



De invloed van stikstofgebruiksnormen van grasland op zandgrond op de opbrengst en milieubelasting

Een gevoeligheidsanalyse



Juni 2008

Rapport nr. 47
Rapport Plant Research International nr. 192





Colofon

Uitgever

Animal Sciences Group
Postbus 65, 8200 AB Lelystad
Telefoon 0320 – 238 238
Fax 0320 – 238 022
E-mail: info@koeienenkansen.nl
Internet <http://www.koeienenkansen.nl>

Redactie

Koeien & Kansen

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.

Bestellen

ISSN 0169-3689
Eerste druk 2007/oplage 80
Prijs € 20,-

De rapporten zijn op de website te bekijken en te downloaden.

'Koeien & Kansen'

is een samenwerkingsproject van 16 melkveehouders, Proefbedrijf De Marke, ASG Veehouderij, PRI, LEI, NMI, CLM en DLV.

Doel is het in de praktijk ontwikkelen, onderzoeken en demonstreren van duurzame melkveehouderij onder uiteenlopende omstandigheden op diverse grondsoorten.



De invloed van stikstofgebruiksnormen van grasland op zandgrond op de opbrengst en milieubelasting

Een gevoeligheidsanalyse

J. Oenema & J. Verloop

Inhoudsopgave

	pagina
Samenvatting.....	1
1 Inleiding	5
1.1 Achtergrond.....	5
1.2 Doel van het onderzoek	5
1.3 Aanpak.....	5
1.3.1 Experiment 1	5
1.3.2 Experiment 2	6
1.4 Leeswijzer	6
2 Materiaal & Methode.....	7
2.1 Experiment 1	7
2.1.1 Behandeling	7
2.1.2 Bepalingen	8
2.2 Experiment 2.....	8
2.2.1 Behandeling	8
2.2.2 Bepalingen	9
2.3 Het weer	9
2.4 Gevoeligheidsanalyse	11
2.4.1 ANOVA.....	11
2.4.2 Regressie analyse.....	11
2.5 Stikstofbenutting en stikstofefficiëntie	11
3 Resultaten.....	13
3.1 Experiment 1	13
3.1.1 Opbrengsten.....	13
3.1.2 Stikstofmineraal in de bodem en stikstofoverschot	14
3.2 Experiment 2.....	15
3.2.1 Opbrengsten.....	15
3.2.2 Stikstofmineraal in de bodem en stikstofoverschot	16
3.2.3 Nitraat- en stikstoftotaal-concentratie in het grondwater	17
4 Analyse van relaties.....	19
4.1 Experiment 1	19
4.1.1 Relatie tussen stikstofbemesting en drogestofopbrengst.....	19
4.1.2 Relatie tussen stikstofbemesting en stikstofopbrengst.....	21
4.1.3 Relatie tussen stikstofbemesting en stikstofoverschot	23
4.1.4 Relatie tussen stikstofmineraal in de bodem en stikstofoverschot	25
4.1.5 Stikstofbenutting en stikstofefficiëntie van kunstmest	25
4.2 Experiment 2.....	26
4.2.1 Relatie tussen stikstofbemesting en drogestofopbrengst.....	26
4.2.2 Relatie tussen stikstofbemesting en stikstofopbrengst.....	27
4.2.3 Relatie tussen stikstofbemesting en stikstofoverschot	28
4.2.4 Relatie tussen stikstofmineraal in de bodem en stikstofoverschot	29
4.2.5 Relaties met nitraat- en stikstoftotaal-concentratie	29

	pagina
5	Discussie..... 33
5.1	Zijn er opbrengstdervingen bij de huidige gebruiksnormen? 33
5.2	Blijven verliezen beperkt tot acceptabele niveaus? 34
6	Conclusies 37
	Literatuur 39
Bijlage I	Proefveldschema experiment 1 en de verdeling van mestgiften over het seizoen 41
Bijlage II	Proefveldschema experiment 2 en de verdeling van mestgiften over het seizoen 45
Bijlage III	Weersomstandigheden in 2005 en 2006 47

Samenvatting

Aanleiding en doel

De onderbouwing van de stikstof (N) gebruiksnorm voor meststoffen is gebaseerd op een reken-schema waarin de relatie wordt gelegd tussen het de hoogte van het N gebruik en nitraatuitspoeling. In het rekenschema werd uitgegaan van verwachtingen van i) de verdeling van aangevoerde N over bodem en gewas en ii) het lot van N in de bodem (denitrificatie, uitspoeling en ophoping).

De gebruiksnormen voor meststoffen worden in de praktijk getoetst in het project 'Koeien & Kansen'. In dit onderzoek worden referentiepercelen, gelegen op de bedrijven van 'Koeien & Kansen deelnemers', bemest overeenkomstig de gebruiksnormen 2009. Het onderzoek op de referentiepercelen gaat uit van één bemestingsniveau. Naar aanleiding van dit onderzoek was er behoefte aan meer inzicht in de respons van opbrengst en milieuemissies op de bemesting. Daarom is er aanvullend onderzoek uitgevoerd in een 2-tal experimenten op zandgrond. Dit rapport doet verslag van de resultaten van 2005 en 2006.

Het doel is het verkrijgen van inzicht in het effect van een variabele kunstmest N-gift bij een constant niveau van 250 kg N in dierlijke mest op de verdeling van N. Het gaat hierbij om de verdeling waarop de normen voor het totale gebruik van N zijn gebaseerd. Een ander doel is inzicht in het effect van een variabele gift van N in dierlijke mest op de verdeling van N.

De volgende twee onderzoeksvragen worden beantwoord:

1. Wat is de gevoeligheid van opbrengst, benutting en milieu-emissies bij N gebruik op niveaus hoger en lager dan de gebruiksnorm, bij 250 kg N met dierlijke mest.
2. Hoe is de verdeling van N uit dierlijke mest over gewas en grondwater bij verschillende dosering.

Aanpak

Om een antwoord te krijgen op onderzoeksvraag 1 werd experiment 1 uitgevoerd. Op twee locaties zijn veldproeven aangelegd met stikstofniveaus hoger en lager dan de gebruiksnormen (variatie in N-kunstmest). In de proeven werd de opbrengst en de N-benutting onderzocht. De volgende behandelingen werden in viervoud uitgevoerd:

1. N0: alleen drijfmest (250 kg N/ha)
2. N1: onder de gebruiksnorm: 250 kg N/ha met drijfmest + 50% van de kunstmestruimte
3. N2: bemesten volgens de gebruiksnorm: 250 kg N/ha met drijfmest + 100% kunstmestruimte
4. N3: boven de gebruiksnorm bemesten: 250 kg/ha met drijfmest + 150% kunstmestruimte

Om een antwoord te krijgen op onderzoeksvraag 2 werd experiment 2 uitgevoerd waarin de N-drijfmest aanvoer varieerde. In de proef werd zowel de verdeling van N over bodem en gewas als het lot van N in de bodem onderzocht, inclusief de nitraatuitspoeling. Op het perceel werd niet geweid. De volgende N-jaargiften werden in drievoud toegepast:

1. N0: 110 kg N/ha met drijfmest
2. N1: 170 kg N/ha met drijfmest (geen derogatie)
3. N2: 250 kg N/ha met drijfmest (derogatie)
4. N3: 325 kg N/ha met drijfmest
5. N4: 450 kg N/ha met drijfmest

Voor het onderzoeken van verschillen tussen drogestofopbrengst, N-opbrengst en N-overschot werd een variantie-analyse (ANOVA) uitgevoerd. Voor het onderzoeken naar de samenhang tussen enerzijds N-bemesting en anderzijds drogestofopbrengst, N-opbrengst en N-overschot werd een regressie analyse uitgevoerd.

Opbrengsten

De opbrengst, zowel die van drogestof als van N, reageerde behoorlijk sterk op N-bemesting (dierlijke mest en kunstmest). De N-opbrengst van gras reageerde in het algemeen sterker op de bemesting dan de drogestofopbrengst. Vooral in het traject van lagere N-bemesting dan de gebruiksnorm nam de opbrengst van drogestof en N toe met de bemesting. Per kg N was de toename gemiddeld respectievelijk 20 kg ds en 0.82 kg N. De reactie was al waarneembaar vanaf

de eerste snede. Naarmate de N-bemesting in het gebied komt van de gebruiksnorm en hoger, nam de gevoeligheid af naar 4 kg ds en 0.36 kg N per kg N. De gevoeligheid was sterk afhankelijk van het weer en de groeiomstandigheden. De relatie tussen N-bemesting en opbrengst (drogestof en N) werd het best beschreven met een niet-lineair model, met een afnemende meeropbrengst van de N-bemesting.

Zijn er opbrengstderivingen bij de huidige gebruiksnormen?

De N-gebruiksnorm 2009 van grasland op zandgrond is lager dan het landbouwkundige N-bemestingsadvies. Op basis van de resultaten is de derving van de drogestofopbrengst op zandgrond beperkt bij de hoogte van de N-gebruiksnorm 2009. In een situatie waarbij het grasland alleen gemaaid wordt, levert het verlagen van de N-bemesting van het bemestingsadvies naar het niveau van de gebruiksnorm (50 kg N-totaal/ha) gemiddeld 250 kg drogestof minder aan opbrengst op. De N-opbrengst zal bij bemesting volgens gebruiksnorm 2009 wel lager zijn dan bij bemesting volgens het N-bemestingsadvies. De derving is ook weer sterk afhankelijk van het weer. In een droog jaar is de derving 0.2 kg N per kg N en in een groeizaam jaar 0.45 kg N per kg N. Tabel 1 geeft een overzicht van de veranderingen in opbrengst (drogestof en N) bij een lagere en hogere bemesting van grasland dan de gebruiksnorm 2009 in een situatie van beweid grasland.

