



PraktijkRapport Rundvee 72

# N-werking vaste rundermest



Juni 2005

**Rundvee**





## Colofon

### Uitgever

Animal Sciences Group / Praktijkonderzoek  
Postbus 65, 8200 AB Lelystad  
Telefoon 0320 - 238238  
Fax 0320 - 238050  
E-mail [info.po.asg@wur.nl](mailto:info.po.asg@wur.nl)  
Internet <http://www.asg.wur.nl/po>

### Redactie en fotografie

Praktijkonderzoek

### © Animal Sciences Group

Het is verboden zonder schriftelijke toestemming van de uitgever deze uitgave of delen van deze uitgave te kopiëren, te vermenigvuldigen, digitaal om te zetten of op een andere wijze beschikbaar te stellen.

### Aansprakelijkheid

Animal Sciences Group aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen

### Abstract

The figures of effectiveness of solid cattle manure were determined in the 1950s and 1960s. However, this effectiveness may have changed over the years, due to changes in breed and rations. A study at the Waiboerhoeve showed that the effectiveness of solid manure applied in spring was 13 to 15% in the first cut, which means an arithmetic effectiveness of 1-11% in the remaining growing season.

### Keywords:

solid manure, nitrogen effectiveness, production of dry matter, grassland

### Referaat

ISSN 1570-8616

Holshof, G. (Praktijkonderzoek)  
Stikstofwerking vaste rundermest  
PraktijkRapport Rundvee 72  
27 pagina's, 2 figuren, 13 tabellen

De werkingscijfers voor vaste rundermest zijn bepaald in de jaren '50 en '60. Mogelijk is door de jaren een verandering in werking ontstaan door o.a. ras- en rantsoenwijzigingen. Uit een onderzoek op de Waiboerhoeve bleek de werking van vaste mest toegediend in het voorjaar 13-15% te bedragen in de eerste snede. Dit betekent een rekenkundige werking van 1-11% in de rest van het groeiseizoen.

### Trefwoorden:

vaste mest, stikstofwerking, droge stofopbrengst, grasland werkingscoëfficiënt



PraktijkRapport Rundvee 72

## N-werking vaste rundermest

# The effectiveness of nitrogen of solid cattle manure

Gertjan Holshof

Juni 2005

## Voorwoord

Kostprijsbeheersing is een belangrijk (onderzoeks)thema voor de rundveehouderij. In de onderzoeksvisie 2003/2006 van het Productschap Zuivel (PZ) krijgt dit thema hoge prioriteit. Een meerjarig onderzoek naar verlaging van de kostprijs, gefinancierd door PZ, loopt op het Lagekostenbedrijf op de Waiboerhoeve. Een deel van de strategie voor een lage kostprijs op dit bedrijfssysteem, was het scheiden van mest in een vaste en vloeibare fractie. Om te beoordelen in hoeverre mestscheiding en toedienen van vaste mest leidt tot verlaging van de kostprijs van melk, is vanaf 1999 een pilot gestart om de werking van de vaste fractie in beeld te krijgen. Bovendien dateren conclusies over werking van vaste mest uit de jaren 50, zodat een update met recente gegevens bij veranderende omstandigheden zeer zinvol lijkt.

In samenwerking met een aantal stagiaires, hebben Bram Wouters en Gertjan Holshof gedurende de jaren 1999 t/m 2003 veel onderzoek gedaan naar de werking van de vaste mest. In 2002 heeft Henk Andela in het kader van zijn stageopdracht een eerste aanzet gegeven. In 2003 is door student Stephan de Pater een detailproef met vaste mest uitgewerkt. De onderzoeksresultaten van de afzonderlijke jaren gaven de mogelijkheid om een goed onderbouwde uitspraak te doen over de werking van vaste mest anno 2004. Met de gegevens van de afzonderlijke jaren heeft Gertjan Holshof in 2004 een totaal analyse uitgevoerd en in dit rapport weergegeven.

Ik hoop dat de resultaten van dit onderzoek extra inzicht geven bij het toepassen van vaste mest op gronden van melkveebedrijven.

M.H.A. de Haan  
Projectleider Lagekostenbedrijf

## Samenvatting

In de periode 1999 t/m 2003 is de stikstof (N)werking van op het Lagekostenbedrijf geproduceerde stalmest onderzocht. Het Lagekostenbedrijf is een melkveeproefbedrijf op de Waiboerhoeve (Oostelijk Flevoland) met als hoofddoelstelling een kostprijs van maximaal € 34,- per 100 kg melk.

Het gebruik van stalmest was op het Lagekostenbedrijf geïntroduceerd, omdat we verwachtten door gescheiden mestbewaring (vast en vloeibaar deel) twee mestcomponenten te krijgen met of een hoogfosfaat ( P) (vaste mest) of een hoog N-gehalte (urine). Deze mestcomponenten konden op bedrijfsniveau daar worden ingezet waar de meeste behoefte bestond.

De N-werking van vaste mest is met name in de jaren ' 50 en '60 van de vorige eeuw onderzocht. Vraag was, of de toen bepaalde werking ook in de 21-ste eeuw nog geldig is. Een verandering van de N-werking kan ontstaan door wijziging van de rantsoensamenstelling, de dieren van een ander ras zijn (FH naar HF) dan wel de genetische aanleg is veranderd en door wijziging van de mestsamenstelling.

De proef is in eerste instantie slechts beperkt opgezet, om een indicatie te krijgen van de N-werking, specifiek op het Lagekostenbedrijf. Op basis van het verzamelde proefmateriaal in genoemde jaren, was het mogelijk een uitvoerige analyse uit te voeren en een N-werkingscoëfficiënt van vaste mest, toegediend in het voorjaar, voor de eerste snede te berekenen. Deze berekende N-werkingscoëfficiënt is in eerste instantie geldig voor jonge zeelei, omdat de proef alleen op deze grondsoort is uitgevoerd.

In 1999 en 2000 is één gift vaste mest vergeleken met één kunstmestgift. In 2001 en 2002 is de proef uitgebreid met meerdere giften, om op deze wijze een responscurve te bepalen. In 2003 tenslotte is de proef nog verder uitgebreid en is ook na de tweede snede vaste mest toegediend, om de werking later in het seizoen te kunnen bepalen.

Door de droogte in 2003 was de werking van later toegediende mest echter niet betrouwbaar te bepalen.

De werkingscoëfficiënt op basis van N-opbrengst is geschat op ruim 13% in de eerste snede en op basis van ds-opbrengst 15%.

Uit eerdere proeven bleek een werkingscoëfficiënt op jaarbasis van 15-25%. Indien 14% al in de eerste snede werkt, kan dit (rekenkundig) betekenen dat 1 tot 11% in de rest van het seizoen werkt.

Op basis van de bepalingen op het Lagekostenbedrijf lijkt de N-werking van vaste mest nog steeds goed overeen te komen met de bepaalde werking uit de vijftiger jaren en er is dus geen reden om de werkingscoëfficiënt op jaarbasis bij te stellen. Omdat geen aanpassing nodig lijkt en in het verleden deze werking voor alle grondsoorten is verondersteld, kunnen we ook aannemen dat de 13-15% werking in de eerste snede ook voor alle grondsoorten geldt.

## Summary

In the period of 1999 up to and including 2003 the nitrogen (N) effectiveness of manure produced on the Low-cost farm was studied. The Low-cost farm is an experimental dairy farm at the Waiboerhoeve (Lelystad), the main objective being to realise a cost price of € 34/100 kg of milk at maximum.

The use of stable manure was introduced on the Low-cost farm, because it was expected that by separated manure storage (solid and liquid parts) two manure components would be realised with either a high phosphate content (P) [solid manure] or a high N-content [urine]. These manure components could be applied there where it was most needed.

During the 1950s and 1960s particularly, the N-effectiveness of solid manure was studied. The question was whether the effectiveness determined at the time still applies today. A change in N-effectiveness can result from a change in the composition of the ration, different breed (FH to HF) or the genetic predisposition has changed, and from a change in the composition of manure.

The experiment was initially only limited in nature in order to get an indication of the N-effectiveness, particularly on the Low-cost farm. On the basis of the test material collected over the years mentioned above, it was possible to carry out an extensive analysis and calculate an N-effectiveness coefficient of solid manure, applied in spring, for the first cut. This computed N-effectiveness coefficient initially applies to young sea clay, since the experiment was carried out on only this type of soil.

In 1999 and 2000, one dose of solid manure was compared with one dose of artificial fertiliser. In 2001 and 2002 the experiment was expanded to more doses in order to be able to define a response curve. In 2003 the experiment was further expanded and solid manure was also applied after the second cut, to be able to determine the effectiveness later in the season.

Due to the drought in 2003, the effectiveness of manure applied later could, however, not reliably been determined.

The effectiveness coefficient on the basis of N-production was estimated at over 13% in the first cut and on the basis of dry matter production at 15%.

Earlier studies showed an effectiveness of 15-25% on an annual basis. If 14% is already effective in the first cut, this can mean (arithmetically) that 1 to 11 % is effective in the rest of the season.

On the basis of the determination on the Low-cost farm, the N-effectiveness seems to agree with the effectiveness determined in the 1950s. Thus, there is no reason to adjust the effectiveness coefficient on an annual basis. Because adjustment does not seem necessary and because this effectiveness was assumed in the past for all types of soil, we can also assume that the 13-15% effectiveness in the first cut also applies to all types of soil.

# Inhoudsopgave

Voorwoord

Samenvatting

Summary

<b>1</b>	<b>Inleiding</b> .....	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Materiaal en methode</b> .....	<b>2</b>
2.1	Proefopzet 1999-2000.....	2
2.2	Proefopzet in 2001 .....	3
2.3	Proefopzet in 2002.....	3
2.4	Proefopzet in 2003.....	3
2.5	Statistische analyse .....	4
2.6	Berekening N-werking.....	5
<b>3</b>	<b>Resultaten</b> .....	<b>6</b>
3.1	Proefjaren 1999 en 2000 .....	6
3.2	Proefjaren 2001 en 2002 .....	7
3.3	Proefjaar 2003 .....	10
3.4	Overall analyse .....	12
<b>4</b>	<b>Discussie</b> .....	<b>15</b>
<b>5</b>	<b>Conclusies</b> .....	<b>17</b>
	<b>Praktijktoepassing</b> .....	<b>18</b>
	<b>Bijlagen</b> .....	<b>19</b>
	Bijlage 1 .....	19
	<b>Literatuur</b> .....	<b>20</b>

## 1 Inleiding

Vaste mest is een mengsel van faeces met stro. Het gebruik van vaste mest was in de jaren '50 en '60 van de vorige eeuw vrij algemeen. De koeien werden meestal aangebonden gehouden op een grupstal en stonden op/in stro. Dit stro werd gemengd met de vaste fractie van de mest en buiten op een mestplaat of mestvaalt opgeslagen. De dunne fractie (urine) werd apart opgeslagen en uitgereden als gier. Het werkingscijfer voor de component stikstof voor vaste mest stamt ook uit die tijd. Kolenbrander (1967), La Lande-Cremer (1953, 1967) en Sluijsmans (1976) hebben in de jaren '50 en '60 onderzoek gedaan naar de (N-)werking van vaste mest. Volgens dit onderzoek werkt op jaarbasis 15-25% de N in vaste mest.

