



Toedieningsnauwkeurigheid dierlijke mest

Deskstudie

J.F.M. Huijsmans & B.R. Verwijs





Toedieningsnauwkeurigheid dierlijke mest

Deskstudie

J.F.M. Huijsmans & B.R. Verwijs

© 2011 Wageningen, Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek (DLO) onderzoeksinstituut Plant Research International. Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van DLO.

Voor nadere informatie gelieve contact op te nemen met: DLO in het bijzonder onderzoeksinstituut Plant Research International, Agrosysteemkunde.

DLO is niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen die kunnen ontstaan bij gebruik van gegevens uit deze uitgave.



PPL-Project: Optimalisatie voorjaarsaanwending mest op klei (48), Verplichting 1400007736
Opdrachtgever: Ministerie van Economische Zaken, Landbouw en Innovatie

Projectnummer PRI: 3310399600

Plant Research International, onderdeel van Wageningen UR Business Unit Agrosysteemkunde

Adres : Postbus 616, 6700 AP Wageningen
: Wageningen Campus, Droevendaalsesteeg 1, Wageningen
Tel. : 0317 – 48 06 85
Fax : 0317 – 41 80 94
E-mail : info.pri@wur.nl
Internet : www.pri.wur.nl

Inhoudsopgave

	pagina
1. Inleiding	1
2. Verdeelnauwkeurigheid	3
2.1 Eisen mestverdeling	3
2.2 Meetopstellingen	5
2.2.1 Nederland	5
2.2.2 Zwitserland	8
2.2.3 Duitsland	8
2.2.4 Zweden	9
2.2.5 België	9
3. Resultaten	11
4. Verstoppingsproblemen bij emissiearme toedieningssystemen	17
5. Discussie en ontwikkelingen	19
6. Conclusies en aanbevelingen	23
Literatuur	25

1. Inleiding

In de huidige praktijk wordt drijfmest in het voorjaar op kleibouwland veelal toegediend aan (winter)granen en gras(zaad). Bij een verdere afname van mest in het najaar zal het eerst volgende gewas in het voorjaar aardappelen zijn. Bij de mesttoediening in het voorjaar is het gewenst de samenstelling van (organische) mest van tevoren te kennen om met deze informatie gerichter te kunnen werken o.a. voor de dosering en plaats specifieke dosering. Verbeterde snellere analysetechnieken voor het bepalen van de mestsamenstelling en nieuwe technieken voor de mesttoediening in het voorjaar op klei zijn gewenst. Daarnaast is het van belang dat de breedte- en lengteverdeling bij de toediening goed is.

Ongeacht de hoeveelheid mest die op een perceel wordt toegediend, dient er over het oppervlak van het perceel een gelijke hoeveelheid en een nauwkeurige verdeling te zijn. Bij een niet nauwkeurige verdeling in de breedte komen op sommige stroken overdosering of onder dosering voor wat zich kan kenmerken door strepen in het veld. Bij een niet gelijke hoeveelheid in de lengterichting, krijgt een deel van het oppervlak van het veld een hogere dosering dan het andere deel van het veld. In beide situaties kan dit leiden tot een ongelijke gewasgroei en mogelijke derving van opbrengst. Vanuit de praktijk worden wel eisen gesteld aan de kwaliteit van de verdeling maar getallen waaruit de kwaliteit van de verdeling blijkt, zijn niet voorhanden. Op biologische bedrijven is een ongelijke verdeling van dierlijke mest niet te corrigeren met een (snelwerkende) kunstmestgift.

Een goede lengte- en breedteverdeling zijn een eerste vereiste om over te gaan richting precisiebemesting. Op dit moment is onbekend hoe precies de mest wordt toegediend. In opdracht vanuit het Programma Precisie Landbouw (PPL) is een deskstudie uitgevoerd met het doel te inventariseren hoe het staat met de lengte- en breedteverdeling van de huidige mesttoedieningsapparatuur. Hierbij is meegenomen de vereiste mestverdeling die aan de mesttoedieningsapparatuur gesteld kan worden. Deze deskstudie is uitgevoerd op basis van uitgevoerd onderzoek in het verleden in Nederland en literatuur.

In hoofdstuk 2 wordt eerst ingegaan op de eisen die aan de mestverdeling kunnen worden gesteld en methoden om de mestverdeling te meten. In hoofdstuk 3 worden resultaten van verdelingsmetingen besproken en in hoofdstuk 4 wordt ingegaan op mogelijkheden om de breedte- en lengteverdeling beter te garanderen. In hoofdstuk 5 en 6 komen vervolgens aan de orde een discussie met betrekking tot precisiebemesting en keuringen, conclusies en aanbevelingen.

2. Verdeelnauwkeurigheid

2.1 Eisen mestverdeling

Bij de introductie van emissiearme technieken is rond 1990 in Nederland veel onderzoek gedaan naar de mestverdeling bij bovengronds breedwerpig toediening en emissiearme mesttoediening (Huijsmans & Hendriks, 1992). In diezelfde periode is door een samenwerkingsverband van Swedish National Machinery Testing Institute (NMTI) and the Swedish Institute of Agricultural Engineering (JTI) (Malgeryd & Wetterberg, 1996) onderzoek gedaan naar fysische eigenschappen van vaste mest en verpompbare mest en het effect daarvan op de werking van machines voor het uitrijden c.q. verspreiden van mest. Met werking van de machine wordt bedoeld de wijze waarop de mest wordt verspreid en het uiteindelijke resultaat van het verspreiden (breedteverdeling). De resultaten gaven aan dat de werking van de verschillende typen machines beïnvloed wordt wanneer de fysische eigenschappen van de mest veranderen. Naast het percentage droge stof van de mest dient volgens de onderzoekers ook de droge dichtheid en in de situatie van vloeibare mest de viscositeit te worden meegenomen. De resultaten van het onderzoek hebben gediend als input voor het opstellen van een norm met eisen en beproevingsmethoden voor mengmestverspreiders door Technical Committee 144, Working Group 3, Ad Hoc Group 3. In 1999 heeft dit geleid tot de norm NEN-EN 13406 (Mengmestverspreiders - Specificatie voor de bescherming van het milieu - Eisen en beproevingsmethoden). Het protocol is ontwikkeld door deskundigen op het gebied van het uitrijden van mest. Doel van de normen is dat het beoordelen van het werkresultaat op eenzelfde wijze plaatsvindt. In de norm zijn dan ook beschreven de voorwaarden om op een gelijke manier het ontwerp en constructie van uitrijapparatuur voor het bovengronds breedwerpig verspreiden en het uitrijden van mest in stroken op het land te beoordelen. Ook zijn beschreven de eisen en testmethoden voor de nauwkeurigheid van de verdeling van mest in de breedte- en de lengterichting met aandacht voor werkbreedte, het maximum en minimum van de uitrijhoeveelheid, de uniformiteit van de uitstroomhoeveelheid gedurende het leegpompen van de tanken de tolerantie daar van.

In 2003 is NEN-EN 13406 vervangen door de NEN-EN 13406:2003 norm. In deze laatste norm is een aanscherping gemaakt voor het nog verder minimaliseren van de schade aan het milieu, de eigenschappen van de toegediende (hoeveelheid) mest, de eigenschappen van de doorstroom en aan de hand van de doorstroming de berekening van de tolerantiezone. Bij de tolerantiezone wordt weergegeven hoeveel procent van de verdelingsmeting valt binnen een marge van + 15% en -15% van de karakteristieke doorstroming of de gemiddelde doorstroming tijdens het leegpompen van de tank.

De variatiecoëfficiënt (VC) wordt veel gebruikt als maat voor de verdeelnauwkeurigheid en wordt onder andere ook gebruikt voor kunstmeststrooiers en spuitdoppen. De VC is dimensieloos (onafhankelijk van de mestgift), waardoor mestverdelingen met ongelijke mestgiften kunnen worden vergeleken. Hoe lager de VC des te beter is de verdeelnauwkeurigheid. De VC zegt niets over de maximale afwijkingen ten opzichte van de gemiddelde mestgift en de plaats van de afwijkingen in het spreidpatroon.

De variatiecoëfficiënt (VC) is gedefinieerd als:

$$VC = \frac{100\%}{\bar{x}} \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum (x - \bar{x})^2}$$

Waarin VC = variatiecoëfficiënt (%)

x = gewicht van de opgevangen mest per uitstroomopening of oppervlakte-eenheid (kg)

$\bar{x}$ = gemiddeld gewicht van opgevangen mest voor alle uitstroomopeningen of oppervlakten (kg)

Door Malgeryd & Wetterberg (1996) wordt aangegeven dat de VC alleen bruikbaar is voor het bovengronds toedienen van mest zoals met een ketsplaat of bij het verregenen van mest. Bij toedienapparatuur voor het emissiearm uitrijden van mest wordt de verdeling gemeten van elke individuele uitstroomopening of element.