Tabel 1 Verandering van opbrengst (drogestof en N) bij een lagere (- 50 kg N/ha) en hogere (+ 75 kg N/ha) bemesting dan de gebruiksnorm 2009 voor beweid grasland (=100%)

	Gebruiksnorm 2009 (beweid grasland)	- 50	+ 75 (=bemestingsadvies)
Drogestof	100	97	103
N	100	94	108

Milieubelasting

Het verband tussen N-bemesting en de hoeveelheid N-mineraal in de bodem in het najaar was zwak. Er was wel een verband tussen N-mineraal in de bodem met de tijd (najaar-winter). De hoeveelheid N-mineraal nam behoorlijk af met de tijd. Het verband tussen N-bemesting en N-overschot was sterk bij hoge giften en nam exponentieel toe.

Effecten van de zwaarte van N-bemesting met dierlijke mest (variërend van 100 tot 450 kg N/ha) op nitraatuitspoeling zijn na twee jaar nog niet waarneembaar. Na het tweede jaar is de nitraatuitspoeling bij de hoge N-giften (350 en 450 kg N/ha) wel hoger dan die bij lage giften, maar de verschillen zijn niet significant. Een langere reeks zou meer duidelijkheid moeten verschaffen, omdat het N-overschot bij hogere N-gift wel toeneemt

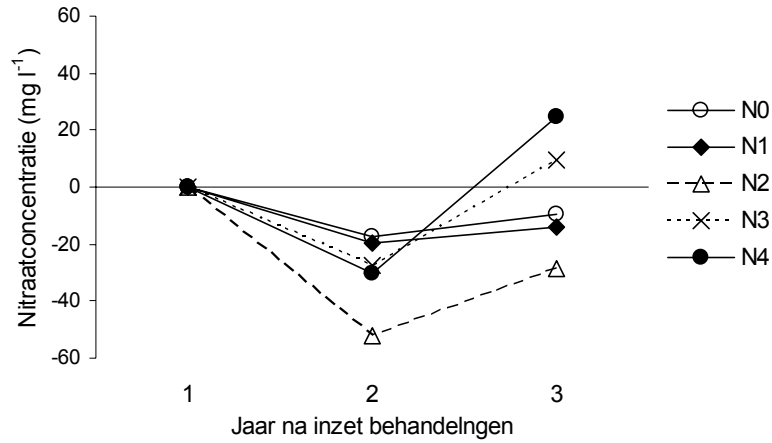
Blijven verliezen beperkt tot acceptabele niveaus?

Om te bepalen of de N-verliezen voldoen aan de normen die worden gesteld in het Nitraat actieplan worden twee benaderingen uitgewerkt. Er is nagegaan of:

1. het N-overschot op de bodem binnen de kritieke grenzen blijft, en of
2. de nitraatconcentratie aan de nitraatnorm voldoet.

Op basis van de resultaten wordt vooral in de combinatie van droge jaren en droge zandgrond de kritieke grens van het toelaatbare N-overschot overschreden. In jaren met normale tot goede groeiomstandigheden blijft het N-overschot in de meeste gevallen binnen de kritieke grens. De resultaten van de nitraatconcentraties in grondwater geven aan dat bij een behandeling met een gift van 450 kg N in dierlijke mest met 51 mg/l net iets hoger is dan de nitraatnorm en dat de overige behandelingen allemaal voldoen aan de nitraatnorm. Het is voorbarig om hieruit te concluderen dat een N-gift met dierlijke mest tot 450 kg per hectare met het oog op de nitraatnorm verantwoord is. Het is immers mogelijk dat er meer tijd verstrijkt voordat een respons van nitraatuitspoeling op de N-gift gaat optreden. Deze lange termijn effecten zijn van belang omdat een N-gift op lange termijn zal moeten voldoen aan de nitraatnorm. In Figuur 1 is weergegeven de verandering van de nitraatconcentratie in de tijd per behandeling ten opzichte van de uitgangswaarde (gemeten nitraatconcentraties voorafgaand aan de proef). Afgezien van het feit dat de veranderingen niet significant zijn, is met name in het jaar na de eerste uitvoering van de behandeling geen

logisch verband te herkennen tussen opgelegde N-niveaus en de aangetroffen nitraatconcentraties. In het tweede jaar na de eerste uitvoering van de behandeling zijn de resultaten iets meer in overeenstemming met de verwachtingen omdat dan bij behandelingen N3 en N4 sprake is van toename van de nitraatconcentratie. De resultaten van het derde (en laatste) jaar grasland waren nog niet volledig beschikbaar, en worden in een vervolgrapport besproken.



Figuur 1 De ontwikkeling van de nitraatconcentratie in grondwater in veldjes met verschillende N-bemesting (behandelingen N0-N4) in de jaren na inzet van de behandelingen

1 Inleiding

1.1 Achtergrond

In 2005 heeft Nederland bij de EU een derogatie gekregen zodat op melkveebedrijven met ten minste 70% grasland op hun bedrijf 250 kg in plaats van 170 kg N per hectare in dierlijke mest mogen toedienen. De derogatie geldt tot 2009. De derogatie werd afgegeven onder de voorwaarde dat door onderbouwing vooraf aannemelijk gemaakt werd dat de hoogte van de gebruiksnormen (dierlijke mest en kunstmest) niet leidt tot een overschrijding van de norm van 11,3 mg/l nitraat-N in het grondwater van zandgronden en een streefconcentratie van 11,3 mg/l totaal-N in drain- en slootwater van de klei- en veengronden (Schröder et al., 2005). Dit jaar gaat Nederland verlenging van de derogatie aanvragen voor de periode na 2009.

De onderbouwing van de gebruiksnorm voor meststoffen is gebaseerd op een rekenschema waarin de relatie wordt gelegd tussen de hoogte van het N gebruik en nitraatuitspoeling. In het rekenschema werd uitgegaan van verwachtingen van:

- i) de verdeling van aangevoerde stikstof (N) over bodem en gewas en
- ii) het lot van N in de bodem (denitrificatie, uitspoeling en ophoping).

De verwachte verdeling is verschillend voor verschillende teeltomstandigheden. Bij het afleiden van de aangenomen aanvoer is rekening gehouden met de vorm waarin N wordt aangevoerd. Dit kan zijn: N in drijfmest, N in weidemest, N in kunstmest, atmosferische depositie of biologische N-binding. Ten aanzien van de afvoer is onderscheid gemaakt tussen situaties met en zonder beweiding.

De gebruiksnormen voor meststoffen worden in de praktijk getoetst in het project 'Koeien & Kansen'. In dit onderzoek worden referentiepercelen bemest overeenkomstig de gebruiksnormen 2009. De eerste resultaten van het onderzoek op referentiepercelen over de jaren 2004 en 2005 werden gerapporteerd in Oenema et al., 2007. Het onderzoek op de referentiepercelen gaat uit van één bemestingsniveau. Naar aanleiding van dit onderzoek was er behoefte aan meer inzicht in de respons van opbrengst en milieuemissies op de bemesting. Daarom is er aanvullend onderzoek uitgevoerd in een 2-tal experimenten. Dit rapport doet verslag van de resultaten van 2005 en 2006.

1.2 Doel van het onderzoek

Het doel is het verkrijgen van inzicht in het effect van een variabele kunstmest N-gift bij een constant niveau van 250 kg N in dierlijke mest op de verdeling van N. Het gaat hierbij om de verdeling waarop de normen voor het totale gebruik van N zijn gebaseerd. Een ander doel is inzicht in het effect van een variabele gift van N in dierlijke mest op de verdeling van N. Mogelijk zullen in de toekomst nog discussies volgen over of het verantwoord is om de derogatie te verlengen. Deze vraag zal met name gelden voor droge zandgrond. Dit onderzoek is erop gericht inzicht te krijgen in deze vragen.

De volgende twee onderzoeksvragen worden beantwoord:

1. Wat is de gevoeligheid van opbrengst, benutting en milieu-emissies bij N gebruik op niveaus hoger en lager dan de gebruiksnorm, bij 250 kg N met dierlijke mest.
2. Hoe is de verdeling van N uit dierlijke mest over gewas en grondwater bij verschillende dosering.

1.3 Aanpak

Om de onderzoeksvragen te beantwoorden, werden twee soorten veldproeven met N-trappen aangelegd.

1.3.1 Experiment 1

Om een antwoord te krijgen op onderzoeksvraag 1 werd experiment 1 uitgevoerd. Op twee locaties zijn veldproeven aangelegd met stikstofniveaus hoger en lager dan de gebruiksnormen (variatie in N-kunstmest). In de proeven werd de opbrengst en de N-benutting onderzocht. Omdat in het nieuwe mestbeleid geen onderscheid meer wordt gemaakt voor droge en natte zandgronden, hebben de gebruiksnormen op natte zandgrond de meeste landbouwkundige consequenties (dus voor opbrengst) vergeleken met MINAS. De veldproeven lagen op relatief nat zand op het bedrijf Pijnenborg – Van Kempen (IJsselstein) en op 'De Marke'.

1.3.2 *Experiment 2*

Om een antwoord te krijgen op onderzoeksvraag 2 werd experiment 2 uitgevoerd waarin de N-drijfmest aanvoer varieert. Droge zandgrond is het meest gevoelig voor verliezen naar het milieu. Daarom ligt het experiment op 'De Marke' op een droog perceel. In de proef werd zowel de verdeling van N over bodem en gewas als het lot van N in de bodem onderzocht, inclusief de nitraatuitspoeling.