Vanaf de jaren '60 kwam een nieuwe huisvestingsvorm in opgang: de ligboxenstal. In dit stalsysteem lopen de koeien vrij rond en wordt de vaste en vloeibare mestfractie niet meer gescheiden opgevangen, maar verzameld in een mestkelder en later al dan niet overgepompt in een externe opslag. Deze mestsoort wordt verder aangeduid met drijfmest. De N-werking van drijfmest is in het algemeen beter dan die van vaste mest. Bovendien kan drijfmest in de grond worden ingebracht, hetgeen de N-verliezen terugdringt en dus ook zal leiden tot een betere werking.

Door de huidige toename van de biologische veehouderij en de (her)opkomst van andere huisvestingsvormen (potstal) neemt de productie van vaste mest weer wat toe. In 1997 is het gebruik van vaste mest geïntroduceerd op het Lage kostenbedrijf op de Waiboerhoeve. Achtergrond van deze introductie was mestscheiding met als gevolg een mogelijk betere benutting van stikstof en fosfaat dan met drijfmest. Door de mest te scheiden in een vloeibare en vaste fractie, wordt tevens de stikstof en fosfaat gescheiden. De vaste fractie bevat relatief veel fosfaat en de stikstof in deze fractie is organisch gebonden. In de gier zit weinig fosfaat en veel minerale stikstof. Door deze twee componenten in te zetten waar nodig (fosfaat in het voorjaar, met name op fosfaatbehoefte percelen en gier gedurende het groeiseizoen) zou een betere benutting van mineralen kunnen plaatsvinden. De technische- en economische ervaringen met vaste mest op het Lagekostenbedrijf zijn beschreven door de Haan et. al. (2003).

Vanaf 1999 zijn op het Lagekostenbedrijf proeven gedaan om inzicht te verkrijgen in de (N-)werking van de vaste mest van dit bedrijf. Mogelijk wijkt de werking af, van de vroeger vastgestelde werkingscoëfficiënten, omdat de voeding veranderd is ten opzichte van de jaren 50 (eiwitrijkere rantsoenen), maar ook het grassenbestand en de mechanisatie. Deze factoren zouden samen kunnen leiden tot een wat betere werking.

Doel van deze studie is om te bekijken of de N-werking van vaste mest in de 21-ste eeuw anders is dan zoals die bepaald is in de jaren 60 en 70 van de 20-ste eeuw.

Onder N-werking wordt verstaan: welk percentage van de met vaste mest toegediende N werkt als kunstmest-N

De eerste proefjaren hadden een wat oriënterend karakter. In 2003 is een detailproef aangelegd. Toch kunnen alle proeven in één analyse worden meegenomen. In dit rapport worden alle proeven van de jaren 1999 t/m 2003 beschreven. De resultaten worden vergeleken met de werkingscoëfficiënt, zoals deze in het verleden is vastgesteld.

In hoofdstuk 2 wordt het gebruikte materiaal en de methode beschreven, hoofdstuk drie geeft de resultaten van de afzonderlijke proefjaren en de overall analyse weer. In hoofdstuk 4 worden de resultaten bediscussieerd en hoofdstuk 5 en 6 gaan in op de conclusies en de vertaling naar de praktijk.



## 2 Materiaal en methode

De N-werking van vaste mest is bekeken in de jaren 1999-2003 op het Lage kostenbedrijf (Lagekostenbedrijf) op de Waiboerhoeve. De mest is uitgereden op grasland. De in dit rapport genoemde cijfers gelden in principe dan ook alleen voor grasland op jonge zeeklei, maar mogelijk geeft de uitslag aanleiding om de resultaten ook door te trekken naar andere grondsoorten. Naast de N-werking is ook gekeken naar de effecten van bedekking door mest op de groei en de graskwaliteit. De resultaten van deze onderzoeken zijn beschreven in Praktijkrapport nr. 29 (de Haan et al, 2003).

Omdat de opzet niet in alle proefjaren gelijk was, wordt de methode per (afwijkende) proefperiode besproken. Per proef zal de opzet van de bespreking gelijk zijn. Eerst wordt een overzicht gegeven van het perceel (of percelen) en de gebruikte mest. Daarna zal worden aangegeven hoe en wanneer geoogst is.

### 2.1 Proefopzet 1999-2000

In de jaren 1999 en 2000 is de proef aangelegd op een tweetal praktijkpercelen van het Lagekostenbedrijf. Op de percelen 10 en 19 zijn per perceel 20 waarnemingsstroken aangelegd. Op 10 stroken is vaste mest uitgereden en op 10 stroken niet. De wel/niet stroken zijn paarsgewijs aangelegd en de paren zijn over het gehele praktijkperceel geloot. De oppervlakte per strook was 10 x 3 meter (bemeste strook met vaste mest+kunstmest) en 10 x 4 meter (bemeste strook met alleen kunstmest).

De mest is uitgereden met een "praktijk" mestverspreider. Dit was een moderne mestverspreider met strooiwalsen (verkleinend effect op de strodelen) en twee horizontale draaischijven. Bij het uitrijden is eerst midden over de stroken gereden. Daarna is op een afstand van 10 meter aan weerszijden van de stroken nog een baan uitgereden.

Tijdens het uitrijden van de mest zijn de "onbemeste" stroken tijdelijk afgedekt met landbouwplastic, om te voorkomen dat hier vaste mest op terecht zou komen. Na het verspreiden van de mest is dit plastic (inclusief de mest) direct verwijderd.

Omdat is aangesloten bij de praktijksituatie op het bedrijf is de variatie van de mesthoeveelheid gekoppeld aan het perceel. De planning was om op perceel 10 10 ton mest uit te rijden en op perceel 19 20 ton. De exacte hoeveelheid is vastgesteld door de wagens voor en na uitrijden te wegen op de weegbrug. Na elke 4<sup>e</sup> vracht is uit de wagen een mestmonster gestoken. Van deze monsters is een verzamel mengmonster gemaakt en geanalyseerd.

De resultaten van de analyse van het gemengde mestmonster zijn weergegeven in Tabel 1.

**Tabel 1** Chemische samenstelling gebruikte vaste mest in 1999 en 2000

Jaar/perc	Ds	Ras	Org stof	N-min	N-org	N-tot	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
1999/10	170	50	121	1,0	4,2	5,2	3,5	3,3
1999/19	180	61	119	1,3	4,3	5,6	3,5	5,4
2000	193	38	155	0,9	4,4	5,3	3,1	4,6

Omdat de vaste mest met name voor de fosfaatvoorziening zou dienen, is de proef in het voorjaar aangelegd (overeenkomstig het praktijkgebruik van vaste mest op het Lagekostenbedrijf). Zodra de bodemgesteldheid het toeliet is de vaste mest toegediend. Dit betekent dat op perceel 10 de mest op 8 maart is uitgereden en op perceel 19 op 9 maart. In 2000 is de mest op beide percelen op 17 maart uitgereden.

De eerste snede op de gekozen percelen was bestemd voor voederwinning en daar ook naar bemest. Derhalve hebben beide percelen een aanvullende kunstmestgift gehad met KAS-27 (27% stikstof). De geplande gift was 100 kg zuivere N (de werkelijk gegeven hoeveelheid wordt weergegeven bij de resultaten).

De kunstmest is volvelds gegeven met de praktijkstrooier. Aanvullend is 70 kg fosfaat en 70 kg kali per hectare toegediend, om P en K tekorten te voorkomen. Ook de onbemeste stroken zijn met kunstmest bemest.

Voordat het perceel werd gemaaid voor de (praktijk)voederwinning zijn de aangelegde stroken uitgemaaid met de Haldrup proefveldmaaiër, ter bepaling van de droge stofopbrengst. Uit iedere strook is een sub-strook van 1.50 x ca. 7.50 meter uitgemaaid. De verse hoeveelheid is gewogen en per strook is een gewasmonster gestoken ter bepaling van het droge stofgehalte. Tevens is een verzamel mengmonster gemaakt van zowel de bemeste als onbemeste stroken. Deze verzamelmonsters zijn geanalyseerd op ds, zand, re, rc en ras en de voederwaarde (VEM en DVE) is berekend.

## 2.2 Proefopzet in 2001

In 2001 is de proefopzet enigszins gewijzigd ten opzichte van 1999/2000. Naast de behandelingen vaste mest + kunstmest en alleen vaste mest (behandelingen 1999/2000) zijn in 2001 een aantal objecten toegevoegd, namelijk een geheel onbemest object, een object alleen bemest met vaste mest en bij twee andere objecten met vaste mest zijn 2 N-niveau's uit kunstmest aangelegd.

De hoeveelheid vaste mest is beperkt tot 1 niveau.

Totale overzicht van de behandelingen in 2001:

1. M1: Geen vaste mest- geen kunstmest
2. M2: Vaste mest (ca 15-20 ton/ha) – geen kunstmest
3. M3: Geen vaste mest- 20 kg N/ha uit kunstmest
4. M4: Geen vaste mest- kunstmest N volgens praktijkniveau (100 kg N/ha)
5. M5: Vaste mest (15-20 ton/ha)- kunstmest N volgens praktijkniveau (100 kg N/ha)

De proef is aangelegd op twee percelen van het Lagekostenbedrijf, namelijk op de percelen 8 en 19. De percelen zijn gekozen op basis van het lage aandeel klaver (<3%), om de werking van de mest niet te laten vertroebelen door de (N binding van) de klaver.

Op het perceel wordt op 5 willekeurige plaatsen een grote strook aangelegd, waarbinnen de 5 behandelingen worden geloot. De uitvoering vindt op dezelfde wijze plaats als in 1999/2000 (zie paragraaf 2. 1). De grote (bruto)stroken zijn 15 x 10 meter, de behandelingen 10 x 3 meter.