Hierdoor zijn de VC's van de toedienapparatuur voor het bovengronds uitrijden en het emissiearm uitrijden van dierlijke mest niet met elkaar vergelijkbaar. Voor het weergeven van de verdeling van apparatuur voor emissiearm uitrijden wordt gebruik gemaakt van de gemiddelde afwijking. In norm NEN-EN 13406:2003 wordt, voor het weergeven van de verdeelnauwkeurigheid, dit onderscheid ook gemaakt in machines voor het bovengronds uitrijden en voor machines die mest in stroken op of in de grond brengen. De berekeningswijze van deze gemiddelde afwijking is:

$$\text{Gemiddelde afwijking (\%)} = 100 \cdot 1 / (n \cdot X_{\text{gem}}) \cdot \sum |X_i - X_{\text{gem}}|$$

Waarbij: n = aantal bakken

X_{gem} = gemiddelde inhoud van de bakken

X_i = inhoud van bak i

Bij metingen van de verdeelnauwkeurigheid in België (Janssens & Cnockaert, 2004) worden de nauwkeurigheden en variatieklassen bepaald die zijn opgesteld in het typereglement over de technische criteria van niet-breedwerpige spreidingsmachines. In Tabel 1 worden de beoordelingsklassen voor de breedteverdeling (transversale verdeling) en de lengteverdeling (longitudinale verdeling) weergegeven. Door Janssens & Cnockaert wordt, naast de VC, voor de breedteverdeling ook een gemiddelde afwijking ($D_{\text{gemiddeld}}$) weergegeven.

Tabel 1. Variatiecoëfficiënt en beoordelingsklassen voor de transversale (breedterichting) en longitudinale (lengterichting) verdeling (Bron: Janssens & Cnockaert).

Transversale verdeling			Longitudinale verdeling	
Variatiecoëfficiënt	VC (%)	Criterium	% binnen tolerantiezone	Criterium
	$\leq 10\%$	zeer goed	$< 80\%$	slecht
	$10\% < x \leq 15\%$	goed	$80\% \geq x > 85\%$	onvoldoende
	$15\% < x \leq 20\%$	matig	$85\% \geq x > 90\%$	matig
	$20\% < x \leq 25\%$	onvoldoende	$90\% \geq x > 93\%$	goed
	$> 25\%$	slecht	$\geq 93\%$	zeer goed
Gemiddelde afwijking	$\leq 15\%$	goed		

Door DLG (Duitsland) wordt bij het testen van toedieningsapparatuur voor bovengronds mest uitrijden een variatiecoëfficiënt berekend voor zowel de breedteverdeling als de lengteverdeling. Bij emissiearme toedieningstechnieken (sleepslangen of zodenbemesters) wordt voor de breedteverdeling de gemiddelde afwijking berekend en voor de lengteverdeling het percentage van de verdelingsmeting wat valt binnen een marge van + 15% en -15% van de karakteristieke doorstroming of de gemiddelde doorstroming (de tolerantiezone). Naar aanleiding van de vc of de gemiddelde afwijking en de tolerantiezone wordt een waardeoordeel aangegeven. Een variatiecoëfficiënt van lager dan 10% krijgt een beoordeling 'zeer goed' of ++ (Tabel 2). Wanneer de verdeelnauwkeurigheid wordt uitgedrukt in een gemiddelde afwijking dan krijgt een afwijking van $\leq 5\%$ een ++, een afwijking van $< 10\%$ een + en een afwijking $< 15\%$ een o (Bron: www.dlg-test.de). Bij de beoordeling van de lengteverdeling wordt de volgende beoordelingsklasse aangehouden: een spreiding binnen de tolerantiezone van $> 96\%$ een ++, bij $> 93\%$ een + en bij $> 90\%$ een o. Het testen van de verdeelnauwkeurigheid wordt geheel gedaan volgens norm EN 13406.

Overigens wordt bij een DLG Focus test alleen een beoordeling gegeven over de verdeelnauwkeurigheid. Bij een zgn. 'Prüfbericht' wordt de machine aan een compleet (technisch) oordeel onderworpen.

Tabel 2. Beoordeling van de variatiecoëfficiënt door DLG (Bron: DLG Prüfbericht 4651, 1997).

VC (%)	Beoordeling	
< 10	Zeer goed	++
10,1 - 15	Goed	+
15,1 – 20	Ruim voldoende	o
20,1 – 25	Voldoende	-
25,1 >	Onvoldoende	-

Door DLG worden merkborden uitgegeven waarin adviezen worden gegeven over de teelt van gewassen (DLG, 2006). Voor een zo optimaal mogelijke inzet van mest (kunstmest en dierlijke mest) worden bemestingsadviezen verstrekt en daarbij richtlijnen hoe nauwkeurig er gewerkt zou moeten worden voor de benutting van de meststoffen. Bij het toedienen van dierlijke mest wordt, ongeacht het type gebruikte machine, geadviseerd voor de lengteverdeling een VC van maximaal 5% na te streven. Gesteld wordt dat de 5% maximaal in de praktijk ook vrij eenvoudig bereikt kan worden maar wel afhankelijk is van de homogeniteit van de mest (vaste mest en drijfmest) en van de beladingsgraad van de meststrooier voor vaste mest. Voor de na te streven variatiecoëfficiënt voor de breedteverdeling wordt door DLG onderscheid gemaakt tussen strooiers voor vaste mest, uitrijapparatuur voor drijfmest en kunstmeststrooiers met respectievelijk een maximale VC van 20, 15 en 10%.

In de verslaglegging door IMAG-DLO (Hendriks & Huijsmans 1992a en b; Huijsmans & Hendriks, 1992) wordt de nauwkeurigheid van de mestverdeling bij breedwerpige mesttoedieningstechnieken uitgedrukt met de variatiecoëfficiënt. Bij emissiearme toedieningstechnieken wordt ook de maximale afwijking ten opzichte van de gemiddelde mestdosering gegeven. In de IMAG-DLO literatuur wordt geen uitspraak gedaan over de vereiste nauwkeurigheid. Op dat moment was het nog onduidelijk wat voor de optimale gewasgroei de vereiste verdeelnauwkeurigheid en de onderlinge afstand tussen de toedieningselementen zou moeten zijn.

2.2 Meetopstellingen

In het verleden werd de verdeling van dierlijke mest veelal gemeten in het veld, waarbij de mest opgevangen werd in teiltjes die over de werkbreedte van de machine uitgezet waren. Lengteverdelingsmetingen konden bij deze methode veelal alleen op bepaalde posities van de werkbreedte worden uitgevoerd. Deze metingen werden alleen uitgevoerd bij bovengronds breedwerpige mesttoediening. De bewerkelijkheid van de metingen en onnauwkeurigheid heeft later geleid tot een meetmethode waarbij geen teiltjes maar absorberend materiaal werd toegepast dat op maaiveldhoogte uitgelegd kon worden en tot volledige meetopstellingen om de verdeling te meten. In de volgende paragrafen worden een aantal van de toegepaste meetprincipes besproken.

2.2.1 Nederland

In Nederland is destijds door IMAG-DLO (nu onderdeel van Wageningen UR) eind tachtiger en begin negentiger jaren veel onderzoek gedaan naar de verdeelnauwkeurigheid van bemesters voor verpompbare mest. Voor dit onderzoek is gebruik gemaakt van absorberend materiaal (Figuur 1) voor de mestverspreiders met een spreidplaat en een mestpendel. Bij deze methode wordt absorberend materiaal dwars op de rijrichting over de volle breedte van de machine op het land uitgelegd. Na passage van de machine werd het absorberend materiaal gewogen en de breedteverdeling berekend. In het begin werd ook gebruikt gemaakt van plastic bakken; dit werd gedaan bij de ontwikkeling van de meetmethode met absorberend materiaal (Figuur 2). De bakken hadden het nadeel dat mest uit en tegen de bak spetterde, onduidelijk was wat meegewogen moest worden, de rand van de bakken niet op maaiveldhoogte was en de methode erg bewerkelijk was en daarmee veel onnauwkeurigheid werd geïntroduceerd.



Figuur 1. Meetmethode met absorberend materiaal voor het meten van de breedteverdeling bij het bovengronds uitrijden van mest met een spreidplaat (Bron: Hendriks & Huijsmans, 1992a).



Figuur 2. Meetmethode met bakken en absorberend materiaal bij het meten van de breedteverdeling van een machine met slangenuitloop met per uitloop een ketsplaatje (Bron: Baumann & Visser, 1988; Hendriks & Huijsmans, 1992a).

Bij de introductie van emissiebeperkende toedieningstechnieken zijn later twee meetopstellingen toegepast om de verdeelnauwkeurigheid te meten. Voor sleepslangenmachines werden alle sleepslangen afzonderlijk in verticale pvc-pijpen gestoken (Figuur 3) voor het sturen van de meststroom: naar een afvoer (mestopslag) of naar opvangbakken. Tijdens een meting werden alle pvc-pijp met de slangen tegelijkertijd, gedurende een ingestelde tijd, boven bakken gehouden. Per sleepslang werd de mest dus opgevangen in een bak die gewogen werd, waarna de dosering per slang en de verdeling berekend kon worden.