1.4 **Leeswijzer**

Hoofdstuk 2 gaat in op de opzet, lay-out en behandeling van de experimenten en op de uitvoering van de gevoeligheidsanalyse. De gevoeligheidsanalyse bestaat uit 3 onderdelen: (1) een variantieanalyse (ANOVA) om verschillen aan te tonen, (2) een regressieanalyse om verbanden te leggen van doseringen van verschillende N-bemestingsniveaus met opbrengsten en milieuemissies, en (3) om de benutting en efficiëntie van N bij die verschillende bemestingsniveaus te bepalen. In hoofdstuk 3 worden de resultaten van de variantieanalyse gepresenteerd en besproken en hoofdstuk 4 gaat in op de twee andere onderdelen van de gevoeligheidsanalyse: de regressieanalyse en de benutting en efficiëntie van N. De resultaten uit de voorgaande hoofdstukken worden in hoofdstuk 5 vertaald naar bruikbaarheid voor praktijk en beleid. Hoofdstuk 6 sluit af met conclusies op basis van de resultaten uit de voorgaande 3 hoofdstukken.

2 Materiaal & Methode

2.1 Experiment 1

In het voorjaar van 2005 is op 'De Marke' en het bedrijf Pijnenborg-Van Kempen (IJsselstein) een veldproef met N-trappen aangelegd. De proefvelden waren ingericht volgens het principe van een volledig gewarde proef volgens het schema in Bijlage I, met 4 behandelingen (N0-N3; zie paragraaf 2.1.1) en 4 herhalingen. De bodemvruchtbaarheid van de percelen is weergegeven in Tabel 2.1.

Tabel 2.1 De bodemvruchtbaarheidskenmerken van de proefvelden in experiment 1

Locatie	Laag (cm)	o.s (g/100 g)	N-totaal (mg/kg)	P-AL (mg P ₂ O ₅ /l)	pH-KCL -	K-getal -
De Marke ¹	0-10	4.3	1940	31	5.3	25
IJsselstein ²	0-10	6.3	1769	32	5.2	40

¹ Bemonsteringsdatum februari 2003

² Bemonsteringsdatum november 2003

2.1.1 Behandeling

De veldjes in het experiment waren 2,8 bij 10 meter groot en lagen op een praktijkperceel. De volgende behandelingen werden in viervoud uitgevoerd:

1. N0: alleen drijfmest (250 kg N/ha)
2. N1: onder de gebruiksnorm: 250 kg N/ha met drijfmest + 50% van de kunstmestruimte
3. N2: bemesten volgens de gebruiksnorm: 250 kg N/ha met drijfmest + 100% kunstmestruimte
4. N3: boven de gebruiksnorm bemesten: 250 kg/ha met drijfmest + 150% kunstmestruimte

Voor de hoeveelheid kunstmestruimte werd uitgegaan van de situatie dat grasland beweid wordt.

Tabel 2.2 geeft een overzicht van de ingestelde N-jaargift per behandeling (plan), zowel uitgedrukt in de hoeveelheid kg N-totaal en als kg N-werkzaam, en de werkelijke N-bemesting op de verschillende locaties en jaren.

Tabel 2.2 De ingestelde N-jaargift (kg/ha) per behandeling (plan), uitgedrukt in kg N-totaal en kg N-werkzaam, en de werkelijke N-bemesting (N-jaargift, drijfmest in m³ en N-kunstmest) op de verschillende locaties en jaren

	IJsselstein				Marke			
	N0	N1	N2	N3	N0	N1	N2	N3
Plan N-jaargift (kg N-totaal)	250	322	384	450	250	322	384	450
Plan N-jaargift (kg N-werkzaam)	112	180	246	312	112	180	246	312
Werkelijke N-jaargift (kg N-totaal)								
- 2005	227	295	361	427	234	308	374	440
- 2006	225	275	341	407	260	296	351	412
Werkelijke N-jaargift (kg N-werkzaam)								
- 2005	84	152	218	284	132	207	273	329
- 2006	130	181	247	313	147	183	238	299
Drijfmest (m ³)								
- 2005	55	55	55	55	65	65	65	65
- 2006	64	64	64	64	70	70	70	70
Kunstmest (kg N/ha)								
- 2005	0	68	134	200	0	74	140	206
- 2006	0	50	116	182	0	36	91	152

Drijfmest werd toegediend met een zodebemester en gelijk verdeeld over alle veldjes. De verdeling van de mestgiften over de verschillende snedes op de verschillende locaties en jaren is weergegeven in Bijlage I. De veldjes werden alleen gemaaid en niet beweide.

2.1.2 Bepalingen

Na maaien van een snede werd de opbrengst van elk veldje gewogen. Het gras werd geoogst met een Haldrup. Na weging van het verse materiaal werd per veldje een monster genomen ter bepaling van het drogestofgehalte. In het gedroogde materiaal zijn vervolgens het N- en P-gehalte bepaald. Tevens werd in het najaar N-mineraal in de bodem gemeten (landbouwkundige bepaling). In het eerste jaar (2005) is de N-mineraal in de bodem gemeten in de laag 0-20 cm, in het tweede jaar (2006) in 3 lagen (0-30, 30-60, 60-90 cm). Het N-overschot (kg/ha) per veldje wordt als volgt berekend:

N-overschot = N-aanvoer (drijfmest + kunstmest) – N-afvoer in geoogst gewas

2.2 Experiment 2

In het voorjaar van 2005 is op 'De Marke' een veldproef aangelegd met N-trappen met drijfmest op droog zand. Het proefveld is ingericht volgens het principe van een volledig gewarde proef volgens het schema in Bijlage II, met 5 behandelingen (N0-N4; zie paragraaf 2.2.1) en 3 herhalingen. De bodemvruchtbaarheid van het perceel is weergegeven in Tabel 2.3.

Tabel 2.3 De bodemvruchtbaarheidskenmerken van het proefveld in experiment 2 (bemonstering februari 2003)

Laag cm	o.s g/100 g	N-totaal mg/kg	P-AL mg P ₂ O ₅ /l	pH-KCL -	K-getal -
0-10	3.6	1140	94	5.3	38
0-20	3.6	-	90	5.6	16

De proef is gelokaliseerd op perceel 2. Dit perceel werd gekozen omdat het een gelijkmatig beeld vertoonde voor wat betreft de nitraatconcentraties (SD < 10). Bovendien waren de concentraties betrekkelijk hoog, hetgeen aangeeft dat er wel een respons gemeten kan worden. Het perceel was voor het derde jaar in gebruik als grasland en zal dat zolang de proef duurt moeten blijven. De grondwatertrap was VII.

2.2.1 Behandeling

De veldjes in het experiment waren 30 bij 30 meter groot. De veldjes waren zo groot om er voldoende zeker van te zijn dat de grondwaterkwaliteit beïnvloed werd door het veldje en de daarop toegepaste behandeling zodat uitgesloten kon worden dat drainagewater uit het omliggende perceel de kwaliteit beïnvloedde (mond. med. Leo Boumans, RIVM). Op het perceel werd niet geweid. De volgende N-jaargiften werden in drievoud toegepast (kg N-totaal/ha):

6. N0: 110 kg N/ha met drijfmest
7. N1: 170 kg N/ha met drijfmest (geen derogatie)
8. N2: 250 kg N/ha met drijfmest (derogatie)
9. N3: 325 kg N/ha met drijfmest
10. N4: 450 kg N/ha met drijfmest

Tabel 2.4 geeft een overzicht van de werkelijke hoeveelheid drijfmest per behandeling, uitgedrukt in m³ en kg N-totaal/ha, in de jaren 2005 en 2006.

Tabel 2.4 De verdeling van drijfmest (m³ en kg N-totaal/ha) per behandeling in de jaren 2005 en 2006

Behandeling	2005		2006	
	m ³	kg N-totaal/ha	m ³	kg N-totaal/ha
N0	35	120	25	88
N1	50	176	47	170
N2	75	270	70	258
N3	95	347	90	336
N4	115	421	125	471

De klaver in de veldjes werd doodgespoten omdat het de N-aanvoer beïnvloedt. De drijfmest werd toegediend met een zodebemester. Bij 0-giften blijft de sleufkouter door de grond gaan, maar wordt de aanvoer stop gezet. De verdeling van de mestgiften over de verschillende snedes is weergegeven in Bijlage II.

2.2.2 Bepalingen

Opbrengstbepaling van geoogst gras vond plaats door een strook uit te maaien met de proefveldmaaier (Haldrup). Na weging van het verse materiaal werd per veldje een monster genomen ter bepaling van het drogestofgehalte. In het gedroogde materiaal zijn vervolgens het N- en P-gehalte bepaald. Tevens werd in het najaar N-mineraal in de bodem gemeten in 3 lagen (0-30, 30-60, 60-90 cm). Het N-overschot (kg/ha) per veldje wordt als volgt berekend:

N-overschot = N-aanvoer drijfmest – N-afvoer in geoogst gewas

Voor de beginsituatie werd op 17 mei 2005 het bovenste grondwater dan wel het bodemvocht bemonsterd van alle proefvelden van perceel 2 van De Marke. Per proefveld werden op 5 plekken monsters genomen, namelijk in het midden van het proefveld en nabij de vier hoekpunten (op 10 meter uit elke kant). Voor de metingen werd dezelfde bemonsterings- en laboratoriumprocedure gevolgd als bij het referentiepercelen-onderzoek beschreven in Oenema et al. (2007).