De gestoken grasmonsters zijn in 2001 naast de standaard chemische analyse ook gecontroleerd op mestresten. De monsters zijn met de hand uitgezocht en gescheiden in een deel gras+kruiden en een deel mest(delen). Op deze wijze kan inzicht worden verkregen op de vertering van de vaste mest. Daarnaast kan onderscheiden worden welk deel van een kwaliteitsverschil tussen objecten met vaste mest en de overige objecten veroorzaakt wordt door mestresten.

Op de vaste mest objecten M2 en M5 wordt 15 à 20 ton mest uitgereden. Object M3 krijgt 20 kg N/ha toegediend en M4 100 kg N.

Aan object M5 wordt naast de vaste mest ook 100N uit kunstmest gegeven.

In tegenstelling tot voorgaande jaren is de kunstmest nu met de proefveld kunstmeststrooier toegediend, om de ingestelde hoeveelheid exacter te kunnen toedienen.

De kwaliteit van de gebruikte vaste mest in 2001 is weergegeven in tabel 2.

**Tabel 2** Chemische samenstelling vaste mest in 2001

Ds	Ras	Org stof	N-min	N-org	N-tot	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
182	41	140	0,85	4,55	5,4	3,3	5,0

## 2.3 Proefopzet in 2002

Op zich is de proefopzet niet gewijzigd ten opzichte van de opzet in 2001. Echter op basis van enkele ervaringen in voorgaande jaren is de opzet wat aangescherpt. Omdat wegen van vrachten op de weegbrug redelijk grof is, is gezocht naar een methode om naast het voor- en nawegen van de mestverspreider nog extra informatie te verkrijgen. Daarom is de mest die is opgevangen op de met plastic afgedekte objecten per "afdekking" nauwkeurig gemeten. Deze gegevens zijn vergeleken met de gegevens van het wegen om eventueel een correctie toe te passen (zie resultaten).

De proef is in 2001 uitgevoerd op percelen 8 en 16 van het Lagekostenbedrijf. De behandelingen zijn gelijk aan die van 2001. Het resultaat van de mestanalyse is weergegeven in Tabel 3.

**Tabel 3** Chemische samenstelling vaste mest in 2002

Jaar/perc	Ds	Ras	Org stof	N-min	N-org	N-tot	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
2002/8	191	32	159	0,7	4,4	5.1	3,6	4,1
2002/16	192	34	158	0,8	4,4	5.2	3,3	4,7

## 2.4 Proefopzet in 2003

De proefopzet is in 2003 duidelijk gewijzigd ten opzichte van voorgaande jaren. In de loop van 2003 is de uitvoering van de stal van het Lagekostenbedrijf volledig aangepast.

Het systeem met vaste mest is vervangen door een systeem met drijfmest. In het voorjaar van 2003 was echter nog vaste mest aanwezig van het stalseizoen 2002/2003. Met deze mest is in 2003 een detailproef uitgevoerd. In tegenstelling tot voorgaande proefjaren is de werking van vaste mest nu op twee momenten bepaald: vaste mest toegediend in het voorjaar en vaste mest toegediend in juni (na de tweede snede). Op deze wijze kan ook de werking van vaste mest die tijdens het groeiseizoen (na de eerste snede) is toegediend bepaald worden.

Om een opname responscurve te krijgen is voor 3 niveaus van toediening van mest gekozen, naast een volledig onbemest object. Er is geen combinatiebemesting van vaste- en kunstmest toegepast.

Er zijn twee oogststadia aangelegd: oogsten bij ongeveer een weidesnede (2000 kg ds/ha) en oogsten bij een maaisnede (ca. 4000 kg ds/ha). Het oogstmoment is ingeschat op basis van een visuele schatting van de opbrengst op het kunstmestobject MK60.

De proef is aangelegd in drievoud. De hoofdbehandelingen zijn:

- toedieningsmoment mest: voorjaar en na tweede snede (T1, T2)
- oogststadium: 2000 en 4000 kg ds/ha (weidestadium; code W, maaistadium; code M)
- mestsoort: geen, vaste mest, kunstmest (0, VM, KM)
- niveau van toediening: 3 (30,60,90; kg N uit kunstmest)

De hoeveelheid toegediende N (totaal) is gebaseerd op een gemiddeld N-gehalte en een praktisch toepasbare hoeveelheid vaste mest. Op basis van deze gegevens is gekozen voor de N-niveaus 30, 60 en 90 kg N per hectare. De codering voor de objecten is:

Vaste mest: VM30, VM60 en VM 90

Kunstmest: KM30, KM60, KM90

Nulobject: N0

Om de mestsamenstelling te bepalen is per toedieningstijdstip een monster verzameld, door uit elke bak een boormonster te nemen en uit dit grote verzamelmonster een submonster te trekken.

De chemische samenstelling van de in 2003 gebruikte vaste mest is weergegeven in tabel 4.

**Tabel 4** Chemische samenstelling gebruikte mest in 2003

Bemesting-Tijdstip	Ds	Ras	Org. stof	N-min	N-org	N-tot	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Voorjaar	197	34	163	0,6	4,1	4,7	2,9	4,4
Na snede 2	211	63	148	0,05	5,2	5,3	3,9	6,4

De vaste mest is per object afgewogen en met de hand/vork nauwkeurig toegediend. Alle kunstmest is gegeven met de proefveld kunstmeststrooier. Uit praktische overweging is het proefveld verdeeld in 2 lange stroken. Op één strook zijn alle W-objecten aangelegd, op de andere strook de M-objecten (split-plot). Een plattegrond van het gehele proefveld is weergegeven in bijlage 1.

De proefvelden zijn per oogststadium gelijktijdig geoogst met de Haldrup proefveldmaaier. Uit de bruto veldjes is een netto strook gemaaid van 1.50 meter (breedte maaibek van de Haldrup) x circa 7 meter. De opbrengsten zijn gewogen en bemonsterd. Van de individuele grasmonsters is het ds gehalte en het gehalte N-totaal bepaald.

Op de T1 objecten is na de oogst geen kunstmest meer gestrooid. De vervolgsnede groeide dus volledig op de stikstof die vóór de eerste snede gegeven is.

Voordat op de T2 objecten de proefbehandeling is aangelegd, zijn deze velden 2x geoogst bij een lichte snede en een N-bemesting van 25 kg N/ ha (uit KAS).

Ook nadat de derde snede van de T2 objecten gemaaid is, is geen (kunst)mest meer gegeven. Op deze wijze kon de nawerking in de vervolgsneden gemeten worden.

## 2.5 Statistische analyse

In eerste instantie is per jaar een Anova uitgevoerd om verschillen tussen kunstmest en vaste mest objecten te kunnen onderscheiden. De analyse is uitgevoerd voor droge stof- en N-opbrengst.

In 1999 en 2000 is de blokstructuur binnen de Anova:

Jaar/perceel/blok/veld.

Op basis van deze analyse is gekeken of de opbrengstverschillen van zowel droge stof als N tussen de verschillende objecten (vaste mest versus kunstmest en eventueel de gegeven hoeveelheid) significant van elkaar verschillen.

Omdat de opzit in 2003 duidelijk afweek van de eerdere jaren is ook de blokstructuur voor de ANOVA aangepast.

Voor 2003 is de blokstructuur: perceel.blok/veld.

Daarna is een regressie-analyse uitgevoerd over alle jaren. Op basis van de verschillende N giften is een zgn. stikstofrespons curve gefit voor zowel de N-opbrengst als de droge stofopbrengst. Deze N-responscurve geeft een schatting van de (N, ds)opbrengst bij een oplopende kunstmest-N gift. Naast deze (kunstmest) N-respons curve is deze curve ook geschat voor de opbrengst bij een gecombineerde bemesting van kunstmest en stalmest. Met behulp van deze curven is de N werking (van vaste mest) uit te rekenen (zie volgende paragraaf).

## 2.6 Berekening N-werking

De N-werking van mest is het totaal effect van de N uit mest op de grasopbrengst of N -opbrengst en de eventuele opbrengstderiving die is ontstaan als gevolg van bedekking en/of verbranding van het gras. In dit onderzoek zal de N-werking worden afgeleid uit het mogelijk verschil in opbrengst dat zal ontstaan tussen de stroken met en zonder vaste mest.

Mogelijke uitkomsten van het onderzoek zijn:

- Opbrengst op bemeste stroken lager dan onbemeste stroken: de N-werking is negatief: de eventuele schade als gevolg van bedekking is groter dan het positieve effect van de werkzame N;
- Opbrengst op bemeste stroken is gelijk aan die op onbemeste stroken: de N-werking is gelijk: de eventuele schade als gevolg van bedekking is gelijk aan het positieve effect van de werkzame N of er is totaal geen effect van N en bedekking;
- Opbrengst op bemeste stroken is hoger dan op de onbemeste stroken: de N-werking is positief: eventuele schade als gevolg van bedekking is minder dan het positieve effect van de werkzame N.

De “werkelijke” N-werking van vaste mest wordt vergeleken met de werking van kunstmest-N conform de aanpak bij de berekening van de N werking van alle dierlijke meststoffen (commissie bemesting grasland en voedergewassen; 2003).

De N-werking wordt bepaald door middel van een N-responscurve. Voor oplopende kunstmestgiften wordt een curve geschat en voor de combinatie kunstmest+veste mest wordt een tweede curve geschat. Bij een gekozen droge stofopbrengst wordt vervolgens gekeken hoeveel kunstmest en hoeveel kunstmest+veste mest nodig is geweest om deze opbrengst te realiseren.

Tussen beide bemestingen zal een verschil in benodigde kunstmest optreden. Dit verschil is de hoeveelheid kunstmest die “bespaard” is door het gebruik van de vaste mest. Door deze besparing te delen door de totale hoeveelheid N toegediend met de vaste mest, wordt de werkingscoëfficiënt van de vaste mest bepaald.

### 3 Resultaten

De resultaten zullen eerst per proef beschreven worden. Hierbij wordt een vaste indeling aangehouden. Eerst een korte beschrijving van het weer, vervolgens de werkelijk gegeven hoeveelheid mest/N en de maaidata en droge stofopbrengsten, N-opbrengsten. Voor zover bekend wordt een overzicht gegeven van de chemische samenstelling. In paragraaf 3.5 zal de overall analyse en de berekening van de N-werking worden weergegeven.