Figuur 3. Meetopstelling voor het meten van de breedteverdeling van sleepslangenmachines (Bron: Hendriks & Huijsmans, 1992b).

Voor de bemesterapparatuur waarmee emissiearm mest toegediend kan worden werd een stationaire meetopstelling met goten en bakken toegepast (Figuur 4). De meetopstelling bestaat uit hellende opvanggoten onder ieder toedieningselement. De mesttoedieningsmachine wordt stationair boven deze goten opgesteld. De uitloop van iedere goot kan of boven meetbakken of boven een afvoergoot naar een mestopslag worden gericht. Bij het starten van een meting stroomt de mest van ieder element (tand of slang) via een goot naar de afvoer. De verdelingsmeting wordt gestart als uit alle elementen mest stroomt. Gedurende een ingestelde tijd wordt de uitloop van alle goten tegelijk boven bakken gehouden. Per tand of toedieningselement wordt de mest opgevangen in één bak en wordt de mesthoeveelheid gewogen. De breedteverdeling wordt verkregen door de hoeveelheden toegediende mest per bak per tijdseenheid te bepalen.



Figuur 4. Meetopstelling voor het meten van de breedteverdeling van apparatuur voor het emissiearm toedienen van mest (Bron: Hendriks & Huijsmans, 1992b).

2.2.2 Zwitserland

In Zwitserland is door de FAT (Forschungsanstalt für Agrarwirtschaft und Landtechnik) verdelingsonderzoek aan mestverspreiders uitgevoerd. Voor de meting bij breedwerpige toediening werd langs opgestelde bakken gereden. Voor de meting van de verdeling van sleepslangenmachines werd een vergelijkbare meetopstelling als in Nederland toegepast waarbij tevens de mogelijkheid werd toegepast om de machine schuin op te stellen om zo het effect van uitrijden op hellingen te simuleren (Figuur 5).



Figuur 5. Meetopstelling voor het meten van de breedteverdeling van een sleepslangenmachine (Bron: Sauter et al., 2004).

2.2.3 Duitsland

Door DLG (Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft) wordt aan diverse machines en apparatuur een erkenning toegekend wanneer de mestverdeling gemeten is. Voor het testen wordt gebruik gemaakt van een mobiele testinstallatie waarbij de te testen mesttoedieningsapparatuur op een verhoging wordt gereden. Achter de verhoging staan bakken waar per uitloopslang van de bemester gedurende 15 seconden mest in opgevangen wordt. Na weging kan de breedteverdeling berekend worden. Door het ministerie van landbouw en bosbeheer van de deelstaat Bayern in Duitsland werd in diverse stimuleringsprogramma's aandacht besteed aan de verdeelnauwkeurigheid van apparatuur voor het uitrijden van drijfmest. Het programma oriënteert zich er op om de breedteverdeling, gebaseerd op de EN-norm 13406, de eisen aan de verdeling in de lengte en de inzetbaarheid op heuvelachtig terrein op een hoger niveau te krijgen. Om voor dit programma metingen te verrichten is door de Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Landtechnik, Bauwesen und Umwelttechnik een meetopstelling gemaakt (Figuur 6).



Figuur 6. Proefopstelling van de Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Landtechnik, Bauwesen und Umwelttechnik (Bron: <http://www.lfl.bayern.de>).

In de meetopstelling zijn bakken opgehangen waarin de mest tijdens de meting wordt opgevangen. De bakken worden tijdens de meting constant gewogen met een frequentie van 20 Hz. Door de constante meting kan gelijk met de meting voor de breedteverdeling ook de lengteverdeling gemeten worden. Bij grote werkbreedten van de machines wordt de meting per sectie van de machine uitgevoerd. De variatiecoëfficiënt wordt uitgerekend als de differentiële variatiecoëfficiënt, waarbij de vc van de breedteverdeling wordt bepaald per enkele meting van de lengteverdeling. Door middeling van de minstens 200 enkele metingen van de lengteverdeling wordt de differentiële variatiecoëfficiënt berekend. Binnen het stimuleringsprogramma is aangenomen dat deze variatiecoëfficiënt niet hoger mag zijn dan 15%.

2.2.4 Zweden

Door het National Machinery Testing Institute in Zweden is in 1992 een testlocatie gebouwd voor het uitvoeren van type goedkeuringen van bemesters: apparatuur voor het uitrijden van vaste mest (niet pompbare mest) en voor vloeibare mest (mest die verpompt kan worden). De testlocatie is geschikt voor apparatuur voor bovengrondse mesttoediening en voor apparatuur waarmee emissiearm de mest toegediend kan worden. Er is voor een permanente overdekte testlocatie gekozen om tijdens het testen van de apparatuur voor bovengrondse mesttoediening geen invloed te hebben van wind. Op deze testlocatie kan zowel de breedte als de lengteverdeling worden gemeten. Onderdeel van de testmethode is het meten van de eigenschappen van de voor de test gebruikte mest. Bij deze testmethode wordt de gehele spreidercombinatie op een plateau omhoog gebracht en loopt een rail met bakken onder de spreider door. Hiermee kan met een snelheid van 0 – 9 km/h het rijden over het veld gesimuleerd worden. Na 4 keer 'rijden' worden de bakken gewogen en de verdeling van de mest bepaald. Vanuit de resultaten wordt een variatiecoëfficiënt berekend.

2.2.5 België

Voor de verdeelingsmetingen van mengmest is in België een mechanisch en een elektronisch meetsysteem ontwikkeld door het CLO-Gent-DVL (Figuur 7). Voor de meting voor de verdeelnauwkeurigheid van de toedieningsmachines wordt de mest vanuit de bemesterelementen opgevangen in bakken/trechters. Bij de mechanische uitvoering worden de bakken gewogen en bij de elektronische uitvoering wordt on-line de hoeveelheid gemeten gedurende de doorstroom van de mest. De mest wordt na het meten weer teruggepompt naar een voorraadvat.



Figuur 7. Verdelingsmetingen van mengmest in België; links een mechanisch meetopstelling, rechts een elektronisch meetsysteem (Bron: <http://www.aams.be/nederlands/product.asp?product=49>, Janssens & Cnockaert, 2004).

3. Resultaten

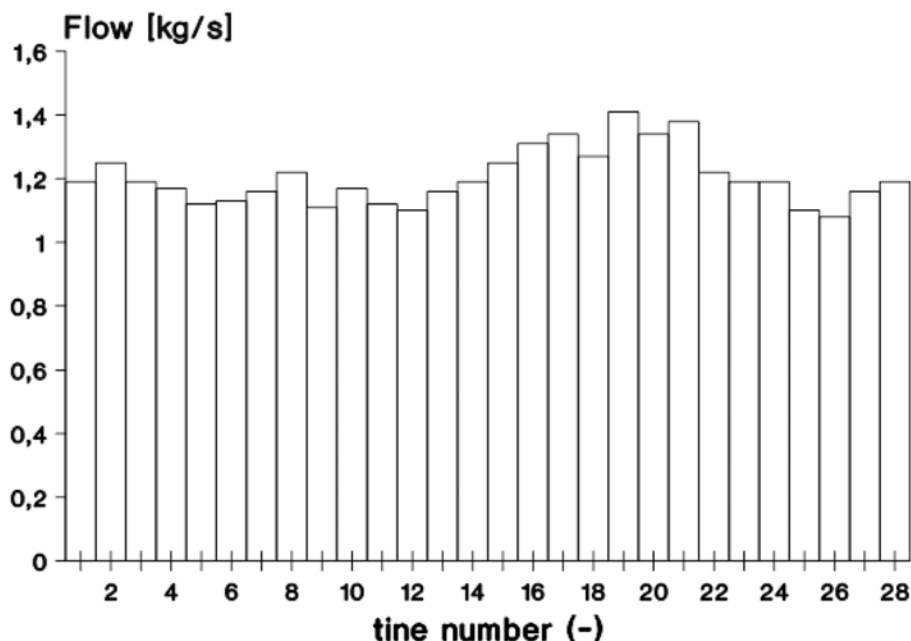
In Nederland is onderzoek gedaan naar de verdeling bij het breedwerpig verspreiden van mest met verschillende ketsplaten en bij een mestpendel (Hendriks & Huijsmans 1992a). Typerend voor de breedteverdeling bij een aantal ketsplaten was de grotere hoeveelheden mest aan de buitenzijde en in het centrum van het spreidpatroon (zoals ook in Figuur 9). Zo bleek dat bij een van de ketsplaten een VC van 15% te bereiken was bij een effectieve werkbreedte van 7 meter. Het enkelvoudig spreidpatroon had een werkbreedte van 14 meter met een VC van 50%. De nauwkeurigheid van de mestverdeling in het veld wordt bepaald door de mate van overlappen van de aaneensluitende banen. Een geringe afwijking in de werkbreedte leidt al snel tot een slechtere verdeling. In voorgaande voorbeeld stijgt de VC bij een werkbreedte van 8 m (in plaats van 7 m) tot 30%. Van een andere meting aan een ketsplaat wordt in Tabel 3 ook de invloed van het overlappen weergegeven op de werkbreedte, de mestgift en de variatiecoëfficiënt. Door de mate van overlap van de enkelvoudige spreidpatronen kan het uiteindelijke beeld van de mestverdeling dus worden verbeterd. Een direct gevolg van het overlappen is dat de effectieve werkbreedte kleiner is dan de spreidbreedte. Naarmate het overlaptraject groter is, zal rekening moeten worden gehouden met de mestdosering. Bij het ontbreken van een doseerregeling zal voor een bepaalde mestgift bij een kleinere werkbreedte harder moeten worden gereden. Indien harder rijden niet meer mogelijk is, zal een hogere mestgift het gevolg zijn. In de praktijk blijkt de optimale werkbreedte vaak niet bekend en blijkt het moeilijk te zijn om continu te werken met een constante werkbreedte. Dit is o.a. het gevolg van de invloed van wind.