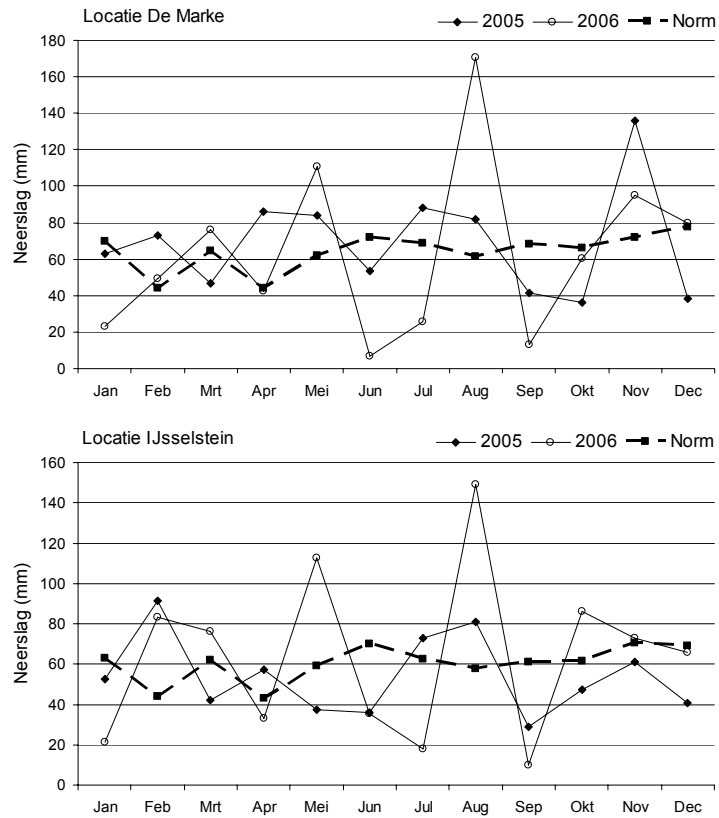
2.3 Het weer

Een overzicht van het weer in 2005 en 2006 op de locaties De Marke en IJsselstein is weergegeven in Tabel 2.5 en de Figuren 2.1 en 2.2. Bijlage III geeft een vollediger overzicht van het weer. In beide jaren was het warmer dan de norm, vooral in de zomer en najaar. In juli 2006 liepen de temperaturen flink op (Figuur 2.2) en viel er nauwelijks regen (Figuur 2.1). Op De Marke was juni ook een droge maand. Pas in augustus viel er op beide locaties opnieuw veel neerslag. Het neerslagpatroon in 2006 was veel grilliger dan in 2005.

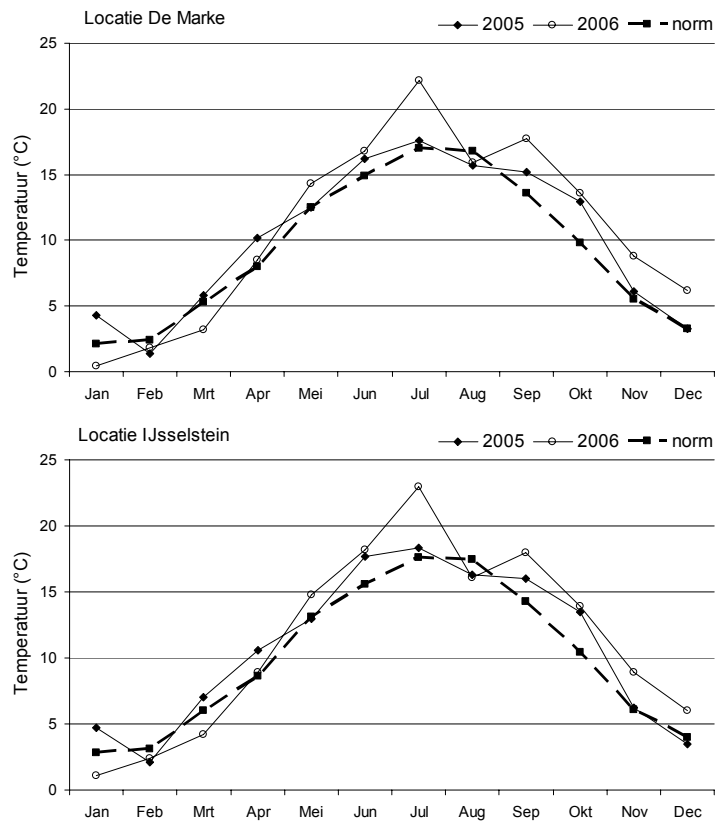
Tabel 2.5 De gemiddelde temperatuur en neerslag (exclusief beregening) gedurende de periode maart-juni en juli-oktober in de jaren 2005 en 2006 op de locaties De Marke en IJsselstein

Kenmerk	Periode	De Marke			IJsselstein		
		2005	2006	norm	2005	2006	norm
Temperatuur (°C) ¹	maart-juni	11.2	10.7	10.2	12.1	11.5	10.8
	juli-oktober	15.4	17.4	14.3	16.0	17.8	15.0
Neerslag (mm)	maart-juni	270	236	243	173	258	235
	juli-oktober	248	269	265	230	263	243

¹ Voor de locatie IJsselstein zijn de temperatuur data van Eindhoven genomen



Figuur 2.1 De verdeling van neerslag (exclusief beregening) in de jaren 2005 en 2006 op de locaties De Marke en IJsselstein



Figuur 2.2 Het verloop van de gemiddelde maandtemperatuur in de jaren 2005 en 2006 op de locaties De Marke en IJsselstein (data Eindhoven)

2.4 Gevoeligheidsanalyse

2.4.1 ANOVA

Voor het onderzoeken van verschillen tussen drogestofopbrengst, N-opbrengst en N-overschot werd een variantie-analyse (ANOVA) uitgevoerd.

2.4.2 Regressie analyse

Voor het onderzoeken naar de samenhang tussen enerzijds N-bemesting en anderzijds drogestofopbrengst, N-opbrengst en N-overschot werd een regressie analyse uitgevoerd. Bij regressie-analyse wordt een model gehanteerd dat beschrijft hoe de responsvariabele y (in dit geval drogestofopbrengst, N-opbrengst en N-overschot) samenhangt met de predictorvariabele x (in dit geval N-bemesting). Hierbij wordt bij elke vaste waarde van x de verdeling van y opgegeven (in ons geval normaal) en daarmee dus ook de verwachtingswaarde Ey en de variantie $var(y)$. De samenhang werd zowel onderzocht met lineaire regressie als niet-lineaire regressie. Het lineaire model ziet er als volgt uit:

$$Ey = \beta_0 + \beta_1 x$$

Met Ey als responsvariabele; β_0 en β_1 als parametercoëfficiënten en x predictorvariabele N-bemesting

Het niet-lineaire model ziet er als volgt uit:

$$Ey = \beta_0 + \beta_1 * \beta_2^x$$

2.5 Stikstofbenutting en stikstofefficiëntie

Experiment 1 werd opgezet om vast te stellen in hoeverre variatie in de gift van N-kunstmest invloed heeft op de opbrengst (drogestof en stikstof) en de milieubelasting (N-mineraal in de bodem en N-overschot). Daarnaast werd de *werking* van N-kunstmest door het gewas onderzocht, in het vervolg 'apparent N recovery' (ANR) en 'apparent N efficiency' (ANE) genoemd. De berekening van ANR en ANE is als volgt:

ANR = $100 * (\text{N-opbrengst bij bepaalde gift N-kunstmest} - \text{N-opbrengst zonder N-kunstmest}) / \text{toegediende hoeveelheid N-kunstmest}$

ANE = $100 * (\text{drogestofopbrengst bij bepaalde gift N-kunstmest} - \text{drogestofopbrengst zonder N-kunstmest}) / \text{toegediende hoeveelheid N-kunstmest}$

Een opmerking bij bovenstaande berekeningen is dat de gift met N-kunstmest in experiment 1 werd toegediend bovenop een 'basisbemesting' met drijfmest (gemiddeld 250 kg N/ha). De berekende ANR en ANE kunnen daarom gezien worden als 'lokale ANR' en 'lokale ANE'.

3 Resultaten

In dit hoofdstuk worden de resultaten van ANOVA per experiment besproken: van experiment 1 in paragraaf 3.1 en van experiment 2 in paragraaf 3.2. Voor beide experimenten is de aanpak waarbij de resultaten worden besproken gelijk. Die aanpak houdt in dat eerst de opbrengsten (drogestof en stikstof) worden besproken en vervolgens de resultaten van N-mineraal in de bodem en het N-overschot op de bodem. Bij experiment 2 wordt extra nog de gemeten nitraatconcentraties besproken.

3.1 Experiment 1

3.1.1 Opbrengsten

In 2005 was de totale drogestofopbrengst bij behandeling N1 (drijfmest + 71 kg kunstmest-N/ha) duidelijk hoger dan bij N0 (alleen drijfmest) (Tabel 3.1). Ook tussen N1 en N2 (drijfmest + 137 kg kunstmest-N/ha) waren de verschillen in totale drogestofopbrengst significant. Tussen N0 en N1 nam de totale drogestofopbrengst toe met 23 kg per kg N, terwijl tussen N2 en N3 (drijfmest + 200 kg kunstmest-N/ha) de toename nog maar 6 kg ds per kg N bedroeg. Vanaf de eerste snede waren de verschillen in drogestofopbrengst tussen de behandelingen N0 en N1 significant. Tussen de drogestofopbrengsten van gras bemest volgens N2 en N3 bestonden echter, met uitzondering van de derde snede, geen significante verschillen.

In het tweede jaar (2006) was de totale droge stofopbrengst (som van de snedes) in alle behandelingen lager dan in 2005. Net als in 2005 was de totale drogestofopbrengst bij behandeling N1 (drijfmest + 43 kg kunstmest-N/ha) significant hoger dan bij N0. Tussen N1 en N2 (drijfmest + 104 kg kunstmest-N/ha) waren de verschillen nu niet meer significant. Tussen N0 en N1 nam de totale drogestofopbrengst toe met 18 kg per kg N, terwijl tussen N2 en N3 (drijfmest + 167 kg kunstmest-N/ha) de toename nog maar 1 kg ds per kg N bedroeg. Tussen de snedes waren de verschillen tussen 2 opeenvolgende behandelingen minder groot: alleen bij snede 2 tussen N0 en N1 en bij snede 4 tussen N2 en N3.