#### 3.1 Proefjaren 1999 en 2000

##### Weer in 1999 en 2000

In het algemeen was de winter van december 1998 t/m februari 1999 zacht, nat en zonnig. In februari was sprake van een korte vorstperiode. Dit gaf echter onvoldoende draagkracht om mest uit te rijden. Daarom is de mest pas in maart uitgereden.

Maart, april en mei 1999 (voorjaar 1999) waren zeer zacht en zeer zonnig. De hoeveelheid neerslag kwam ongeveer overeen met het dertigjarig gemiddelde (= 193 mm). Maart was van deze drie maanden de natste maand. Op zich was het voorjaarsweer erg groeizaam. Nadeel was de late mogelijkheid om de mest uit te rijden.

De winter van 2000 was nog iets extremer dan die van 1999; zeer zacht, zeer zonnig en zeer nat. De gemiddelde etmaaltemperatuur bedroeg 5°C (normaal 2.6°C), het aantal zonne-uren was 216 (normaal 158) en de totale neerslag over de maanden december 1999 t/m februari 2000 was 289 mm (normaal 193 mm). Er was nauwelijks sprake van vorst en een koude periode duurde dan ook maar kort (1 à 2 dagen).

Ook in 2000 kon de mest pas in de loop van maart worden uitgereden.

Het voorjaar van 2000 (maart t/m mei) volgde de ingezette wintertrend: uitzonderlijk zacht (10.5°C tegen 8.4°C normaal) en nat (199 mm tegen 167 mm normaal). Het aantal zonne-uren was gemiddeld. Opvallend was het aantal warme en zomerse dagen: 15 warme dagen (>20°C) en zelfs 12 zomerse dagen (>25°C). Al met al was het voorjaar van 2000 zeer groeizaam.

Noch in de winter van 1999 noch in de winter van 2000 is gras uitgewinterd.

##### Bemesting in 1999 en 2000

Bij de start van het Lagekostenbedrijf in 1997 zijn van alle percelen grondmonsters genomen en vervolgens zijn om de twee jaar grondmonsters genomen. Deze monsters zijn echter maar op een beperkt aantal onderdelen geanalyseerd: P-AI, K-getal en N-totaal. Met behulp van dit laatste gegeven is de stikstoflevering berekend. Op basis van de monsters genomen in januari 1999 kan het proefveld in 1999 en 2000 als volgt worden gekarakteriseerd:

**Tabel 5** Analyseresultaten bodemmonster (0-5 cm; NLV 0-20 cm) januari 1999

Jaar	Perceel	P-AI	K-getal	NLV
1999/2000	10	63	74	119
1999/2000	19	46	89	111

Uit tabel 5 blijkt dat met name de K getallen erg hoog zijn, hetgeen te verwachten is op relatief jonge zeeklei. Alhoewel er geen organische stofbepaling is uitgevoerd, blijkt uit het N-leverend vermogen (NLV) dat dit gehalte relatief laag is. De P-AI getallen liggen op beide gebruikte percelen nog op ruim voldoende.

Toch heeft op beide percelen een overmaat aan P- en K bemesting plaatsgevonden, om een eventueel tekort te voorkomen (zie hoofdstuk 2, materiaal en methode; 70 kg kali en 70 kg fosfaat). De werkelijk gegeven hoeveelheid was overeenkomstig de geplande hoeveelheid.

De geplande en de werkelijk gegeven stikstof is weergegeven in tabel 6.

**Tabel 6** Geplande en gegeven stikstof in 1999 en 2000

Jaar	Perceel	Datum gift	Gift gepland Kg N of ton	Ton gegeven	Kg N Kunstmest of VM	Kg N totaal
1999	10 kunstmest	9 maart	100 - 0	0	104 - 0	104
1999	10 vaste mest	8 maart	100 - 10	11,7	104 - 61	165
1999	19 kunstmest	9 maart	100 - 0	0	111 - 0	111
1999	19 vaste mest	9 maart	100 - 20	21,3	111 - 119	230
2000	10 kunstmest	17 maart	100 - 0	0	99 - 0	99
2000	10 vaste mest	17 maart	100 - 10	8,9	99 - 47	146
2000	19 kunstmest	17 maart	100 - 0	0	104 - 0	104
2000	19 vaste mest	17 maart	100 - 20	16,2	104 - 86	190

Uit tabel 6 blijkt dat het redelijk moeilijk is om met een praktijk mestverspreider een geplande gift nauwkeurig toe te dienen. Met name in 2000 waren de werkelijk gegeven hoeveelheden lager dan de geplande hoeveelheid. Door deze onnauwkeurigheid en het verschil in N-gehalte van de vaste mest, verschilden de gegeven hoeveelheid N met vaste mest in 1999 en 2000 nogal van elkaar.

### Grasopbrengsten in 1999 en 2000

In 1999 is de eerste snede gemaaid op 27 april en in 2000 op 2 mei. De gegevens van het geoogste gras staan in Tabel 7. De droge stofopbrengst is het gemiddelde van 10 gemaaide stroken. De analyses zijn het gemiddelde van een duplo mengmonster van deze 10 stroken.

**Tabel 7** Grasopbrengsten en kwaliteit in 1999 en 2000

Jaar	Perceel	Mest Soort <sup>1</sup>	Opbrengst Kg ds/ha	N-opbr Kg N/ha	Graskwaliteit (gram/kg droge stof)						
					Ruw as	zand	Ruw eiwit	Ruwe celstof	VEM	DVE	OEB
1999	10	KM	4050	132	120	13	204	235	946	96	42
1999	10	VM+KM	3899	132	129	12	211	245	924	94	51
1999	19	KM	3489	115	117	11	206	222	967	98	42
1999	19	VM+KM	3535	121	123	12	214	230	954	97	51
2000	10	KM	4746	153	129	15	202	268	884	88	46
2000	10	VM+KM	4668	148	135	20	198	265	875	87	44
2000	19	KM	4685	145	122	15	194	261	896	90	38
2000	19	VM+KM	4807	152	139	32	198	261	862	86	45

<sup>1</sup> KM = alleen kunstmest; VM+KM = vaste mest + kunstmest

Perceel 10 bracht in het algemeen wat meer (ds-basis) op dan perceel 19, behalve bij het object VM+KM in 2000. Het effect van de extra N, gegeven met vaste mest is in alle gevallen minimaal en soms zelfs negatief. Uit de statistische analyse (Anova) bleek dat er geen opbrengstverschil is tussen de kunstmest- en de met extra vaste mest bemeste objecten, dus geen N-werking uit vaste mest in de eerste snede na toediening.

In 2000 was het ruw as gehalte van de met vaste mest bemeste objecten wat hoger dan van de kunstmest-objecten, hetgeen vooral veroorzaakt wordt door het hogere zandgehalte. De berekende voederwaarde (gemiddeld over alle objecten) was in 1999 hoger dan in 2000. Dit komt omdat het gewas in 1999 eerder gemaaid is en (mede daardoor) een iets lagere opbrengst had. In de meeste gevallen (drie van de vier) was het OEB gehalte op de met vaste mest bemeste objecten wat hoger dan op de kunstmestobjecten. Een deel van de toegediende stikstof zou dus in deze OEB kunnen zitten. De N-opbrengst verschilde op de met vaste mest bemeste objecten niet (significant) met die van de kunstmestobjecten. De grasopbrengsten waren in beide jaren redelijk hoog voor het oogstmoment (eind april/begin mei), hetgeen te maken heeft met het groeizame weer.

## 3.2 Proefjaren 2001 en 2002

### Weer in 2001 en 2002

De winter van 2001 (december 2000 t/m februari 2001) leek veel op de voorgaande winters (zacht: 4.1°C tegen 2.6°C normaal, zonnig: 227 tegen 158 uur normaal, nat: 252 mm tegen 193 mm normaal). Echter tussen de maanden bestonden grote verschillen. De eerste drie weken van december waren zacht, maar de laatste week was winters. In januari was midden in de maand sprake van een winters tijdvak met vorst. In begin februari veel sneeuw, daarna een zachte periode gevolgd door een koudere periode met wederom sneeuw.

De lente van 2001 was (ook weer) zacht en nat. De gemiddelde etmaaltemperatuur bedroeg 9.1°C tegen 8.4°C normaal. De zon scheen 497 uur, tegen 462 uur normaal en er viel 179 mm neerslag (167 mm normaal). Vooral de maanden maart (70 mm) en april (75 mm) waren nat, terwijl mei juist droog was (34 mm). Op 14 april viel nog een pak sneeuw (enkele centimeters).

In 2002 beleefden we vierde winter op rij die te zacht en te nat was. De gemiddelde etmaaltemperatuur bedroeg 4.8°C. In december waren wel enkele koude dagen, maar het was voornamelijk kwakkelweer. Vanaf 10 januari t/m 13 februari was het zelfs uitzonderlijk zacht en dit tijdvak verliep volledig zonder vorst. Ook de tweede helft van februari was zacht, maar ook erg nat. De zon scheen deze winter erg vaak: 252 uur tegen 172 uur normaal. De hoeveelheid neerslag was met 279 mm veel hoger dan het langjarig gemiddelde van 194 mm. De omstandigheden waren wederom slecht om vroeg mest uit te kunnen rijden.

Na de zachte winter volgde een zeer zacht, zonnig en droog voorjaar. De gemiddelde etmaaltemperatuur was 10.0°C tegen 8.9°C normaal. Het aantal uren zon bedroeg zelfs 554 uur (bijna 70 uur meer dan normaal). Met name maart en april waren erg zonnig. Het voorjaar van 2002 was ook droger dan normaal (132 mm tegen 167 mm). Vooral maart en mei waren droger, terwijl april een wat nattere maand was.

### Bemesting in 2001 en 2002

De proef heeft in 2001 op de percelen 8 en 19 gelegen en in 2002 op de percelen 8 en 16. Net als in 1999 en 2000 zijn geen aparte grondmonsters genomen. De bodeminformatie komt dus uit de reguliere serie grondmonsters, waarbij het meest recente monster voor deze proeven in januari 2001 genomen is. De resultaten van dit bodemmonster zijn weergegeven in tabel 8.

**Tabel 8** Bodemanalyse percelen gebruikt in 2001 en 2002 (laag 0-5 cm; monster genomen in januari 2001)

Jaar	Perceel	NLV	P-AI	K-getal
2001	19	111	48	56
2001/2002	8	112	37	55
2002	16	130	37	52

De K-getallen liggen in 2001/2002 wat lager dan in 1999/2000. Hierbij moet worden opgemerkt dat de gebruikte cijfers voor het K-getal uit 1999/2000 eigenlijk uit 1997 stammen. Er is dus een trend waarneembaar van een afnemend K-getal. Desondanks zijn de K-getallen nog steeds hoog en wordt het proefperceel bovendien overmatig bemest met K (en P).

