is-niet-tevreden-met-de-dingen-zoals-ze-zijn>

Bijlagen

Op de nu volgende pagina's zijn de bijlagen weer gegeven.

Bijlage 1 Regio's Meststoffenwet

Bijlage I. behorende bij de artikelen 1, eerste lid, en 26 van de Meststoffenwet



Gebied I (Oost) omvat, gerekend naar de situatie op 1 januari 1997, het grondgebied van de navolgende gemeenten:

Aalten	Gendringen	Raalte
Almelo	Goor	Renswoude
Ambt-Delden	Gorssel	Rhenen
Amerongen	Groenlo	Ruurlo
Amersfoort	Haaksbergen	Rijnwaarden
Angerlo	Den Ham	Rijssen
Apeldoorn	Harderwijk	Scherpenzeel
Baarn	Hatterij	Soest
Barneveld	Heerde	Stad-Delden
Bathmen	Hellendoorn	Steenderen
Bergh	Hengelo Gld.	Tubbergen
De Bilt	Hengelo Ov.	Ubbergen
Borculo	Hoevelaken	Veenendaal
Borne	Holten	Voorst
Brummen	Hummelo en Keppel	Vorden
Bunschoten	Leersum	Vriezenveen
Dalfsen 1)	Leusden	Warnsveld
Denekamp	Lichtenvoorde	Weerselo
Deventer	Lochem	Wehl
Didam	Lossen	Westervoort
Diepenheim	Maarn	Wierden
Diepenveen	Markelo	Winterswijk
Dinxperlo	Millingen a/d Rijn	Wisch

Doesburg	Neede	Woudenberg
Doetinchem	Nunspeet	Wijhe
Doorn	Nijkerk	Zeist
Driebergen/Rijsenburg	Oldenbroek	Zelhem
Duiven	Oldenzaal	Zevenaar
Ede	Olst	Zutphen
Eemnes	Ommen	
Eibergen	Ootmarsum	
Elburg	Putten	
Enschede		
Epe		
Ermelo		

Gebied II (zuid) omvat, gerekend naar de situatie op 1 januari 1997, het grondgebied van de navolgende gemeenten:

Alphen-Chaam	Haaren	Ravenstein
Ambt Montfort	Haelen	Reusel-De Mierden
Arcen en Velden	Heel en Panheel	Roerdalen
Asten	Heeze-Leende	Roermond
Baarle Nassau	Helden	Roggel
Beesel	Helmond	Roggel en Neer
Belfeld	's-Hertogenbosch	Rucphen 5)
Bergen (L)	Heusden 4)	Schijndel
Bergeijk	Heythuysen	Sevenum
Bernheze	Hilvarenbeek	Sint Anthonis
Best	Horst	St. Michielsgestel
Bladel	Hunsel	St. Oedenrode
Boekel	Kessel	Somerem
Boxmeer	Laarbeek	Son en Breugel
Boxtel	Landerd	Stramproy
Breda 2)	Lith	Swalmen
Broekhuizen	Loon op Zand	Tegelen
Budel	Maasbracht	Thorn
Cuijk	Maasbree	Tilburg
Deurne	Maasdonk	Uden
Dongen 3)	Meerlo-Wanssum	Valkenswaard
Echt	Meyel	Veghel
Eersel	Mierlo	Veldhoven
Eindhoven	Mill en St. Hubert	Venlo
Geldrop	Mook en Middelaar	Venray
Gemert-Bakel	Nederweert	Vierlingsbeek
Gennep	Nuenen, Gerwen en	Vught
Gilze en Rijen	Nederwetten	Waalre
Goirle	Oirschot	Weert
Grave	Oisterwijk	Zundert
Grubbenvorst	Oss	

Voetnoten

- 1) Tot het grondgebied van de gemeente Dalftsen wordt uitsluitend gerekend het deel van Lemelerveld dat voor de datum van herindeling werd gerekend tot het grondgebied van de gemeenten Ommen en Raalte.
- 2) Tot het grondgebied van de gemeente Breda wordt niet gerekend het grondgebied van de opgeheven gemeenten Prinsenbeek en Teteringen.
- 3) Tot het grondgebied van de gemeente Dongen wordt uitsluitend gerekend het grondgebied van de opgeheven gemeente Dongen.
- 4) Tot het grondgebied van de gemeente Heusden wordt uitsluitend gerekend het grondgebied van de opgeheven gemeente Drunen.
- 5) Tot het grondgebied van de gemeente Rucphen wordt uitsluitend gerekend het grondgebied van deze gemeente, zoals dat werd begrensd vóór de datum van herindeling.