Tabel 3. Invloed van het overlappen op de werkbreedte, de mestgift en de vc bij het verspreiden van mest met een ketsplaat (Bron: Huijsmans & Hendriks seminar 16-9-1991).

Overlap situatie	Werkbreedte (m)	Mestgift (min – max) (m ³ /ha)	Mestgift (gemiddeld; m ³ /ha)	VC (%)
Geen overlap	17,4	0 - 13	7	56
Praktijk	12	7 - 20	10	25
Optimale werkbreedte	6,6	16 - 22	19	10

Bij een mestpendel bleek een VC van 12% haalbaar bij een werkbreedte van 15 meter. Dit werd mede bepaald door de afstelling van de pendelhoek en de pendelfrequentie. Een andere afstelling kan leiden tot een (veel) slechtere verdeling. De verdeling van een mestpendel wordt evenals bij de ketsplaat ook bepaald door de invloed van de wind.

Figuur 8 geeft de verdeling van een meting aan een zodenbemester met 28 toedieningselementen (onderlinge afstand tussen de toedieningselementen 20 cm; werkbreedte 5,6 meter). De gemiddelde mestdosering per element was 1,21 kg/s bij 22 m³/ha en een rijsnelheid van 10 km/h. De maximale afwijking van één van de elementen ten opzichte van de gemiddelde mestdosering was 17%; de VC van de verdeling bedroeg 7%.



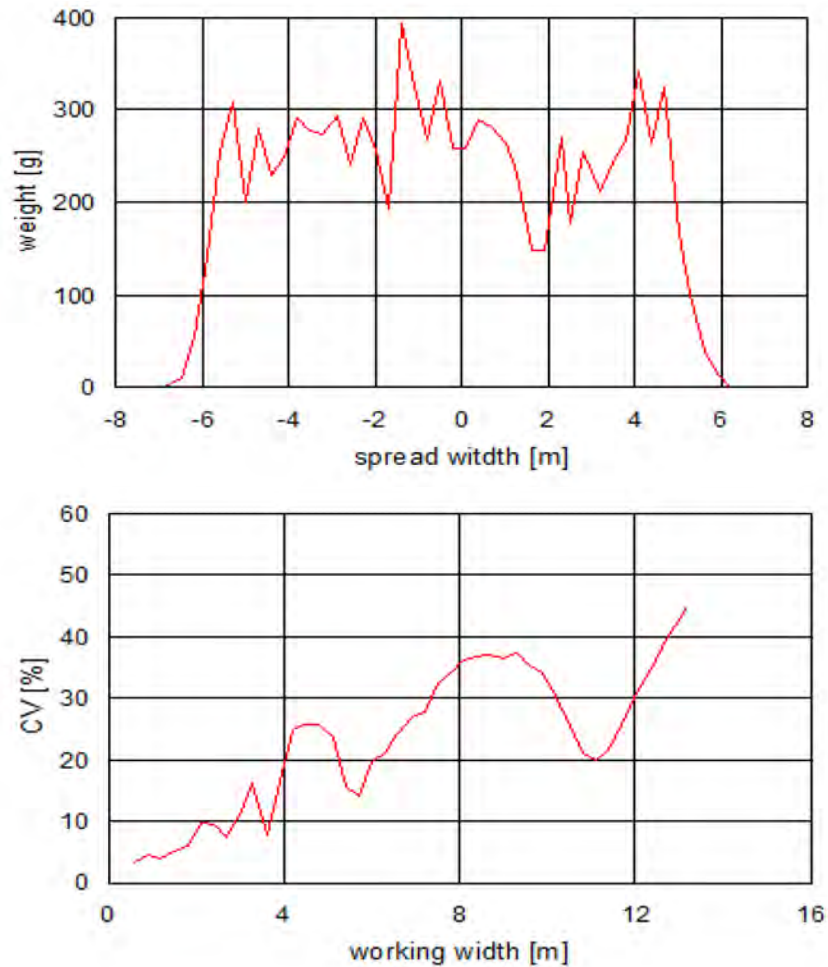
Figuur 8. Breedteverdeling van een zodenbemester met 28 elementen; de variatiecoëfficiënt is 7% (Bron: Hendriks & Huijsmans, 1992b).

Metingen aan een bouwlandinjecteur (10 elementen, werkbreedte 5 meter) gaven een VC van 15% en een maximale afwijking ten opzichte van de gemiddelde mestdosering van 26%. Met een sleepvoetenmachine met 25 toedienings-elementen en een werkbreedte van 5 meter werd een VC van 10% bereikt en een maximale afwijking ten opzichte van de gemiddelde mestdosering van 26%. Een onderzochte sleepslangenmachine met 49 sleepslangen (werkbreedte van 12 m) had een VC van 12% en de maximale afwijking ten opzichte van de gemiddelde mestdosering was 21%.

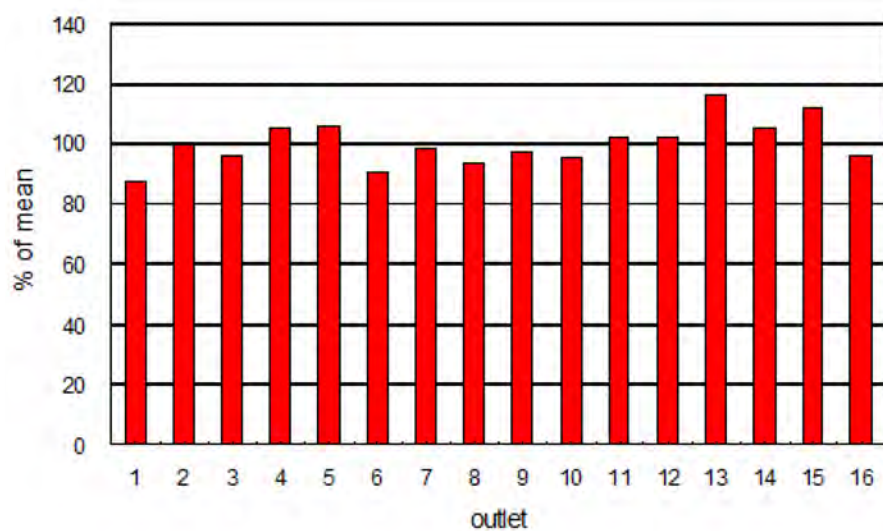
Als onderdeel voor het EU project SWAMP (Sustainable Waste Application Management Project), hebben Huijsmans *et al.* (1998) onderzoek gedaan naar de breedte- en lengteverdeling van een nieuw type bemester waarmee emissie-arm mest toegediend kan worden. Voor dit onderzoek is een strokenbemester uitgerust met een elektronisch controlesysteem. In dit systeem kon de te geven mestgift elektronisch geregeld worden afhankelijk van het bedrijfsbemestingsplan. Deze strokenbemester werd vergeleken met het bovengronds mest uitrijden met een ketsplaat.

Bij het uitrijden met de ketsplaat werd een werkbreedte bereikt van 13 m bij een pomptoeental van 500 rpm. De VC bedroeg hier 40%. Bij een realistische werkbreedte van 11 meter wordt een VC van 20% bereikt (Figuur 9). Met een pomp toerental van 400 rpm werd een werkbreedte van 11 meter bereikt; door een optimale overlap ontstond een werkbreedte van 9,25 m en een VC van 20%.

In Figuur 10 wordt per uitstroomopening de verdeling voor de strokenbemester weergegeven als percentage van de gemiddelde hoeveelheid mest per uitstroomopening bij een toerental van de pomp van 500 omw/min. De variatiecoëfficiënt was 9,7%. De variatiecoëfficiënt bij een pomptoeental van 200, 300, 400 en 550 omw/min was respectievelijk 16,8, 13,7, 12,1 en 11,6%. De variatiecoëfficiënt voor de lengteverdeling was bij beide uitstroomopeningen en bij de verschillende pomptoeentalen lager dan 10%.