De NLV is wederom aan de lage kant (op perceel 16 na), hetgeen echter normaal is voor de relatief jonge zeekei op de Waiboerhoeve.

In 2001/2002 zijn meer objecten aangelegd dan in 1999/2000. De bemesting van de objecten in 2001/2002 is weergegeven in Tabel 9.

**Tabel 9** Geplande en gegeven N-bemesting in 2001 en 2002

Jaar	Perceel	Object	Gift gepland Kg N of ton ha <sup>-1</sup>	ton of kg N gegeven ha <sup>-1</sup>	Kg N/ha <sup>-1</sup> VM/KM	N-totaal Kg.ha <sup>-1</sup>
2001	8	M1 onbemest	0	0	0	0
2001	8	M2 VM	15-20	16,0	86,5	86,5
2001	8	M3 KM20	20	21	21	21
2001	8	M4 KM100	100	100	100	100
2001	8	M5 VM+KM100	15-20 / 100	16 / 100	86,5/ 100	186,5
2001	19	M1 onbemest	0	0	0	0
2001	19	M2 VM	15-20	16,5	88,9	88,9
2001	19	M3 KM20	20	21	21	21
2001	19	M4 KM100	100	100	100	100
2001	19	M5 VM+KM100	15-20 / 100	16,5/ 100	88,9/ 100	188,9
2002	8	M1 onbemest	0	0	0	0
2002	8	M2 VM	15-20	10,4	53	53
2002	8	M3 KM20	20	21	21	21
2002	8	M4 KM100	100	100	100	100
2002	8	M5 VM+KM100	15-20 / 100	10,4 / 100	53/ 100	153
2002	16	M1 onbemest	0	0	0	0
2002	16	M2 VM	15-20	17,9	57	57
2002	16	M3 KM20	20	21	21	21
2002	16	M4 KM100	100	100	100	100
2002	16	M5 VM+KM100	15-20 / 100	17,9 / 100	57 / 100	157

\*) objectcode is besproken in hoofdstuk 2.

**Grasopbrengsten in 2001 en 2002**

In 2001 is op 18 mei gemaaid en in 2002 op 7 mei. In Tabel 10 zijn de opbrengstgegevens (kg ds en kg N per hectare) van de 5 objecten per perceel weergegeven. De opbrengsten zijn de gemiddelden van 5 herhalingen.

**Tabel 10** Droge stof en N-opbrengsten in 2001 en 2002

Jaar	Perceel	Object	Opbrengst (kg ds ha <sup>-1</sup> )	Nopbr (kg N. ha <sup>-1</sup> )
2001	8	M1 onbemest	3293	65
2001	8	M2 VM	3463	70
2001	8	M3 KM20	3737	79
2001	8	M4 KM100	5373	137
2001	8	M5 VM+KM100	5776	148
2001	19	M1 onbemest	2734	52
2001	19	M2 VM	3439	68
2001	19	M3 KM20	3480	71
2001	19	M4 KM100	5415	136
2001	19	M5 VM+KM100	5203	131
2002	8	M1 onbemest	2531	55
2002	8	M2 VM	3006	66
2002	8	M3 KM20	2939	69
2002	8	M4 KM100	4823	139
2002	8	M5 VM+KM100	4158	122
2002	16	M1 onbemest	2324	52
2002	16	M2 VM	3323	72
2002	16	M3 KM20	2887	66
2002	16	M4 KM100	4227	112
2002	16	M5 VM+KM100	4192	115



Tussen de jaren bestaat een groot verschil in ds-opbrengst, hetgeen te verklaren is uit het verschil in maaidatum, maar ook zal mogelijk ook te maken hebben met het jaareffect (weer). Per jaar gezien zijn de verschillen tussen de twee percelen minimaal. Dit was ook te verwachten, gezien de redelijk homogene samenstelling van de grond. De onbemeste objecten (M1) produceren duidelijk het minst. Tussen de objecten M2 en M3 zit geen significant verschil. De werking van de gegeven mest lijkt dus overeen te komen met de werking van ongeveer 20 kg N uit KAS. Object M5 produceert niet significant meer dan M4, ondanks de toevoeging van de vaste mest. In dit geval leek de werking van de vaste 0 kg N.

In Tabel 11 staan de gemiddelden per object en wordt met letters aangegeven of de verschillen significant zijn ( $P < 0.001$  voor ds-opbrengsten en  $P = 0.003$  voor N-opbrengsten; verschillende letters geven een significant verschil aan).

**Tabel 11** Overzicht gemiddelde ds- en N-opbrengsten per object en de onderlinge verschillen

Object	Droge stofopbrengst (kg ds ha <sup>-1</sup> )	Nopbr (kg N. ha <sup>-1</sup> )
M1 onbemest	2720 <sup>a</sup>	56,3 <sup>a</sup>
M2 vaste mest	3308 <sup>b</sup>	69,3 <sup>b</sup>
M3 KM 20 kg N	3261 <sup>b</sup>	71,4 <sup>b</sup>
M4 KM 100 kg N	4959 <sup>c</sup>	130,9 <sup>c</sup>
M5 KM 100 kg N + vaste mest	4832 <sup>c</sup>	128,9 <sup>c</sup>

Bij een vergelijking van de N-opbrengsten is ongeveer het zelfde beeld te zien als bij de ds-opbrengsten. In 2001 was de N-opbrengst in de eerste snede gemiddeld 10 kg N/ha hoger dan in 2002 in de eerste snede. De laagste N-opbrengst is op de M1 (onbemest) geoogst. De verschillen in N-opbrengst per perceel (in hetzelfde jaar) zijn groter dan de perceelsverschillen op basis van droge stofopbrengst. De licht bemeste objecten M2 en M3 verschillen nauwelijks. Bij een vergelijking tussen M4 en M5 valt op dat de extra vaste mest op M5 geen extra N opbrengst geeft. Gemiddeld is de N-opbrengst op M5 2 kg lager dan op M4.

### 3.3 Proefjaar 2003

#### Weer in 2003

De winter van 2003 was in tegenstelling tot de vier voorgaande jaren wel koud. Ook was de winter zeer zonnig en viel de normale hoeveelheid neerslag. De gemiddelde etmaaltemperatuur bedroeg 2.4°C tegen 3.3°C normaal. Er waren deze winter drie koudeperiodes te onderscheiden: half december, begin januari en na half februari. De kou van half februari zette zich in het voorjaar nog een tijdje door. Door het koude en standvastige weer was februari uitzonderlijk zonnig.

#### Bemesting in 2003

De vaste mest is in 2003 vooraf per proefveld afgewogen en met de vork verspreid. De hoeveelheid per object is op deze wijze zeer nauwkeurig bepaald en gegeven. De proefveldjes/objecten hebben een oppervlakte van 18 m<sup>2</sup> (3x6 meter). De hoogte van de gift is vooraf vastgesteld, waarbij geen onderscheid is gemaakt in tijdstip van toediening (voorjaar (T1), voor de derde snede (T2)) of de te verwachten opbrengst (W,M).

De kunstmest is toegediend met de proefveldstrooier. In het voorjaar is alle mest op 14 maart toegediend. Voor de T2 objecten is de mest op 21 mei toegediend.

De totale geplande en gerealiseerde N-bemesting staat in Tabel 12.

**Tabel 12** Geplande en gegeven N-bemesting in 2003

Object	Ton / ha	N gepland kg N.ha <sup>-1</sup>	N-totaal gegeven voorjaar Kg N.ha <sup>-1</sup> (T1)	N totaal gegeven na snede 2 Kg N.ha <sup>-1</sup> (T2)
NO (onbemest)	-	0	0	0
VM30	11,7	-	55	62
VM60	23,4	-	110	124
VM90	35,1	-	165	186
KM30	-	30	30,5	30,0
KM60	-	60	61,0	59,9
KM90	-	90	91,5	91,5

V= vaste mest, M = kunstmest, 0 =onbemest; 30,60,90 is geplande hoeveelheid N

De hoeveelheid gegeven vaste mest is gebaseerd op de aanname, dat de mest 5 kg N totaal per m<sup>3</sup> zou bevatten (uitslag analyse was pas binnen nadat verspreid was; deze 5 kg is het gemiddelde gehalte van de vaste mest van het Lagekostenbedrijf in voorgaande jaren) en 50% van de N-totaal als werkzame N kon worden ingerekend. De vooraf berekende werkzame N is dan voor VM30 29.3 kg, VM60 58.5 kg en VM90 87.8 kg. Deze hoeveelheden komen op deze wijze ongeveer overeen met de geplande N op de kunstmestobjecten. De werkelijk gegeven hoeveelheid N-totaal wijkt op tijdstip T2 wat meer af van de geplande hoeveelheid, omdat het N-gehalte van die gebruikte mest wat hoger lag (zie hoofdstuk 2).

### Grasopbrengsten in 2003

In 2003 is in tegenstelling tot de andere proefjaren 2 x mest uitgereden (wel op verschillende behandelingen), namelijk in het voorjaar en vóór de derde snede, om de N-werking van de toegediende mest, naast het voorjaar ook gedurende het groeiseizoen te bepalen. Ook is na toediening de werking bepaald bij twee verschillende opbrengsten (rond 2000 en rond 4000 kg ds/ha) en ook is de nawerking in één of meerdere vervolgsneden bepaald. De vervolgsneden zijn daarbij niet bemest.

De vaste mest is tijdens de groei van de eerste snede slecht opgelost door de droogte. Mestdeeltjes groeiden met het gras mee omhoog en werden derhalve bij de oogst meegemaaid. Hierdoor werd de opbrengst en het N-gehalte mogelijk overschat. Om deze overschatting te voorkomen zijn een tweetal correcties uitgevoerd. De gemaaide monsters zijn gedroogd en gewogen. De droge monsters zijn gescheiden in gras en mest (was goed uitvoerbaar). Van de mest en van het gras (vers) zijn droge stofbepalingen gedaan. Daarna is een gewichtspercentage mest in het verse monster op basis van ds verhoudingen en gewichten berekend volgens: Gras netto: drooggewicht van het van mest gescheiden gras.

Mest netto: drooggewicht van de van gras gescheiden vaste mest.