De N-opbrengst van gras reageerde in het algemeen sterker op de bemesting dan de drogestofopbrengst (Tabel 3.2). In beide jaren waren de verschillen in de totale N-opbrengst allemaal significant, ondanks dat de drogestofopbrengst van gras in 2006 dit niet was. Tussen N0 en N1 nam de totale N-opbrengst per kg N toe met 0.82 kg in 2005 en 0.86 in 2006, terwijl tussen N2 en N3 de toename per kg daalde naar 0.38 per kg N in 2005 en 0.34 per kg N in 2006. Tussen de afzonderlijke snedes waren de verschillen in N-opbrengst in het merendeel significant.

Tabel 3.1 De gemiddelde drogestofopbrengst (kg/ha) van gras van twee locaties (De Marke en IJsselstein) in relatie tot de bemestingbehandeling; verschillende letters achter cijfers binnen eenzelfde kolom duiden op significantie ($P < 0.05$) verschillen

Behandeling	Snedes ¹					Som
	1	2	3	4	5	
2005						
N0	4383 a	2376 a	1845 a	1586 a	832	11022 a
N1	4891 b	2775 b	2327 b	1826 b	807	12625 b
N2	5164 b	2899 b	2576 b	2060 c	809	13508 c
N3	5146 b	2884 b	2904 c	2238 c	759	13930 c
LSD ($P < 0.05$)	289	181	326	215	200	815
2006						
N0	2678 a	2892 a	2358	948 a		8876 a
N1	2904 ab	3297 b	2473	1028 ab		9702 b
N2	3028 b	3542 b	2623	1024 ab		10217 b
N3	3096 b	3565 b	2543	1072 c		10275 b
LSD ($P < 0.05$)	361	311	273	111		582

¹ De achtereenvolgende snedes vonden in 2005 plaats op 11 mei, 16 juni, 26 juli, 4 september en 19 oktober en in 2006 op 15 mei, 21 juni, 5 september en 15 oktober

Tabel 3.2 De gemiddelde stikstofopbrengst (kg/ha) van gras van twee locaties (De Marke en IJsselstein) in relatie tot de bemestingbehandeling; verschillende letters achter cijfers binnen eenzelfde kolom duiden op significantie ($P < 0.05$) verschillen

Behandeling	Snedes					Som
	1	2	3	4	5	
2005						
N0	97 a	45 a	39 a	40 a	27	247 a
N1	121 b	61 b	51 b	46 b	26	305 b
N2	130 b	79 c	62 c	54 c	28	352 c
N3	130 b	89 d	73 d	59 c	27	377 d
LSD ($P < 0.05$)	17	6	8	8	7	25
2006						
N0	60 a	58 a	71 a	33		221 a
N1	74 b	71 b	77 ab	36		258 b
N2	87 c	85 c	78 b	38		287 c
N3	94 c	98 d	80 b	37		309 d
LSD ($P < 0.05$)	10	8	7	6		19

3.1.2 Stikstofmineraal in de bodem en stikstofoverschot

In 2005 werd N-mineraal gemeten in de laag 0-20 cm en in 2006 in de laag 0-90 cm. Dit maakt het vergelijken tussen jaren niet mogelijk. Er is nauwelijks een verband waarneembaar tussen N-mineraal in de bodem en de bemesting (Tabel 3.3). Hierbij moet opgemerkt worden dat het kleinst waarneembare verschil (LSD) aanzienlijk is door grote variaties tussen veldjes. Alleen in 2006 in de laag 0-90 cm werden enkele significante verschillen gevonden, en op de locatie IJsselstein alleen tussen twee opeenvolgende behandelingen (N2 en N3). In 2005 is op de locatie IJsselstein N-mineraal op twee momenten (R1 en R2) in het najaar gemeten. Tussen de twee momenten waren de verschillen per behandeling significant, met uitzondering van N1 (hoge LSD door grote variatie). Het lijkt erop dat de toegepaste N-bemesting in het traject van de behandelingen geen duidelijk effect heeft op het N-mineraal niveau in de bodem.

Tabel 3.3 Het gemiddelde van N-mineraal in de bodem (kg/ha) per locatie (loc 1 = IJsselstein, loc 2 = De Marke) per jaar en per ronde (R1 en R2) in relatie tot de bemestingbehandeling; verschillende kleine letters achter cijfers binnen eenzelfde kolom en hoofdletters binnen eenzelfde rij duiden op significantie ($P < 0.05$) verschillen

Behandeling	2005				2006	
	Loc 1		LSD ($P < 0.05$)	Loc 2	Loc 1 ⁴	Loc 2 ⁵
	R1 ¹	R2 ²		R1 ³		
N0	16 A	4 B	12	6	42 a	15 a
N1	27	4	27	10	52 ab	18 ab
N2	22 A	5 B	3	8	41 a	21 b
N3	28 A	5 B	16	8	65 b	21 b
LSD ($P < 0.05$)	21	2		4	19	5

¹ Gemeten op 28 oktober 2005

² Gemeten op 6 februari 2006

³ Gemeten op 14 oktober 2005

⁴ Gemeten op 7 november 2006

⁵ Gemeten op 14 november 2006

De verschillen in N-overschot gemiddeld per jaar waren eerder significant dan afzonderlijk per locatie (Tabel 3.4). Tussen behandeling N2 en N3 waren in alle situaties de verschillen significant met uitzondering van locatie De Marke in 2005. Ook de absolute verschillen in overschot is tussen de behandelingen N2 en N3 het grootst, wat duidt op een exponentiële toename van het N-overschot met de N-bemesting.

Tabel 3.4 Het gemiddelde N-overschot (kg/ha) zowel per locatie (loc 1 = IJsselstein, loc 2 = De Marke) als gemiddeld per jaar in relatie tot de bemestingbehandeling; verschillende letters achter cijfers binnen eenzelfde kolom duiden op significantie ($P < 0.05$) verschillen

Behandeling	2005			2006		
	Loc 1	Loc 2	Samen	Loc 1	Loc 2	Samen
N0	-35 a	1 a	-17 a	19 a	24 a	21 a
N1	-21 a	14 a	-4 ab	16 a	38 ab	27 a
N2	-16 a	47 bc	16 b	60 b	58 b	59 b
N3	33 b	80 c	56 c	109 c	92 c	100 c
LSD ($P < 0.05$)	39	40	25	31	25	19

3.2 Experiment 2

3.2.1 Opbrengsten

De verschillen in de totale drogestofopbrengst tussen twee opeenvolgende behandelingen waren in beide jaren niet significant, ondanks de toch waarneembare absolute verschillen van soms meer dan 1 ton ds/ha (Tabel 3.5). Een oorzaak is dat het kleinst waarneembare verschil (LSD) aanzienlijk is door grote variaties tussen veldjes. De totale drogestofopbrengst van gras was in 2006 voor elke bemestingbehandeling ca. 2 ton ds/ha lager dan in 2005. De drogestofopbrengst van gras in 2005 reageerde nog niet op N bij de eerste snede. Bij de snedes die daarop volgden, namen de verschillen in drogestofopbrengst toe met N, al waren de verschillen niet altijd significant. Vaak waren de verschillen tussen twee opeenvolgende bemestingbehandelingen niet significant. Tussen N0 en N1 werden geen significante verschillen waargenomen.

Tabel 3.5 De gemiddelde drogestofopbrengst (kg/ha) van gras in relatie tot de bemestingbehandeling; verschillende letters achter cijfers binnen eenzelfde kolom duiden op significantie ($P < 0.05$) verschillen

Behandeling	Snedes ¹					Som
	1	2	3	4	5	
2005						
N0	3750	1988 a	1944 a	1168 a	1278 a	8270 a
N1	3937	2258 ab	1943 a	1116 a	1257 a	9088 ab
N2	3636	2786 bc	2612 ab	1667 b	1534 ab	10563 bc
N3	3645	2716 bc	2882 b	2158 c	1440 a	10965 bc
N4	3714	2985 cd	3304 b	2358 c	1766 b	11936 c
LSD ($P < 0.05$)	604	641	929	375	291	1666
2006						
N0	1635	2080 a	1940 a	757		6412 a
N1	2095	2628 ab	2245 ab	696		7664 ab
N2	2313	3102 bc	2802 b	675		8892 bc
N3	2390	3160 bc	2832 b	709		9090 bc
N4	2645	3439 c	2977 b	684		9745 c
LSD ($P < 0.05$)	1166	626	816	331		1847

¹ De achtereenvolgende snedes vonden in 2005 plaats op 11 mei, 16 juni, 1 augustus, 8 september en 10 oktober en in 2006 op 15 mei, 22 juni, 6 september en 16 oktober

In beide jaren waren de verschillen in totale N-opbrengst tussen de bemestingbehandelingen gelijk, al was het absolute niveau in 2006 lager dan in 2005 (Tabel 3.6). Alleen tussen de behandelingen N1 en N2 waren de verschillen in N-opbrengst significant. Net als bij de drogestofopbrengst was de variatie tussen de veldjes (herhalingen) groot. De N-opbrengst reageerde in 2005 bij de eerste snede niet op de bemesting. In de snedes die daarop volgen namen de verschillen in N-opbrengst toe met N, al waren de verschillen niet altijd significant.