Figuur 9. Mestverdeling over de totale werkbreedte van een mestverspreider met spreidplaat (bovenste grafiek) bij 1 enkele werkgang en de variatiecoëfficiënt (onderste grafiek) bij een pomptoeental van 500 omw/min (Huijsmans et al., 1998).



Figuur 10. Breedteverdeling van de strokenbemester als percentage van de gemiddelde hoeveelheid per uitstroomopening bij een pomp toerental van 500 omw/min (Huijsmans et al., 1998).

Binnen dit EU onderzoek werd de conclusie getrokken dat zowel de breedteverdeling als de lengteverdeling bij de strokenbemester beter en meer controleerbaar is dan bij het mest uitrijden met een spreidplaat mits er geen verstoppingen ontstaan in het verdeelmechanisme van de mest.

Duitsland

Door DLG wordt van aangeboden nieuwe toedieningsapparatuur de verdeelnauwkeurigheid in de breedte getest volgens NEN-EN 13406. In de Prüfberichten van de betreffende machines worden de gemeten verdeelnauwkeurigheid gegeven. Het betreffen dus meetrapporten van alleen individuele machines. Wel wordt een uitspraak gedaan dat een verdelingsmeting met een bepaald type verdeler (behorende bij een bepaalde werkbreedte), dan geldig is voor alle machines die uitgerust zijn met dezelfde mestverdeler.

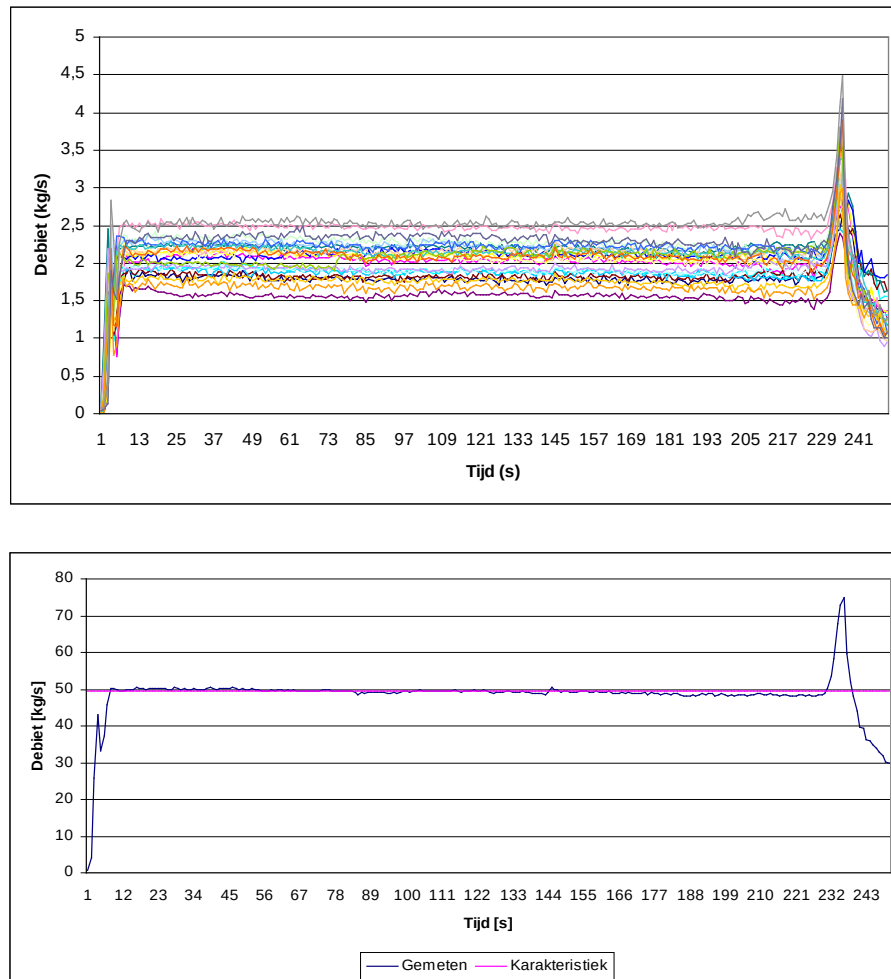
Oostenrijk/Zwitserland

In Oostenrijk en Zwitserland is veelal onderzoek uitgevoerd naar de verdeelnauwkeurigheid bij bovengronds breedwerpig verspreiden van de mest en bij toepassing van een sleepslangenmachine (Frick, 1999; Sauter *et al.*, 2004; Pöllinger, 2008). In deze onderzoeken werd ook het effect van hellingen op de verdeelnauwkeurigheid meegenomen. Bij het bovengronds breedwerpig verspreiden met verschillende verdeeltechnieken werden wisselende verdeelnauwkeurigheden bereikt van goede tot zeer slechte verdelingen (Frick, 1999). Voor de situaties waar een goede verdeling werd bereikt was het ook van belang dat bij een iets afwijkende overlapping van spreidpatronen (ten opzichte van optimaal) niet gelijk de verdeelnauwkeurigheid dramatisch afnam. Onderzoek naar de verdeelnauwkeurigheid van sleepslangenmachines toonde aan dat met alle onderzochte machines een goede verdeling kan worden bereikt op vlak land, maar veelal ook op hellend land (Sauter *et al.*, 2004).

België

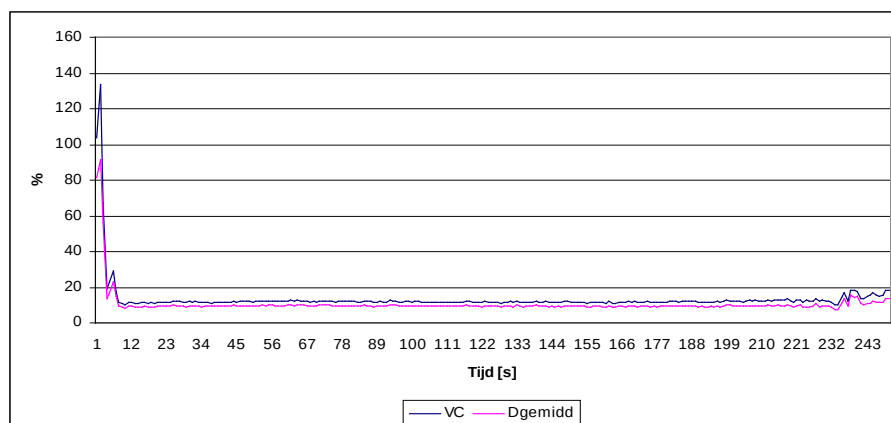
In België zijn metingen uitgevoerd naar de verdeelnauwkeurigheid van verschillende emissiebeperkende technieken. In Figuur 11 staat als voorbeeld de resultaten van de metingen aan een zodenbemester met 24 elementen. Het verloop van het debiet van de verschillende injectie-elementen en de som van de debieten van de verschillende injectie-elementen geeft het verloop van de longitudinale verdeling.

Het karakteristiek debiet is het gemiddelde totale debiet van de berekeningsperiode. In deze test bedroeg het karakteristiek debiet 49,7 kg/s. Het percentage van het totale gemeten debiet dat binnen de tolerantiezone van 10% viel, was 91%. De lengteverdeling krijgt dan volgens de klassenindeling van Tabel 1 de beoordeling goed.



Figuur 11. Verloop van het debiet per injectie element (boven) en van het totale debiet en het karakteristieke debiet (onder) (Bron: Janssens & Cnockaert, 2004).

Gedurende de meting van de lengteverdeling is de breedteverdeling gemeten. In Figuur 12 wordt de variatie-coëfficiënt weergegeven van de breedteverdeling en de gemiddelde afwijking.



Figuur 12. Verloop van VC en $D_{\text{gemiddeld}}$ (Bron: Janssens & Cnockaert, 2004).

De VC bedroeg 13,4%, de $D_{\text{gemiddeld}}$ 10,6%. Volgens de beoordelingsklassen in Tabel 1 is de beoordeling voor VC van de breedteverdeling goed en voor $D_{\text{gemiddeld}}$ goed. Het percentage van $D_{\text{gemiddeld}}$ dat binnen de tolerantie van 15% viel (15% volgens de Europese norm), was 97,2%. Tabel 4 toont de procentuele aandelen van de uitrijtijd die binnen een bepaalde klasse van de VC vallen. Deze metingen geven aan dat de betreffende zodenbemester zowel een goede breedteverdeling als een goede lengteverdeling heeft.

Tabel 4. Procentuele aandelen van VC (Bron: Janssens & Cnockaert, 2004).