Teruggerekende verse grasopbrengst:  $\text{gras netto} / \text{ds\% (grasmonster zonder mest)} \times 100$

Teruggerekende verse mest"opbrengst":  $\text{mest netto} / \text{ds\% (mestmonster)} \times 100$

% gras in mengsel:  $\text{gras prod.} / (\text{gras prod.} + \text{mest prod.}) \times 100$

Met dit correctiepercentage is de verse maaiopbrengst van de objecten die bemest zijn met vaste mest gecorrigeerd. De monsters die opgestuurd zijn voor analyse zijn zoveel mogelijk vrijgemaakt van "aangekleefde" mest, door ze in het veld uit de objecten te snijden met een spinaziemes. De weergegeven ds-opbrengsten zijn dus gecorrigeerde opbrengsten.

De droge stof- en de N-opbrengsten van 2003 zijn weergegeven in tabel 13.

**Tabel 13** Droge stof- en N-opbrengsten (kg/ha) in 2003

Object	Tijd T1 bemesting in (voorjaar)				Tijd T2 (bemesting voor snede 3)			
	Ds-opbrengst		N-opbrengst		Ds-opbrengst		N-opbrengst	
	Snede 1	Snede 2	Snede 1	Snede 2	Snede 3	Snede 4	Snede 3	Snede 4
W0	1564	1544	32,1	26,3	1305	1504	23,8	26,4
WK30	2753	1711	62,8	31,0	2039	1813	36,8	27,0
WK60	2968	1645	71,3	31,3	2796	1864	54,0	34,7
WK90	3611	1721	94,8	33,7	3248	2156	69,9	31,0
WV30	1551	1755	30,8	30,2	1236	1704	19,8	30,0
WV60	1526	1700	31,7	30,9	1029	1811	16,5	32,9
WV90	1533	1850	31,4	34,4	1006	1915	17,6	32,5
M0	3628	2208	54,5	32,6	2028	1369	30,1	29,0
MK30	4972	2012	85,5	31,5	3152	1801	40,6	20,8
MK60	5579	1906	98,0	32,3	3880	1770	52,4	22,7
MK90	5944	1813	113,6	33,7	4823	1623	77,6	33,0
MV30	4023	2144	62,3	25,4	2114	1466	28,3	22,8
MV60	4769	1642	75,1	25,5	2123	1488	29,5	20,6
MV90	4529	1655	77,4	33,8	2243	1448	32,2	31,7

De W objecten van snede 1 zijn op 8 mei gemaaid en de M objecten op 20 mei. De vervolgsnede van W (snede 2) is op 5 juni gemaaid en de vervolgsnede van M op 3 juli.

De W objecten van T2 (snede 3) zijn op 17 juni gemaaid en de M objecten op 3 juli. De vervolgsnede van W (snede 4) is op 19 augustus gemaaid en de vervolgsnede van M op 15 oktober. Gemiddeld genomen waren de opbrengsten op T2 significant lager dan op T1.

De ds-opbrengsten van zowel de eerste als de derde snede zijn op de W-objecten wat hoger uitgevallen dan gepland. De planning was om ze bij ongeveer 2000 kg ds/ha te maaien (op referentieobject KM60).

Door de snelle groei en de moeilijke planning van de oogst (organisatie) zijn de velden iets te laat gemaaid. De verschillen tussen de W en M objecten zijn echter significant gebleven op zowel T1 als T2.

Op de M-objecten is alleen de eerste snede wat zwaar gemaaid.

Bij de W objecten lag de ds-opbrengst op de vaste mest objecten bijna op één niveau, van gelijke hoogte met het onbemeste object. Het lijkt er op dat de N uit de vaste mest (nog) niet gewerkt heeft door de relatief korte groeiduur of dat de bedekking met mest remmend heeft gewerkt op de groei. Er bestaat echter geen verschil tussen de objecten met een verschillend N-niveau. Bij de M objecten ligt de ds-opbrengst van de met vaste mest bemeste objecten wel iets hoger dan het onbemeste object in de snede direct na toediening. Ook hier is echter nauwelijks effect van een hogere gift. In de vervolgsnedes die niet meer bemest zijn is wel sprake van nawerking, want de opbrengsten van de (eerder) bemeste velden zijn hoger dan het nul-object. Uitzondering is de tweede snede bij de M-objecten; hier blijven de opbrengsten van de eerder bemeste objecten iets achter bij het nul-object. Bij de kunstmestobjecten is wel een duidelijk verschil in opbrengst tussen de 3 N-niveaus (afnemende meeropbrengst bij hogere N-gift).

Ook de N-opbrengsten van de vaste mest objecten blijven ver achter bij de kunstmest objecten en zijn ook gelijk aan het onbemeste object. Uitzondering vormen de maaioobjecten in de eerste snede. Daar blijven de N-opbrengsten wel achter bij de kunstmestobjecten, maar zijn wel hoger dan op het onbemeste object. Ook nemen de N-opbrengsten (iets) toe bij hogere giften.

### 3.4 Overall analyse

In paragraaf 2.5 is aangegeven dat met behulp van de data een responsecurve geschat zal worden. Omdat in de overall-analyse alleen de data van de eerste snede te gebruiken zijn, geldt response-curve ook alleen maar voor de eerste snede. Bij de overall analyse is voor het schatten van deze curve uitgegaan van een afnemende meeropbrengst bij toename van de N-gift. De afnemende meeropbrengst wordt bepaald door de N-gift uit kunstmest. Vervolgens is de afnemende meeropbrengst voor vaste mest hiervan afgeleid.

De parameter voor de afnemende meeropbrengst wordt geschat via de procedure fit non linear (Genstat 7.0).

In formule voor de N-opbrengst:

X1: Afnemende meeropbrengst kunstmest  $N = 1 - \text{Exp}(-0.0075 \times N \text{ kunstmest})$

X2: Afnemende meeropbrengst N vaste mest = N totaal (vaste mest) x (1- afnemende meeropbrengst N kunstmest)

Vervolgens is met REML de N-opbrengst geschat, waarbij proefveld (perceel en blok) effecten en jaareffecten zijn opgenomen in het random model.

Het fixed model is N opbrengst = Constante + X1+X2

Zowel de X1 als de X2 geven een significant effect ( $P < 0.001$ ) op de opbrengst.

De geschatte effecten zijn:

Constante: 59.84 kg N

X1: 129.2 kg N

X2: 0.1313 kg N

Totale N-opbrengst:

$59.84 + 129.2 \times [1 - \text{Exp}(-0.0075 \times N \text{ km})] + 0.013 \times [N \text{ vm} \times (1 - (1 - \text{Exp}(-0.0075 \times N \text{ km})))]$

Dezelfde sessie is uitgevoerd voor de droge stof opbrengst. Eerst is de parameter voor de afnemende meeropbrengst bepaald en vervolgens het model om de droge stof opbrengst te schatten.

De formules voor de afnemende meeropbrengst zijn:

X1: Afnemende meeropbrengst kunstmest  $N = 1 - \text{Exp}(-0.0135 \times N \text{ kunstmest})$

X2: Afnemende meeropbrengst N vaste mest = N totaal (vaste mest) x (1- afnemende meeropbrengst N kunstmest)

Vervolgens is met REML de N-opbrengst geschat, waarbij proefveld (perceel en blok) effecten en jaareffecten zijn opgenomen in het random model.

Het fixed model is ds opbrengst = Constante + X1+X2

Zowel de X1 als de X2 geven een significant effect ( $P < 0.001$ ) op de opbrengst.

De geschatte effecten zijn:

Constante: 2690 kg ds

X1: 2786

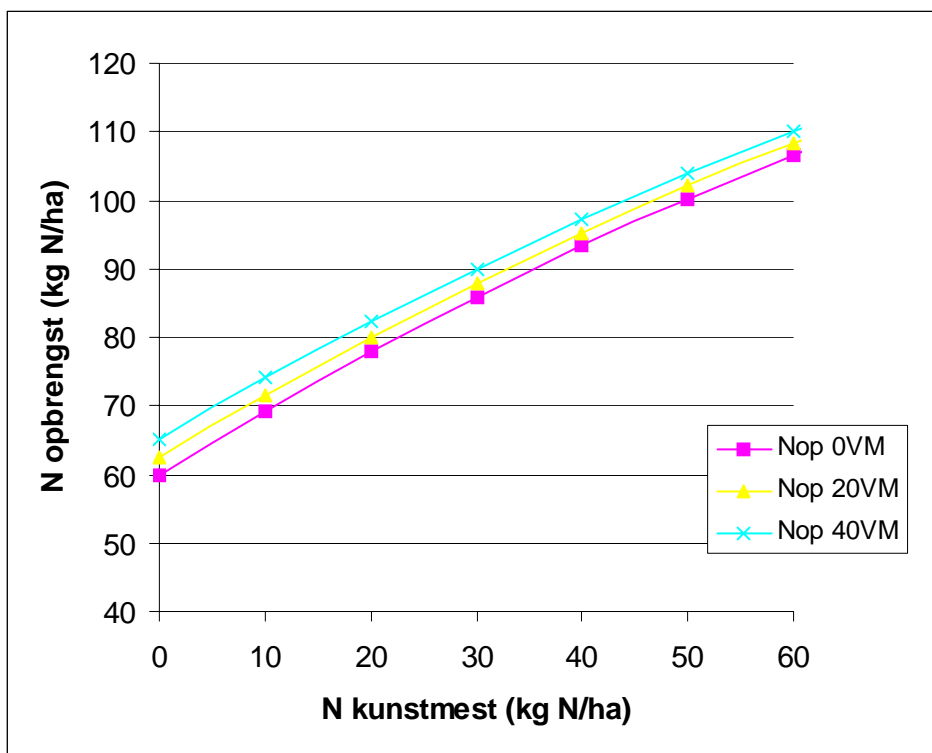
X2: 5.7

Totale ds opbrengst:

$2690 + 2786 \times [1 - \text{Exp}(-0.0135 \times N \text{ km})] + 5.7 \times [N \text{ vm} \times (1 - (1 - \text{Exp}(-0.0135 \times N \text{ km})))]$

De responscurve voor de N-opbrengst is weergegeven in figuur 1.

**Figuur 1** N-respons curve voor kunstmest (OVM) en vaste mest (20VM en 40VM)



### Berekening N-werking

De N-werking kan op basis van de responscurve slechts voor de eerste snede worden bepaald. De werkwijze is: bij bijvoorbeeld een kunstmestgift van 40 kg N, wordt op de kunstmestlijn (Nop 0 VM) de N-opbrengst bepaald. Bij deze N-opbrengst wordt op de Nop 20 VM (of 40 VM) bekeken hoeveel kunstmest in dat geval gestrooid had moeten worden. Dit levert bij gelijke opbrengst een lagere kunstmestgift op. Een deel van de kunstmest is vervangen door de stikstof uit de vaste mest.