Tabel 3.6 De gemiddelde stikstofopbrengst (kg/ha) van gras in relatie tot de bemestingbehandeling; verschillende letters achter cijfers binnen eenzelfde kolom duiden op significantie ($P < 0.05$) verschillen

Behandeling	Snedes					Som
	1	2	3	4	5	
2005						
N0	76	38 a	46 ab	28 a	40 a	228 a
N1	77	43 a	41 a	25 a	36 a	222 a
N2	80	61 bc	56 abc	38 a	46 ab	281 b
N3	80	64 bc	62 b	55 b	40 a	300 bc
N4	80	73 c	72 c	59 b	54 b	338 c
LSD ($P < 0.05$)	12	15	21	13	13	44
2006						
N0	36 a	35 a	45 a	26		142 a
N1	51 ab	43 a	43 a	21		158 a
N2	58 ab	57 b	64 b	21		200 b
N3	58 ab	61 bc	71 bc	23		213 bc
N4	63 b	71 c	83 c	22		239 c
LSD ($P < 0.05$)	26	12	15	13		36

3.2.2 Stikstofmineraal in de bodem en stikstofoverschot

N-mineraal in de bodem (laag 0-90 cm) reageerde nauwelijks op de bemesting (Tabel 3.7), veroorzaakt door geringe verschillen tussen de behandelingen en doordat in enkele gevallen het kleinst waarneembare verschil (LSD) aanzienlijk is door grote variaties tussen veldjes. Alleen in 2006 was het verschil in N-mineraal tussen behandeling N3 en N4 significant. In 2005 werd N-mineraal op twee momenten (R1 en R2) in het najaar gemeten. Tussen de twee momenten waren de verschillen per behandeling significant, met uitzondering van N2 (hoge LSD).

Tabel 3.7 Het gemiddelde van N-mineraal in de bodem (laag 0-90 cm; kg/ha) per jaar en per ronde (R1 en R2) in relatie tot de bemestingbehandeling; verschillende kleine letters achter cijfers binnen eenzelfde kolom en hoofdletters binnen eenzelfde rij duiden op significantie ($P < 0.05$) verschillen

Behandeling	2005			2006 ³
	R1 ¹	R2 ²	LSD	
N0	23 A	16 B	6	20 ab
N1	26 A	14 B	9	19 ab
N2	28	16	15	18 a
N3	30 A	15 B	11	18 a
N4	31 A	16 B	5	33 b
LSD ($P < 0.05$)	11	3		14

¹ Gemeten op 14 oktober 2005

² Gemeten op 7 december 2005

³ Gemeten op 15 november 2005

De verschillen in N-overschot tussen de bemestingbehandelingen waren significant, met uitzondering van die tussen N1 en N2 en tussen N3 en N4 in 2005 (Tabel 3.8). Ook de absolute verschillen in N-overschot tussen twee behandelingen waren groot, vooral tussen behandeling N3 en N4 in 2006 (resp. 122 en 233 kg N/ha).

Tabel 3.8 Het gemiddelde N-overschot (kg/ha) per jaar in relatie tot de bemesting-behandeling; verschillende letters achter cijfers binnen eenzelfde kolom duiden op significantie ($P < 0.05$) verschillen

Behandeling	2005	2006
N0	-108 a	-54 a
N1	-46 b	11 b
N2	-11 b	59 c
N3	47 c	122 d
N4	84 c	233 e
LSD ($P < 0.05$)	44	36

3.2.3 Nitraat- en stikstoftotaal-concentratie in het grondwater

Tabel 3.9 geeft de nitraatconcentratie in grondwater weer in de veldjes behandeld met verschillende drijfmestgiften. Er waren geen significante verschillen in de gemiddelde nitraatconcentratie in de verschillende behandelingen. In 2005 nam de nitraatconcentratie toe in de volgorde: $N0 < N3 < N1 = N2 < N4$ en in 2006 in de volgorde: $N0 < N1 < N3 < N2 < N4$. In 2006 was het verschil tussen behandeling N4 en N0 hoger dan in 2005. De gemiddelden waren in 2006 iets hoger dan in 2005.

We kunnen rekening houden met de verschillen tussen de omstandigheden in 2005 en 2006 door de jaren als blokken met uniforme omstandigheden op te nemen in ANOVA. Hierdoor kunnen we de respons over 2005 en 2006 samenvatten in één gemiddelde nitraatconcentratie per behandeling. Het resultaat is weergegeven in Tabel 3.10. Het effect van de behandelingen op de nitraatconcentratie was niet significant.

Tabel 3.9 De nitraatconcentraties (mg/l) corresponderend met¹ de verschillende behandelingen met drijfmest toegepast in 2005 en 2006 (gemiddelden en standaardafwijking)

Behandeling	2005 ²		2006 ³	
	Gemiddelden	Sd	Gemiddelden	Sd
N0	27	5	30	7
N1	35	16	38	16
N2	35	11	51	2
N3	28	2	42	15
N4	37	9	66	63
LSD ($P < 0.05$)	18		54	

¹ Er is van uitgegaan dat de effecten van behandelingen in jaar x waargenomen kunnen worden in jaar x + 1

² Gemeten op 28 juni 2006

³ Gemeten op 6 maart 2007

Tabel 3.10 De nitraatconcentratie (mg/l) bij verschillende behandelingen met drijfmest

Behandeling	Gemiddelden (2005 en 2006)
N0	28
N1	37
N2	43
N3	35
N4	51
LSD (P<0.05)	24

In 2005 werd een aanzienlijke hoeveelheid N in organisch gebonden vorm aangetroffen. Omdat niet uitgesloten kon worden dat deze N-org (gedeeltelijk) afkomstig was van de toegediende drijfmest, werd ook de N-totaal, de som van N uit nitraat en N-org, bij de analyse in beschouwing genomen. De gemiddelden werden op vergelijkbare wijze als bij nitraat bepaald voor 2005 en 2006 afzonderlijk en voor beide jaren samen. De resultaten zijn weergegeven in Tabellen 3.11 en 3.12. Ook bij N-totaal waren de gemiddelden niet significant verschillend in de verschillende behandelingen.

Tabel 3.11 De N-totaalconcentratie (mg/l) bij verschillende behandelingen met drijfmest waargenomen in 2005 en 2006 (gemiddelden en standaardafwijking)

Behandeling	2005		2006	
	Gemiddelden	Sd	Gemiddelden	Sd
N0	28	4	10	2
N1	22	4	12	4
N2	28	5	14	1
N3	24	2	13	1
N4	25	4	18	14
LSD (P<0.05)	10		11	

Tabel 3.12 De gemiddelde N-totaalconcentratie (mg/l) bij verschillende behandelingen met drijfmest

Behandeling	Gemiddelden (2005 en 2006)
N0	19
N1	17
N2	21
N3	19
N4	21
LSD (P<0.05)	6.6

4 Analyse van relaties

Dit hoofdstuk geeft de resultaten weer van de regressieanalyse die is uitgevoerd om de relatie te onderzoeken tussen enerzijds de N-bemesting en anderzijds drogestofopbrengst, N-opbrengst en N-overschot. Ook is onderzocht de relatie tussen N-mineraal in de bodem en N-overschot (experiment 1 en 2) en de relatie tussen N-overschot en nitraatconcentratie (experiment 2). Tenslotte is gekeken naar de N-benutting en N-efficiëntie van kunstmest-N (experiment 1).

4.1 Experiment 1

Met behulp van regressie analyse is onderzocht welk model (zie paragraaf 2.4.2) de waarnemingen van enerzijds N-bemesting en anderzijds drogestofopbrengst (paragraaf 4.1.1), N-opbrengst (paragraaf 4.1.2) en N-overschot (paragraaf 4.1.3) het best beschrijft. Deze analyse is ook uitgevoerd voor de relatie tussen N-mineraal in de bodem en N-overschot (paragraaf 4.1.4). Als laatste zijn de N-benutting en N-efficiëntie van kunstmest-N berekend (paragraaf 4.1.5).

4.1.1 Relatie tussen stikstofbemesting en drogestofopbrengst

Het niet-lineaire model (exponentieel) bleek het best de relatie weer te geven tussen drogestofopbrengst (kg/ha) en de N-bemesting (kg/ha) bij de waargenomen data. Het model ziet er als volgt uit:

$$\text{drogestofopbrengst} = a + b * d^{(N\text{-bemesting})}$$

Tabel 4.1 geeft per locatie en per jaar de parameterschattingen met standaardfout (se) en het percentage verklaarde variantie (R^2) weer. In Figuur 4.1 zijn de waargenomen drogestofopbrengsten en de gefitte verbanden met de N-bemesting weergegeven per locatie en jaar. Het percentage verklaarde variantie varieert tussen 41% en 90%. Parameter a geeft het maximum van de voorspelde drogestofopbrengst. Het maximum aan drogestofopbrengst varieerde tussen ca. 7 en 15 ton ds/ha. De som van parameters a en b vormen de voorspelde drogestofopbrengst zonder N-bemesting. In alle modellen is de standaardfout voor parameter b groot, waardoor de drogestofopbrengst zonder N-bemesting in dit experiment niet nauwkeurig voorspeld kan worden. Dit wordt grotendeels veroorzaakt door het ontbreken van waarnemingen in het traject van lage (of geen) N-bemesting. Parameter d geeft de vorm van de curve aan en varieert tussen 0.95 en 1.

De resultaten, per jaar gemiddeld over de locaties, van de parameterschattingen met standaardfout (se), het percentage verklaarde variatie (R^2) en de waargenomen drogestofopbrengsten en gefitte modellen zijn weergegeven in Tabel 4.2 en Figuur 4.2. Het percentage verklaarde variantie van het model in 2005 reikt tot 67% en in 2006 tot 57%. In 2005 bedroeg het voorspelde maximum drogestofopbrengst 14.3 ton ds/ha en in 2006 10.2 ton ds/ha.