Variatiecoëfficiënt	VC (%)	Criterium	% aandeel
	$\leq 10\%$	zeer goed	0,0%
	$10\% < x \leq 15\%$	goed	92,8%
	$15\% < x \leq 20\%$	matig	5,2%
	$20\% < x \leq 25\%$	voldoende	0,4%
	$> 25\%$	slecht	1,6%

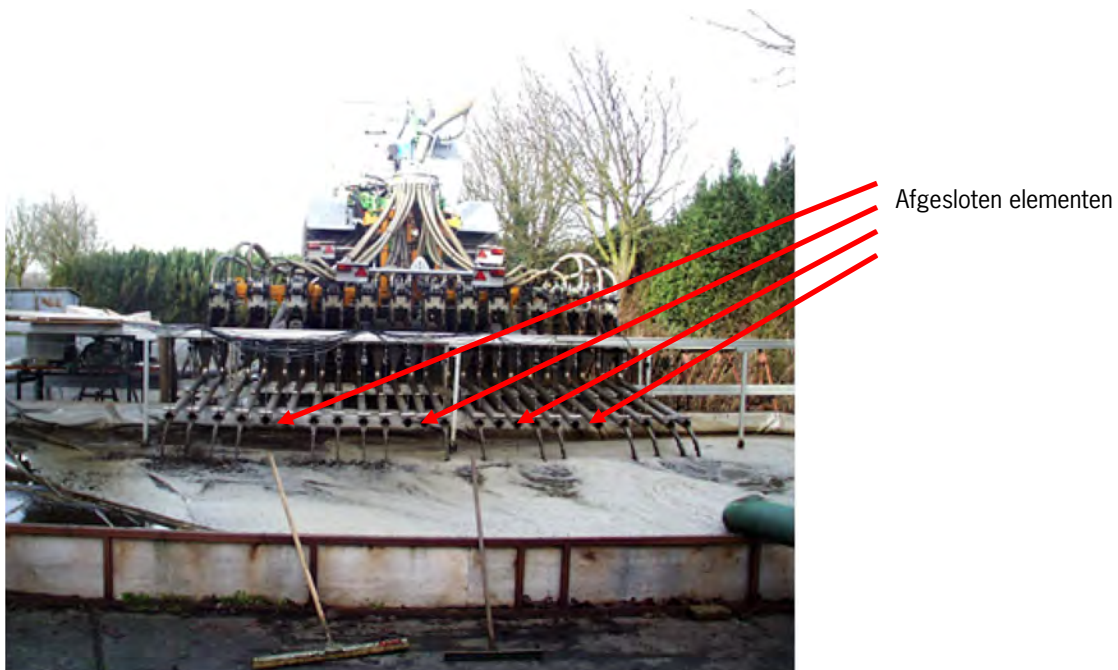
4. Verstoppingsproblemen bij emissiearme toedieningssystemen

Bij het breedwerpig bovengronds uitrijden van mest wordt gewerkt met een relatief grote uitlaat met rubberen mond. Bij het emissiearm toedienen van mest worden andere systemen gebruikt, waarbij de mest via een verdeler naar slangen, tanden en kouters wordt gedoseerd. De slangen hebben een kleine doorlaat waarbij de kans op verstoppingen ontstaat. Verstoppingen van slangen geven direct aanleiding tot een slechtere verdeling (Tabel 5).

Tabel 5. Invloed van verstopte mesttoedieningselementen van een zodenbemester met 28 toedieningselementen op de verdeelnauwkeurigheid (Hendriks & Huijsmans, 1992b).

Aantal slangen verstopt (-)	Variatiecoëfficiënt (%)
0	7
1	21
2	29
3	36
4	42
5	47

Metingen aan een geteste zodenbemester (Figuur 13) waarbij 8 van de 24 elementen worden afgesloten gaven aan dat de VC omhoogschiet van 14 naar 48% en $D_{\text{gemiddeld}}$ van 11% naar 33% en wanneer 8 van de 24 elementen worden afgesloten loopt de VC op naar 73% en $D_{\text{gemiddeld}}$ naar 66% (Janssens & Cnockaert, 2004). Verstoppingen aan slangen hebben dus direct gevolgen voor de mestverdeling in de werkbreedte.



Figuur 13. Testopstelling waarbij 8 elementen van de zodenbemester zijn afgesloten (Bron: Janssens & Cnockaert, 2004).

Met snijdende verdelers met omkeerinrichting en filter- en snijsystemen wordt geprobeerd verstoppingen te voorkomen. Door Somers & Huijsmans (1995) is een overzicht gemaakt van de verstoppingsproblemen door het houden van een enquête onder loonwerkers. Ook geven zij inzichten in de werking van mestfilter- en snijsystemen. Uit hun inventarisatie bleek toen al dat 70% van de ondervraagden tijdens het vullen en het toedienen van de mest een filter-/snijstelsysteem gebruiken. De bemesters hadden ook allemaal een hydraulisch aangedreven verdeler voor het snijden en/of verdelen van de mest. Uit de inventarisatie bleek dat ondanks een filter-/snijstelsysteem nagenoeg alle systemen nog met verstoppingen te kampen hadden. Verstoppingen traden vooral op in het filter-/snijstelsysteem, in bochten van slangen en pijpen en in de verdeler. Met een filter-/snijstelsysteem waren er minder verstoppingen in de verdeler. Verontreinigingen die zorgden voor verstoppingen, waren: oormerken van koeien, koeienharen, halsters, touw, kippeveren, plastic, blokjes hout en bezinksel van zeugenmest. Hooi, stro en kuilresten zijn meestal goed te verwerken. Belangrijk bleek dat de verdeler goed bij het filter-/snijstelsysteem moet passen. Een grof filter moet namelijk in combinatie met een snijdende verdeler worden gebruikt. Bij een fijn filter kan een niet of nauwelijks snijdende verdeler voldoen. De mesafstelling vraagt enige nauwkeurigheid en een ervaren chauffeur kan veel verstoppingen voorkomen.

Snijfilters zijn verder ontwikkeld waardoor pompen minder snel slijten. Een stenenvanger zonder filter voor de verdringerpomp wordt als minder goed ervaren. De grote capaciteit van de verdringerpomp sleept stenen en stukken metaal in de pomp, waardoor deze ernstig beschadigt raakt. In de loop der jaren zijn de mestputten 'schoner' geworden. Somers en Huijsmans (1995) toonden aan dat een filtersysteem de vulcapaciteit kan verlagen; dit speelt voornamelijk bij het gebruik van vacuümpompen bij het vullen. Hun onderzoek aan verschillende snijfilters geeft aan dat stro en kuilresten tamelijk goed worden versneden en plastic minder goed; stenen worden bij de snijfilters netjes in de opvangbak opgevangen of blijven in het gedeelte voor het roterende snijmes.

Meer recent heeft in Zwitserland een inventarisatie plaatsgevonden naar het voorkomen van verstoppingen van slangen aan een sleepslangenmachine (Sauter *et al.*, 2010). Uit deze inventarisatie bleek dat eventuele verstoppingen vooral voorkwamen bij toepassingen van rundermest en bij vacuümtanks. Nieuwe verdelertechnieken, het zorgen dat geen vreemde onderdelen in de mest terecht komen en de toepassing van goede filter- of snijmechanismen voorkomt veelal de verstoppingsproblemen bij de huidige technieken.

5. Discussie en ontwikkelingen

Verdeelnauwkeurigheid (discussie CZAV, DLV Plant en WUR-PRI)

Er zijn weinig recente gegevens beschikbaar over de verdeelnauwkeurigheid in de breedte- en lengte bij de huidige mesttoedieningstechnieken. Daarbij speelt ook vaak dat de metingen, als die al beschikbaar zijn, veelal afkomstig zijn van nieuwe apparatuur of van een test waarbij de resultaten alleen openbaar zijn als de betreffende machine goed functioneert. Zonder meetgegevens beschikbaar te hebben kan wel een beeld gevormd worden van factoren die van invloed zijn op de verdeelnauwkeurigheid. In het volgende worden de verschillende aspecten belicht.

Verstopingsproblemen, snijfilters en snijdende verdelers

In algemene zin kan gesteld worden dat snijfilters goed functioneren en daarmee bijdragen aan het voorkomen van verstoppingen. Indien een grof (snij)filter wordt toegepast dan heeft het zeker de voorkeur dat de verdeler ook voorzien is van een snijinrichting. Het toepassen van een automatische signalering van verstoppingen kan bijdragen om de verdeelnauwkeurigheid in het veld te verbeteren.

Werkbreedte en verdeling

De laatste jaren vindt een toename van de werkbreedte van machines plaats. Dit heeft de consequentie dat de mest over meer slangen verdeeld moet worden. Maar het kan ook betekenen dat de lengte van de verdeelslangen (te) groot wordt, waarbij een egale doorstroming belemmerd kan worden (door bijvoorbeeld knikken of doorhangen). Bij een onderlinge afstand van 20 cm tussen toedieningselementen betekent een werkbreedte van 12 m al dat de mest over 60 slangen verdeeld moet worden. Met grotere werkbreedten en verdeling is in het buitenland al wel ervaring bij toepassing van sleepslangenmachines (in Nederland niet toegelaten). De grotere werkbreedte heeft tot gevolg dat een keuze gemaakt moet worden uit het toe te passen aantal verdelers en daarmee samenhangend de lengte van de slangen (afstand van verdeler tot toedieningselement). Met meerdere verdelers kan de afstand tot de elementen beperkt blijven (kortere slangen) en mag verwacht worden dat door het minder aantal slangen de verdeling in de verdeler beter in te stellen is. Aan de andere kant als met meerdere verdelers gewerkt wordt, dan moet tevoren (vóór de verdelers) de meststroom al goed (evenredig) verdeeld worden over deze verdelers; een mindere verdeling hier betekend gelijk dat bijvoorbeeld de linker kant van de werkbreedte een andere dosering heeft dan de rechter helft.