De N-werking van de vaste mest is:

Besparing kunstmest N/ gegeven N totaal vaste mest (in dit voorbeeld 20 of 40 kg) x 100.

De werking van de vaste mest hangt in dit traject (tot 40 kg N uit vaste mest) niet af van de hoogte van de vaste mestgift. In beide situaties die in de figuur zijn weergegeven bedraagt de N werking van vaste mest 13,5%.

Op dezelfde wijze is de werkingcoëfficiënt te berekenen op basis van droge stofopbrengst.

Op deze basis bedraagt de werkingscoëfficiënt bijna 15%.

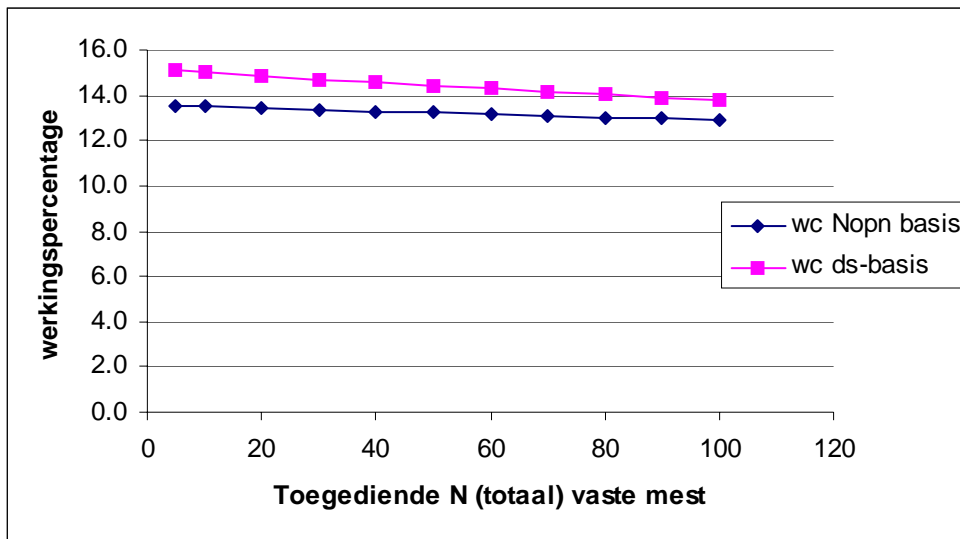
Door de formules te herschrijven is dit duidelijker weer te geven.

Wc Vaste mest (op basis van N opname) :  $= -1/0.0075) \times \text{LN} (129.2/(129.2+0.1313 \times \text{N-tot vaste mest}))$

Wc Vaste mest (op basis van ds-opbrengst):  $-1/0.0135) \times \text{LN} (2786/(2786+5.7 \times \text{N-tot Vaste mest}))$

Voor de range 0 tot 120 kg zijn deze lijnen weergegeven in figuur 2.

Door deze weergavevorm is tevens te zien dat in een "praktijktraject" van 10 tot 40 kg N uit vaste mest, de werkingscoëfficiënt nagenoeg niet wijzigt.

**Figuur 2** N-werking (%) vaste mest in de eerste snede op basis van N-opbrengst en ds-opbrengst

Op basis van alleen de gegevens uit 2003 zou een indicatie kunnen worden verkregen over de werking over meerdere sneden (voor T1 zelfs over het gehele jaar) en over het seizoen. Door droogte is de groei op alle objecten zeer sterk gestagneerd, waardoor op jaarbasis geen betrouwbare uitspraken over de werking gedaan kunnen worden en ook over het verschil in werking tussen mest toegediend in het voorjaar en in de zomer is geen uitspraak te doen op basis van dit ene jaar. Wanneer alleen gekeken wordt naar de terugwinning van de gegeven N uit vaste mest in verhouding tot de gegeven N uit kunstmest is de werking op basis van N opbrengst (aparent nitrogen efficiency; ANE) slechts 5% geweest (in 2003).

ANE wordt berekend door:

$(N\text{-opbrengst bemest object} - N\text{-opbrengst onbemeste object}) / N\text{-gift}$ .

Deze werking is al lager dan de berekende werking van 14% over alle proefjaren gemiddeld. De N-werking van de mest toegediend op T2 (in juni) werkte zelfs nog minder. Op basis van dit ene gegeven zou verondersteld kunnen worden dat de werking van vaste mest het beste is, wanneer de mest in het voorjaar wordt toegediend.

## 4 Discussie

### Proefuitvoering

De proef rondom de werking van vaste mest is begonnen als pilot op twee praktijkpercelen van het Lagekostenbedrijf (Lagekostenbedrijf). In dat stadium had de proef ten doel, om te kijken op welk niveau de werking van de vaste mest van het Lagekostenbedrijf lag. Aanleiding was dat de werkingscijfers van vaste mest dateren uit de jaren '50 en '60 en mogelijk aangepast moesten worden.

Gaandeweg bleek de uitvoering toch niet geheel de gewenste informatie op te leveren en is de proef steeds verder uitgebreid. Tijdens het laatste proefjaar is besloten om met de laatste mest nog een detailproef uit te voeren. Getracht is om met alle verzamelde materiaal toch een uitspraak te doen over de werking van vaste mest. Tijdens de uitvoering bleken een aantal problemen te ontstaan. Het uitrijden van vaste mest met een praktijkmachine komt weliswaar overeen met praktijkomstandigheden, maar de verdeling is zeker niet homogeen. Om relatief kleine verschillen aan te kunnen tonen is een goede verspreiding noodzakelijk. Daarom is in 2003 gekozen voor handmatig afwegen en verspreiden van de mest. Tijdens het proefjaar 2002 regende het tijdens de proefuitvoering. Hierdoor is een tweede mestmonster veel natter dan een eerste. In de analyse is gewerkt met de uitslag van het eerste monster. De hoeveelheid uitgereden mest werd in de jaren 1999 t/m 2002, bepaald door de hoeveelheid mest die op met plastic afgedekte onbemeste object viel, terug te wegen. Omdat in 2002 door de regen tijdens het uitrijden op perceel 16, veel water op dit plastic stond, werd de hoeveelheid sterk overschat en is aangenomen dat de uitgereden hoeveelheid gelijk is geweest aan het andere perceel, waarbij de mest onder droge omstandigheden is uitgereden.

In bijna alle proefjaren is door de weersomstandigheden de mest relatief laat (in maart) uitgereden. Hierdoor is de mest onvoldoende verteerd en in sommige jaren zelfs met het gras omhoog gegroeid. Gevolg hiervan is:

- 1 De gewichten en N gehalten van het gemaaid gewas kunnen worden overschat
  - 2 De met maaien afgevoerde mest kan geen (na)werking geven, waardoor de totale werking wordt onderschat
- Met name een droge periode na uitrijden veroorzaakte het "meegroeien" van mestdelen met gras. Dit betekent dat voor een goede werking de vaste mest zo vroeg mogelijk in het voorjaar moet worden uitgereden. Het uitrijden van vaste mest tijdens het groeiseizoen zal zeker een lagere werking geven, omdat de tijd tussen aanwenden en oogst meestal kort (2 tot 4 weken) is.

Met name in 2003 zijn relatief veel mestdeeltjes mee geoogst. De hiervoor uitgevoerde correctie is reeds beschreven in hoofdstuk 3. Rondom de aanname bij deze correctie kunnen fouten zijn ontstaan, waardoor de werkelijke opbrengsten iets kunnen afwijken van de gepresenteerde opbrengsten.

Ook in de overige proefjaren kunnen mest deeltjes zijn mee geoogst. Voor deze hoeveelheden zijn echter geen correcties uitgevoerd omdat deze op het oog niet al te groot bleken.

Eveneens in 2003 was sprake van een erg droge periode waardoor de grasgroei stagneerde. Dit heeft met name effect gehad op de opbrengsten na de eerste snede. Deze gegevens zijn echter niet gebruikt voor de bepaling van de werking van de eerste snede. De cijfers van de nawerking in latere sneden en de werking in de zomer zijn slechts in een jaar bepaald. De betrouwbaarheid van de werking na de eerste snede en werking van mest toegediend in de zomer is dus laag. Deze werkingscijfers worden niet verder bediscussieerd.

### N-werking

De werkingscoëfficiënt van mest is in deze proef vastgesteld op ongeveer 14% in de eerste snede na toediening. Een werking op jaarbasis kon op basis van de gegevens niet worden vastgesteld, omdat alleen opbrengsten van de eerste snede bepaald zijn. De werking is uitgedrukt als percentage van het N-totaal dat dezelfde werking heeft als kunstmest N. Eerder bepaalde werkingscoëfficiënten (Kolenbrander) zijn coëfficiënten op jaarbasis. Deze bedragen ongeveer 15 tot 25 procent van het N totaal. Prins en Brak (1977) vonden in stalmentproeven een werking van 22% op jaarbasis.

Dit betekent dat in de proeven op het Lagekostenbedrijf na de eerste snede nog ongeveer 8% van de toegediende stikstof na zou kunnen werken. Kolenbrander vond in meerjarige proeven echter een hogere werking van de organische fractie uit vaste mest, waardoor de totale werking veel hoger uitkwam (zelfs op 71%). Prins en Braks deden op basis van een vijfjarige stalmentproef echter geen uitspraak over een vermeende hogere werking van stalment bij langdurig gebruik.

In de proef op het Lagekostenbedrijf kon deze langdurige werking ook niet worden vastgesteld, daar de proef slechts vijf jaar heeft geduurd en bovendien heeft plaatsgevonden op verschillende percelen. Ook is geen werking op jaarbasis bepaald. Tijdens de proefjaren 1997-2003 is "in de praktijk" op het Lagekostenbedrijf echter ook geen positief effect waargenomen op de opbrengst als gevolg van nawerking van gegeven mest uit voorgaande jaren. Ook de N-levering van de bodem is niet verhoogd (zie jaarrapportages Lagekostenbedrijf; M de Haan 1998-2003)

De N-gehalten van de stalmestproeven uit de literatuur varieerde van 4 tot 5% N-totaal. Op het Lagekostenbedrijf daalde het N-totaal gehalte van de stalmest in de loop der jaren (van ruim 5,5% naar 4.8%), door een teruggang in krachtvoer en kunstmestverbruik.