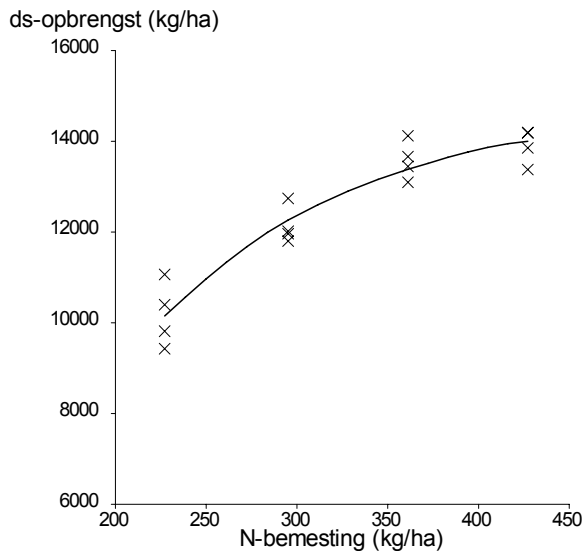
Tabel 4.1 Schatting van de regressiecoëfficiënten met de standaardfout (se) en het percentage verklaarde variantie (R^2) van het verband tussen drogestofopbrengst (kg/ha) met de N-bemesting (kg/ha) per locatie (loc 1= IJsselstein, loc 2 = De Marke) in de jaren 2005 en 2006

Model parameter	2005				2006			
	Loc 1		Loc 2		Loc 1		Loc 2	
	schatting	se	schatting	se	schatting	se	schatting	se
d	0.99	0.0034	0.99	0.011	0.97	0.014	1.0	0.011
b	-35758	22719	-18499	38826	-1353268	4348113	2150	24625
a	14758	815	14285	1417	9619	248	7086	27021
R^2	90		41		71		50	

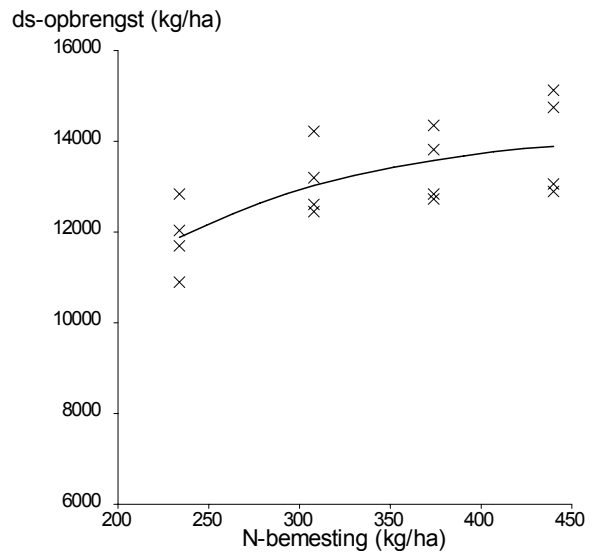
Tabel 4.2 Schatting van de regressiecoëfficiënten met de standaardfout (se) en het percentage verklaarde variantie (R^2) van het verband tussen drogestofopbrengst (kg/ha) met de N-bemesting (kg/ha) gemiddeld over de twee locaties in de jaren 2005 en 2006

Model parameter	2005		2006	
	schatting	se	schatting	se
d	0.99	0.005	0.95	0.021
b	-38567	39749	-156870651	775101974
a	14303	678	10211	186
R^2	67		57	

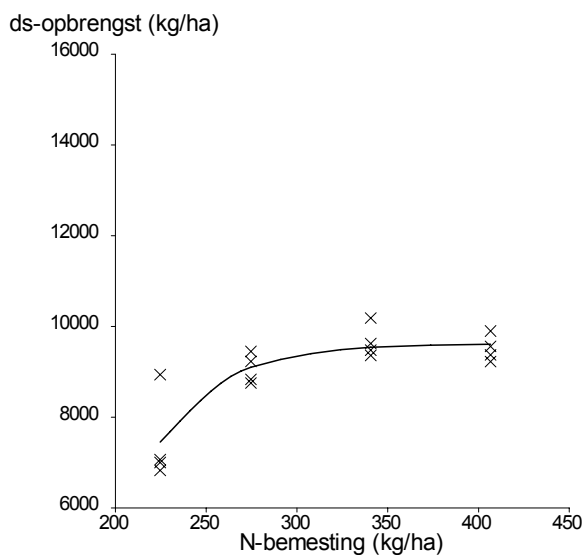
A: 2005 locatie IJsselstein



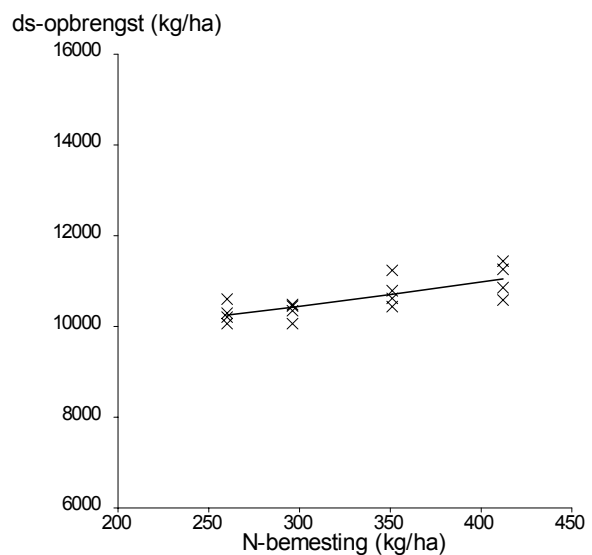
B: 2005 locatie De Marke



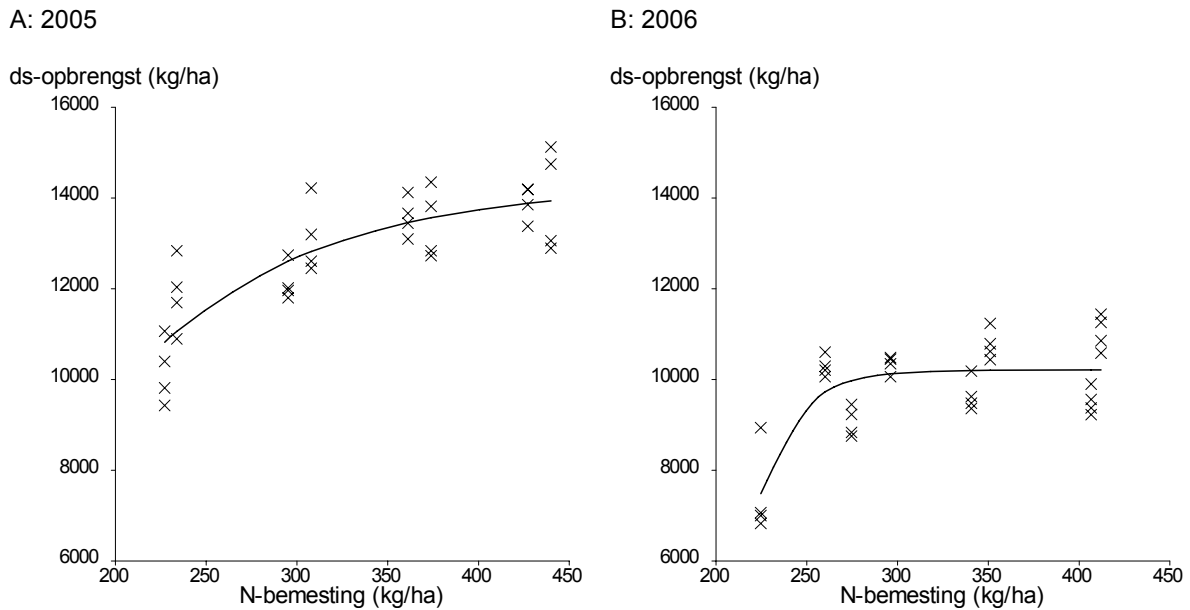
C: 2006 locatie IJsselstein



D: 2006 locatie De Marke



Figuur 4.1 De waargenomen drogestofopbrengsten (kg/ha) en het gefitte verband met de N-bemesting (kg/ha) per locatie in de jaren 2005 en 2006



Figuur 4.2 De waargenomen drogestofopbrengsten (kg/ha) en het gefitte verband met de N-bemesting (kg/ha) gemiddeld over de twee locaties in de jaren 2005 en 2006

4.1.2 Relatie tussen stikstofbemesting en stikstofopbrengst

Het niet-lineaire model (exponentieel) bleek bij de waargenomen data het best de relatie weer te geven tussen N-opbrengst (kg/ha) en de N-bemesting (kg/ha). Het model is gelijk aan de relatie tussen drogestofopbrengst en N-bemesting (paragraaf 4.1.1). Tabel 4.3 geeft per locatie en per jaar de parameterschattingen met standaardfout (se) en het percentage verklaarde variantie (R^2) weer. In Figuur 4.3 zijn de waargenomen N-opbrengsten en de gefitte verbanden met de N-bemesting weergegeven per locatie en jaar. Het percentage verklaarde variantie varieert tussen 76% en 81%. Het maximum van de N-opbrengst varieert tussen ca. 300 en 470 kg N/ha (parameter a), met in 3 van de 4 modellen een grote standaardfout voor parameter a. Net als bij de drogestofopbrengst in de vorige paragraaf is in alle modellen de standaardfout voor parameter b groot, waardoor de N-opbrengst (som van parameter a en b) zonder N-bemesting in dit experiment niet nauwkeurig bepaald kan worden.