Werkbreedte en dosering

Bij de dosering (verdeling in de lengte) is het van belang dat de rijsnelheid, werkbreedte en pompcapaciteit voor de gewenste dosering goed op elkaar afgestemd zijn. Doseringen in het werkgebied $15-40 \text{ m}^3\text{ha}^{-1}$ zijn veelal goed binnen het bereik van pomp, werkbreedte en rijsnelheid. De regeling van de pompcapaciteit kan bij verdringerpompen gedaan worden met het toerental van de pomp en bij toepassing van vacuüm of centrifugaalpompen door toepassing van kleppen en een bypass. Bij lagere doseringen moeten al voorzieningen getroffen worden om dit te bereiken. Daarbij speelt ook dat een (te) laag of (te) hoog pompdebiet weer invloed kan hebben op de werking van de verdeling in de werkbreedte.

Mesteigenschappen

De stroomeigenschappen van de verschillende mestsoorten kunnen aanzienlijk verschillen. Bij een verdelingsonderzoek aan machines wordt dan ook veelal mest toegepast en geen water. De stroomeigenschappen worden niet alleen beïnvloed door het drogestofgehalte van de mest, maar het soort drogestof speelt ook een belangrijke rol. Deze stroomeigenschappen kunnen van rechtstreekse invloed zijn op de breedte- en lengteverdeling van de machine als de pomp en verdeler(s) niet afgestemd zijn op de voorkomende mestsamenstellingen in de praktijk.

Machines in de praktijk

Bij een grootschalig aantal metingen in 2000 bleek dat er nauwelijks bemesters waren met een aanvaardbare breedteverdeling. Na aanpassing van de machines was het aanzienlijk verbeterd. Ook onlangs uitgevoerde metingen gaven aan dat voornamelijk bij grote werkbreedten de verdeling vaak niet goed is als met één verdeler wordt gewerkt. Dit zal in de praktijk ook vaak zo zijn, zodat voor een optimale mestbenutting extra aandacht voor metingen en verbetering van de praktijkmachines een belangrijk aandachtspunt vormt.

Precisie bemesten voor precisielandbouw

Voor het plaatsspecifiek bemesten met dierlijke mest als toepassing van precisielandbouw, dienen een aantal stappen doorlopen te worden. De precisieaspecten bij de toediening van dierlijke mest betreffen de plaatsing, dosering en timing van de mesttoediening. Timing en dosering kunnen plaatsvinden op basis van de gewas- of bodembehoefte. Deze behoefte kan opgesteld worden op basis van bemestingsadviezen en plaatsspecifieke meetgegevens aan gewas en bodem. Op basis van de plaatselijke behoefte kan de bemester aangestuurd worden om plaatsspecifiek te doseren.

Alvorens deze verschillende aspecten van precisiedosering te kunnen doorvoeren moeten eisen gesteld worden aan de apparatuur voor de mesttoediening:

- Breedte en lengteverdeling mesttoedieningsapparatuur,
- GPS sturing aansluitrijen en/of overlappen van mestbanen,
- Egale bemesting gehele perceel: variabele werkbreedte mesttoediening (evt. GPS gestuurd),
- Variabele dosering aan de hand van gewas- of bodembehoefte,
- Variabele dosering aan de hand van de gewas- of bodembehoefte bij variaties in de mestsamenstelling en sturing op N of P.

In eerste instantie is in deze rapportage aandacht besteed aan het eerste vereiste: de verdeelnauwkeurigheid over de werkbreedte van de toedieningsapparatuur en de lengteverdeling (accuratesse van de dosering over de lengte). Een tweede stap is de toepassing van GPS plaatsbepaling om de nauwkeurigheid van uitrijden (aansluitrijen en/of overlappen) te helpen ondersteunen. Als deze twee stappen goed uitgevoerd kunnen worden dan wordt een egale goede verdeling over een perceel gerealiseerd bij een vaste samenstelling van de uit te rijden dierlijke mest. Overigens is het bij deze egale verdeling nog van belang dat een variabele werkbreedte nog ingesteld moet worden (sectieafsluiting eventueel GPS aangestuurd); een variabele werkbreedte is voor mesttoedieningsapparatuur nog niet gangbaar.

De meeste onderzoeken laten zien dat de verdeling in de lengte goed is wat betekent dat uitstroom bij het uitrijden van een tank constant is of weinig variatie toont. Bij metingen wordt de lengteverdeling echter veelal bepaald bij een vastgesteld debiet van de uitstroom, dat ingesteld wordt bij een bepaalde overdruk of vast toerental van de mestpomp (stationaire opstellingen Hoofdstuk 2). Bij de huidige mesttoedieningsapparatuur wordt de dosering momenteel veelal automatisch geregeld aan de hand van rijsnelheid, werkbreedte en gewenste mestgift. De regeling wordt uitgevoerd door aanpassing van het toerental van de mestpomp of aansturing van kleppen aan de hand van een flowmeter. Over de nauwkeurigheid van deze regelingen is kwantitatief nog weinig bekend. Dit geldt ook voor de effecten van (GPS / automatische) afsluiting van secties/slangen om variabele werkbreedte bij gerende percelen mogelijk te maken.

Een volgende stap in de precisiebemesting is variabele dosering: plaatsspecifiek gestuurd op basis van gewas- of bodembehoefte. Moderne bemesters kunnen de uitgebrachte dosering (m^3/ha) aanpassen op basis van een vooraf bepaalde doseringskaart. Hiermee kan dus plaatsspecifiek bemest worden naar de behoefte van de bodem en daarop groeiende gewassen. Deze doseringskaart wordt ingelezen in een bedieningsterminal op de bemester en op basis van de GPS locatie in het perceel wordt de dosering desgewenst aangepast. Momenteel loopt onderzoek of de bemester de gewenste gift uit de doseringskaart ook werkelijk realiseert in het perceel (PPL project 'Precisietoediening van mineralen met dierlijke mest'). De resultaten van deze doseringstrappenproef vormen een basisgegeven voor het maken van plaatsspecifieke doseringskaarten voor dierlijke mest. Afhankelijk van de accuratesse van de bemester om een bepaalde gift te realiseren, moet de doseringskaart ook die overgangen in m^3/ha in zich hebben. Voor de nauwkeurigheid van de dosering (nauwkeurigheid gewenste lengteverdeling) is het van belang te weten hoe accuraat de dosering wordt geregeld en hoeveel tijd (en dus meters in het veld) het kost om een aangepaste dosering daadwerkelijk te realiseren.

In bovenstaande stappen van eisen aan precisiebemesting is uitgegaan van een vaste bekende samenstelling van de mest. De samenstelling van de mest kan echter variëren afhankelijk van de herkomst van de mest en of de mest goed gemixt is of blijft tijdens transport. De mestsamenstelling is vaak echter pas achteraf bekend en afkomstig van een mengmonster. Voor de precisiebemesting moet de samenstelling vooraf bekend zijn of moet ter plekke vast-

gesteld kunnen worden op de bemester of bij het vullen van de bemester. Online meetsysteem die de gehalten in dierlijke mest kunnen bepalen en aan de hand daarvan de dosering kunnen sturen zijn echter nog niet voorhanden. De nauwkeurigheid van een dergelijk online meetsysteem moet dan wel in relatie staan tot de precisie die bemesters in de praktijk kunnen realiseren.

Zowel bij de huidige automatische regelingen van een vaste dosering als bij een variabele dosering aan de hand van een doseringskaart zullen fluctuaties in de mestdoorstroming (flow) door de toedieningsmachine voorkomen. De consequenties hiervan op de verdeling in de werkbreedte van de machine zijn onbekend en verdienen nader onderzoek te worden. Als de effecten op de verdeling in de werkbreedte en lengterichting bekend zijn kan beoordeeld worden of de beoogde voordelen van precisiebemesten ook passen bij de variaties in bodem en gewastoeestand die ten grondslag liggen aan de doseringskaarten.