Vooraf het minerale deel is bijna tot 0 gedaald, maar het N-totaal van de gebruikt mest kwam niet beneden de 4 kg per ton en geldt dus nog als representatief voor een vergelijking met ouder proefmateriaal.

Dit onderzoek heeft geen antwoord gegeven op de vraag hoe stalmest werkt die tijdens het seizoen wordt toegediend. Hiervoor is aanvullend onderzoek nodig. Ook is het niet zeker dat de werking van stalmest met een (veel) lager N-totaal dan 4 kg/ton dezelfde werking heeft.

De proef op het Lagekostenbedrijf is beperkt gebleven tot jonge zeeklei. Mogelijk is de werking op een beter gerijpte grond, met een hogere N-levering beter. Dit kon op basis van dit onderzoek niet worden bepaald. Echter gezien het feit dat de N-werking op klei niet anders is dan een groot aantal jaren geleden, en die cijfers voor alle grondsoorten werden toegepast, kan worden aangenomen dat de cijfers nog steeds voor alle grondsoorten gelden.

Op basis van de gevonden N-werking van 14% in de eerste snede lijkt een N-werking van 20 tot 25% op jaarbasis ook begin 21-ste eeuw redelijk betrouwbaar. Dit betekent dat ondanks de nieuwere toedieningstechniek (gebruikte mestverspreider in deze proef is niet vergelijkbaar met machines uit de vijftiger- en zestiger jaren), genetisch veranderde veestapel en eiwitrijkere rantsoenen geen aanleiding bestaat om de werkingcijfers aan te passen.

## 5 Conclusies

In een meerjarige proef op jonge zeeklei op de Waiboerhoeve is de werking van stalmest bepaald. De mest is in het voorjaar toegediend en de werking is in de eerste snede bepaald.

Op basis van N-opbrengst is een responscurve gemaakt voor zowel kunstmest als kunstmest en vaste mest. Met behulp van deze responscurve is de werking van vaste mest bepaald.

De werking van vaste mest bedraagt in de eerste snede 14%. Dat wil zeggen dat voor 14% van de toegediende N-totaal uit vaste mest een werking als kunstmest- N kan worden toegerekend.

De totale werking op jaarbasis is op basis van eerdere proeven geschat op 15-25% van de N-totaal.

Na de eerste snede werkt gemiddeld dus nog 1 tot 11% van de toegediende N.

Er is geen verbeterde werking van de vaste mest geconstateerd, ook niet na 6 jaar gebruik. De N-levering is niet verbeterd.

Een vergelijking met eerder proefmateriaal maakt een aanpassing van de werkingscoëfficiënt (in het bemestingsadvies) niet nodig, ondanks dat dit oude proefmateriaal 30 tot 50 jaar oud is.

De werking van vaste mest is in de loop der jaren niet wezenlijk veranderd.

De gevonden werking in dit onderzoek is alleen betrouwbaar voor jonge zeeklei, maar er lijkt geen aanleiding te zijn om ze ook voor andere grondsoorten te (blijven) gebruiken.



## **Praktijktoepassing**

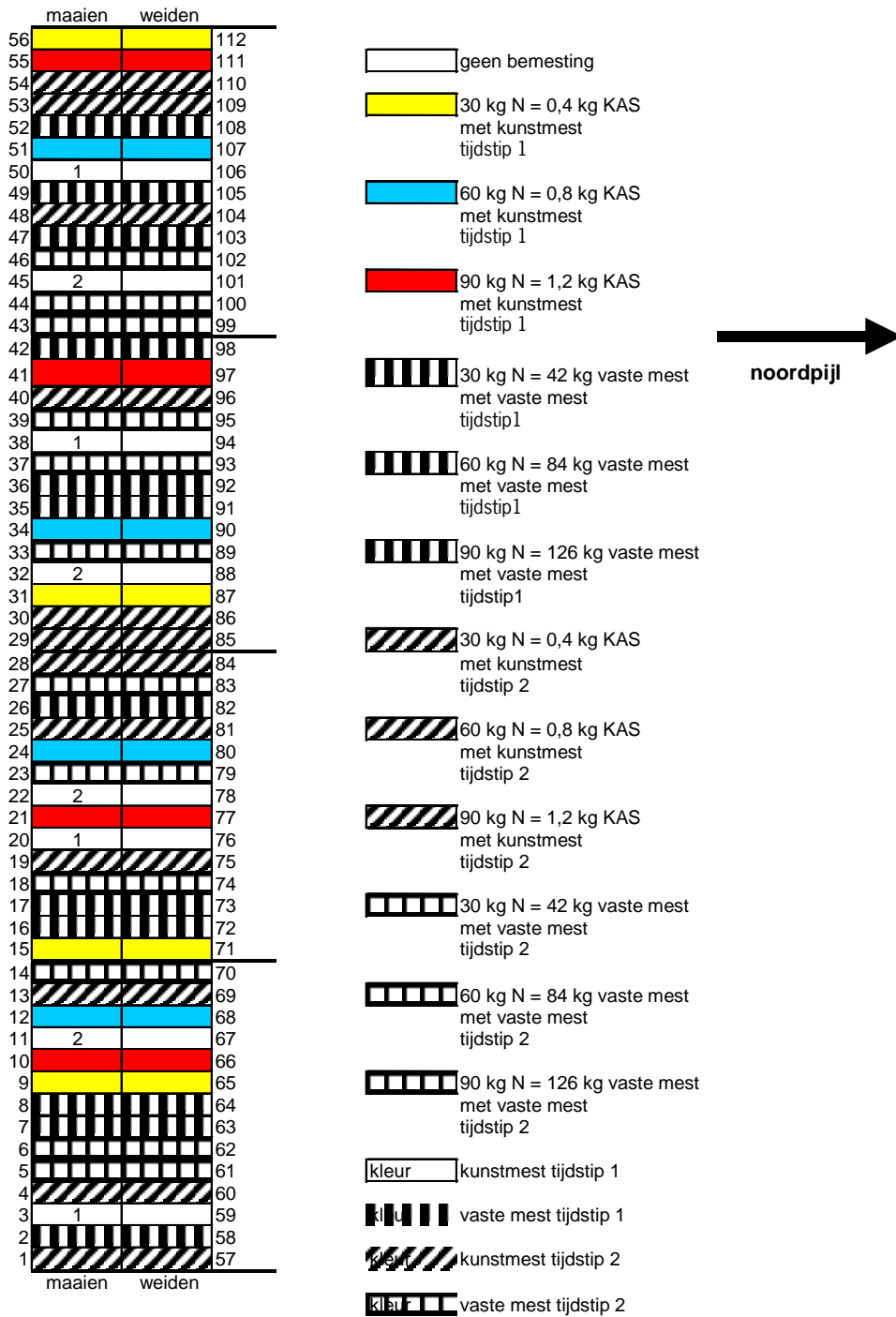
De resultaten van de werkingsproef van vaste mest op de Waiboerhoeve geven geen aanleiding om de werkingscoëfficiënten van vaste mest (in het bemestingsadvies) aan te passen. De samenstelling is niet dusdanig gewijzigd (zowel meetbaar als niet meetbaar) dat de werking anders zou zijn dan de mest die geproduceerd is in de jaren 50 en 60.

Bij het gebruik van vaste mest moeten een aantal zaken in acht worden genomen. De mest verteert langzaam; voor een optimale werking moet de mest dan ook zo vroeg mogelijk in het voorjaar worden uitgereden. Bij te zware giften leidt bedekking van het land tot groeiremming, waardoor de werking afneemt. Hogere aanvullende kunstmestgiften remmen de werking van de vaste mest. De hoogste werking wordt behaald in de eerste snede. Toedienen in het groeiseizoen leidt tot meer onverteerde mestdelen in de vervolgsnede en daarmee ook tot een lagere N-werking. Ook kan vervuiling van het gras mogelijk leiden tot een lagere grasopname door het vee. Daarom is aan te raden om vaste mest zo vroeg mogelijk in het voorjaar toe te dienen.

## Bijlagen

### Bijlage 1

Plattegrond proefpercelen met bemestings- soort, dosering en tijdstip



kavelpad

## Literatuur

Adviesbasis voor bemesting van grasland en voedergewassen (Commissie bemesting grasland en voedergewassen 2003)

Genstat 5 Committee of the IACR-Rothamsted Statistics Department (1995) Genstat 6 Release Reference Manuel

Haan, M.H.A. De, A.G. Evers, G. Holshof en K. Blanken. (2003) Vier jaar primaire mestscheiding op het lage kosten bedrijf. Praktijkrapport nr. 29. Praktijkonderzoek Veehouderij.

Haan, M.H.A. de, B.J.H. Hutschemaekers, A.G. Evers, H.J. van Dooren, K. Blanken, G. Biewenga, G.J. Rummelink, W. Ouweltjes , J.G.A. Hemmer en A.P. Wouters, november 2002. Lagekostenbedrijf in 2001. Praktijkonderzoek Veehouderij Lelystad, PraktijkRapport Rundvee nr. 17.

Haan, M.H.A. de, B.J.H. Hutschemaekers, G. Holshof, C.J. Hollander, H.J. van Dooren, W. Ouweltjes , J.G.A. Hemmer en A.P. Wouters, december 2003. Lagekostenbedrijf in 2002. Praktijkonderzoek Veehouderij Lelystad, PraktijkRapport Rundvee nr. 39.

Haan, M.H.A. de, C.J. Jagtenberg, H.J. van Dooren, G.J. Rummelink, W. Ouweltjes , J.G.A. Hemmer, C.J. Hollander en A.P. Wouters, 2000. Lagekostenbedrijf in 1999. Praktijkonderzoek Veehouderij Lelystad, PR rapport nr. 192.

Kolenbrander G. J. en L. C. N. De La Lande Cremer. (1967) Stalmest en gier. Veenman, Wageningen

Lande Cremer L. C. N. De La (1953) De bemestende waarde van stalmest en gier op bouwland en grasland. Gestencilde inleiding C 4585, landbouw proefstation en bodemkunde instituut TNO.

Prins W.H. en A. Brak (1977). Het gebruik van dierlijke mest op grasland (1. De stikstofbehoefte en zode kwaliteit van zand grasland bij vier jaren stalmest toedienen). Stikstof nummer 87 band 8, Landbouwkundig bureau der Nederlandse stikstofmeststoffen industrie.

Sluijsmans, C. M. J. en G. J. Kolenbrander. (1976) De stikstof werking van stalmest op korte en lange termijn. Stikstof 83/84, band 7, 349-354, Landbouwkundig bureau der Nederlandse stikstofmeststoffen industrie.