Keuring mesttoedieningsapparatuur op verdeelnauwkeurigheid

Tussen 1990 – 1993 is in een samenwerkingsverband tussen de Swedish National Machinery Testing Institute (NMTI) en het Swedish Institute of Agricultural Engineering (JTI), onderzoek en kennis opgedaan naar meetmethoden voor het certificeren van kunstmeststrooiers en toedieningsapparatuur voor dierlijke mest. Uitgangspunt voor het komen tot een certificeringssysteem was de zorg voor het milieu en het voorkomen van verspilling van natuurlijke meststoffen door de agrarische sector. De resultaten hebben als basis gediend voor het ontwikkelen van een Europese standaard voor een testmethode en eisen aan verspreiders voor vaste mest en vloeibare mest. Het werk heeft er toe geleid dat in 1999 de norm NEN-EN 13406 in werking is getreden voor het op eenzelfde wijze testen en keuren van bemesterapparatuur. In januari 2003 is deze norm opgevolgd door NEN-EN 13406:2003.

In Nederland bestaat geen verplichte typekeuring of periodieke keuring van apparatuur voor het uitrijden van vaste mest of drijfmest. Ook geldt er geen verplichting in het buitenland wanneer Nederlandse fabrikanten op de buitenlandse markt hun machines willen verkopen. Het uitgevoerde onderzoek naar de mestverdeling in Nederland, Zwitserland en België is veelal tijdelijk van aard geweest en uitgevoerd binnen onderzoekskaders om een beeld te vormen van de mestverdeling bij veelal nieuwe machines. In Duitsland worden nieuwe mestmachines nog op vrijwillige basis onderzocht om een DLG erkenning te krijgen.

In Nederland heeft in 2005 een werkgroep in opdracht van KIWA een keuringsprotocol ontwikkeld voor de certificering van aanwendapparatuur voor drijfmest. Deze werkgroep bestond uit vertegenwoordigers van SKL, fabrikanten, landbouwmecanisatiebedrijven, loonwerkers en vanuit het onderzoek Wageningen University & Research. Het uitgangspunt was dat de certificeringen van machines enerzijds een voldoende goede garantie geven van de verdeelnauwkeurigheid van de machines en anderzijds dat de certificeringen op een redelijk eenvoudige manier uit te voeren zijn. In dit kader is gekozen voor een typekeuring voor nieuwe machines en een periodieke keuring voor machines in gebruik. Het doorvoeren van deze keuringen en testen in de praktijk is echter nog niet tot stand gekomen.

Precisiebemesting met dierlijke mest

In de vorige alinea's zijn de verschillende aspecten om te komen tot precisiebemesting met dierlijke mest, besproken. Het succes van de precisiebemesting ligt in eerste instantie bij de verdeelnauwkeurigheid en hoe deze verdeelnauwkeurigheid reageert bij variabele dosering als gevolg van de toepassing van precisiebemesting. Om de verdeelnauwkeurigheid beter te garanderen zijn in het verleden initiatieven genomen om nieuwe en gebruikte mesttoedieningsapparatuur te certificeren. Bij gebruikte apparatuur zou dit een soort keuring kunnen zijn, zoals de periodieke keuring van landbouwspuiten, waarbij gebreken aan de machine geconstateerd en verholpen kunnen worden. Het is niet eenvoudig aan te geven hoe een dergelijke keuring tot stand gebracht kan worden. Dit kan op basis van vrijwilligheid, zodat een loonwerker kan aantonen dat hij eraan gewerkt heeft om een goede verdeelnauwkeurigheid na te streven maar het kan ook onderdeel zijn van een vereiste in de mestketen met name bij de mestafzet. Bij een gecertificeerde afzet richting de akkerbouw kan dan bijvoorbeeld de mestsamenstelling en goede mesttoediening gegarandeerd worden.

6. Conclusies en aanbevelingen

In het verleden zijn metingen uitgevoerd aan de nauwkeurigheid van de verdeling bij het uitrijden van mest. Deze onderzoeken geven aan dat de mestverdeling bij de huidige emissiearme technieken (injecteur, zodenbemester, sleepvoetenbemester) en bij toepassing van sleepslangenmachines goed is. De verdeling is veelal beter dan bij breedwerpige toediening waarbij zijwind en nauwkeurige overlapping van spreidpatronen van grote invloed op de verdeling kunnen zijn.

Verstoppen aan de uitlopen van de machines hebben een direct effect op de verdeelnauwkeurigheid. Het beeld is echter dat bij de huidige machines de mest verstoppingsproblemen goed voorkomen kunnen worden door snij- of filtersystemen bij het vullen, een snijdende verdeler en zorgvuldigheid door de veehouders in het voorkomen van onregelmatigheden in de mestopslag.

Verdelingsmetingen zijn vaak sporadisch uitgevoerd aan nieuwe machines en geven geen totaalbeeld van de nauwkeurigheid van de verdeling bij de huidige toegepaste nieuwe technieken en hoe de verdeling nu is bij de huidige praktijk van mesttoediening (machines in de praktijk). Om een beter beeld te krijgen van de mestverdeling in de praktijk zou hiervoor een meetprogramma of keuring opgezet moeten worden.

Bij de introductie van precisiebemesting met dierlijke mest (plaatsspecifiek doseren op bodem- of gewaskaarten) zal de accuratesse van de variabele dosering én de daarop reagerende mestverdeling over de werkbreedte nog nadere aandacht vragen. Dit zal met name ook aandacht vragen bij lage doseringen (m^3/ha) als gevolg van precisiebemesting en hogere mineralenconcentraties in de mest. Hierbij moet dan nog vastgesteld worden welke precisie noodzakelijk is om de opbrengsten te optimaliseren.

Literatuur

- Baumann, D.T. & P. de Visser, 1988.
 Standaardmeetsystemen onontbeerlijk voor evenwichtige mesttoepassing. Meststoffen 3, p 25-29.
- DLG, 2006.
 N-Düngung effizient gestalten. DLG Merkblatt 350, 59 pp.
- Frick, R. 1999.
 Verteilgeräte an Güllefässern- Grosse Unterschiede bezüglich Arbeitsbreite und Verteilgenauigkeit. FAT Tägikon, FAT Bericht Nr. 531.
- Hendriks, J.G.L. & J.F.M. Huijsmans, 1992a.
 Verdeelnauwkeurigheid mesttoediening bij ketsplaat en mestpendel. Landbouwmecanisatie 43 (3): p. 10-12.
- Hendriks, J.G.L. & J.F.M. Huijsmans, 1992b.
 Nauwkeurigheid breedteverdeling mesttoedieningstechnieken. Landbouwmecanisatie 43 (5): p. 14-16.
- Huijsmans, J.F.M. & J.G.L. Hendriks, 1992.
 Slurry Distribution of Spreaders and Injectors. Proceedings International Conference on Agricultural Engineering '92, Swedish Institute of Agricultural Engineering, Uppsala, Sweden, p. 622-623.
- Huijsmans, J.F.M., H.A.J. Porskamp & J.J. Lenenhan, 1997.
 Evenness of slurry distribution, Optimal Use of Animal Slurries for Input Reduction and Protection of the Environment in Sustainable Agricultural Systems, Wageningen, IMAG-DLO report 97-61, pp. 16.
- Huijsmans, J.F.M., H.A.J. Porskamp, J.J. Lenenhan & D. Keppel, 1998.
 Evaluation of the slurry distribution by a new slurry applicator. International Conference on Agricultural Engineering, Oslo, 24/28 August 1998, paper 98-C-051, Proceedings abstract p. 928-929.
- Huijsmans, J.F.M., 1998.
 Application techniques to evenly distribute slurry and to reduce ammonia losses on grassland. In: Mutsanaki (Ed.), Environmentally Friendly Management of Farm Animal Waste, Japan, pp 199-203.
- Janssens, B. & H. Cnockaert, 2004.
 Ontwikkeling van een meetprocedure, uitvoering en opstelling van een beoordelingsrichtlijn voor emissie-arme mengmestspreidingstechnieken deel II, 107 pp.
- Malgeryd, J. & C. Wetterberg, 1996.
 Physical Properties of Solid and Liquid Manures and their Effects on the Performance of Spreading Machines. Journal Agricultural Engineering Research 64, p 289 – 298.
- Pöllinger, A., 2008.
 Technische Herausforderungen und aktuelle Entwicklungen bei der Ausbringung von Wirtschaftsdüngern. Alpenländisches Expertenforum 12, 29-34.
- Sauter, J., D. Dux & H. Ammann, 2004.
 Verteilgenauigkeit von Schleppschlauchverteiler. FAT-Berichte. 617.
- Sauter, J., C. Moriz, S. Honegger, T. Anken & G. Albisser Vögeli, 2010.
 Schleppschlauch- und Breitverteiler im Vergleich : Den Vorteilen des Schleppschlauchverteilers stehen höhere Kosten gegenüber. ART-Berichte. 739.
- Somers, S.J.H.E. & J.F.M. Huijsmans, 1995.
 Mesttechniek, Goede ervaringen met mestsnij-filtersystemen. Landbouwmecanisatie 46 (8): p. 38-39.
- <http://www.aams.be/nederlands/product.asp?product=49>
- <http://www.dlg-test.de/pbdocs/5182F.pdf>
- <http://www.dlg.org/landtechnikarchiv.html>
- <http://www.lfl.bayern.de/>