Tabel 4.3 Schatting van de regressiecoëfficiënten met de standaardfout (se) en het percentage verklaarde variantie (R^2) van het verband tussen N-opbrengst (kg/ha) met de N-bemesting (kg/ha) per locatie (loc 1= IJsselstein, loc 2 = De Marke) in de jaren 2005 en 2006

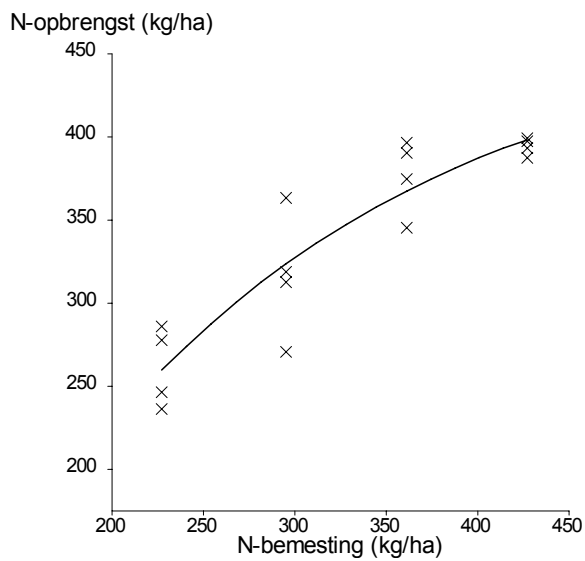
Model parameter	2005				2006			
	Loc 1		Loc 2		Loc 1		Loc 2	
	schatting	se	schatting	se	schatting	se	schatting	se
d	0.995	0.004	0.996	0.004	0.985	0.007	0.997	0.006
b	-702	364	-584	237	-2555	3804	-508	77
a	473	109	447	148	302	17	458	318
R^2	81		79		76		81	

De resultaten per jaar gemiddeld over de locaties van de parameterschattingen met standaardfout (se), het percentage verklaarde variante (R^2) en de waargenomen N-opbrengsten en gefitte modellen is weergegeven in Tabel 4.4 en Figuur 4.4. Het percentage verklaarde variantie van het model in 2005 reikt tot 70% en in 2006 tot 78%. In 2005 bedroeg het geschatte maximum N-opbrengst (parameter a) 441 kg N/ha en in 2006 345 kg N/ha.

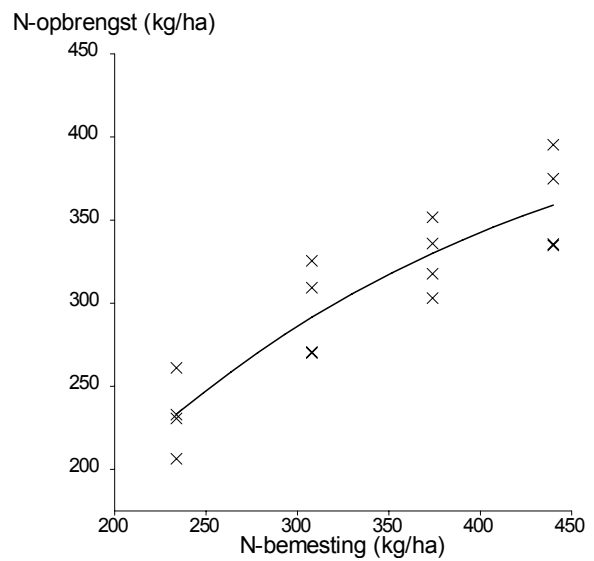
Tabel 4.4 Schatting van de regressiecoëfficiënten met de standaardfout (se) en het percentage verklaarde variantie (R^2) van het verband tussen N-opbrengst (kg/ha) met de N-bemesting (kg/ha) gemiddeld over de twee locaties in de jaren 2005 en 2006

Model parameter	2005		2006	
	schatting	se	schatting	se
d	0.995	0.004	0.993	0.004
b	-664	345	-701	412
a	441	90	345	36
R^2	70		78	

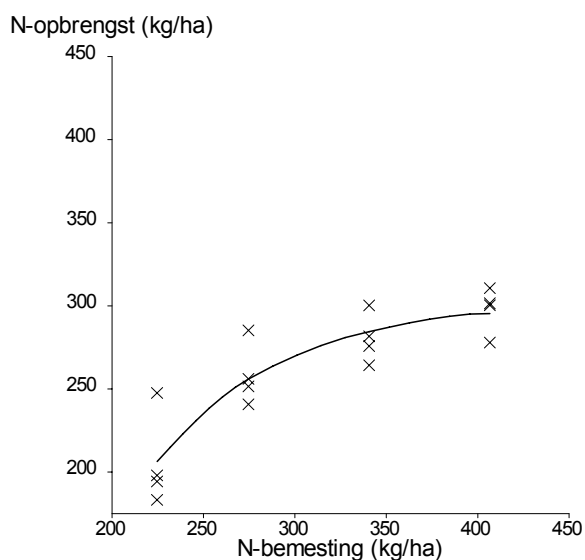
A: 2005 locatie IJsselstein



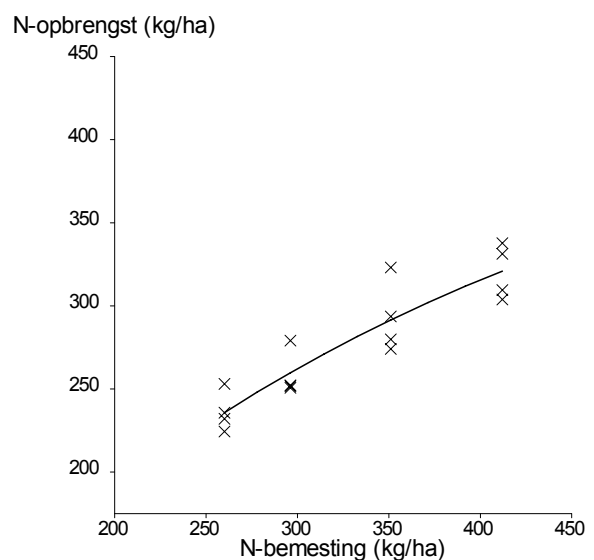
B: 2005 locatie De Marke



C: 2006 locatie IJsselstein

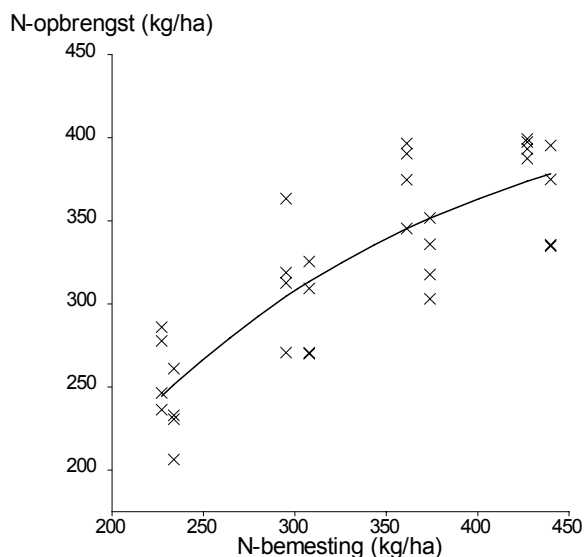


D: 2006 locatie De Marke

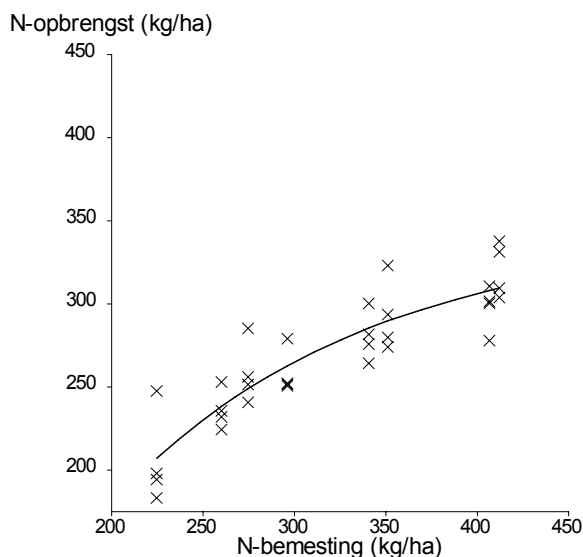


Figuur 4.3 De waargenomen N-opbrengsten (kg/ha) en het gefitte verband met de N-bemesting (kg/ha) per locatie in de jaren 2005 en 2006

A: 2005



B: 2006



Figuur 4.4 De waargenomen N-opbrengsten (kg/ha) en het gefitte verband met de N-bemesting (kg/ha) gemiddeld over de twee locaties in de jaren 2005 en 2006

4.1.3 Relatie tussen stikstofbemesting en stikstofoverschot

Het niet-lineaire model (exponentieel) bleek bij de waargenomen data het best de relatie weer te geven tussen N-overschot (kg/ha) en de N-bemesting (kg/ha). Het model is gelijk aan de relatie tussen drogestofopbrengst en N-bemesting (paragraaf 4.1.1). Tabel 4.5 geeft per locatie en per jaar de parameterschattingen met standaardfout (se) en het percentage verklaarde variantie (R^2) weer. In Figuur 4.5 zijn de waargenomen N-overschotten en de gefitte verbanden met de N-bemesting weergegeven per locatie en jaar. Het percentage verklaarde variantie varieert tussen 50% en 78%. Het geschatte N-overschot zonder N-bemesting (parameter a + b) varieert tussen -4 en -33 kg N/ha (parameter a+b) met als kanttekening een grote standaardfout voor beide parameters.

Tabel 4.5 Schatting van de regressiecoëfficiënten met de standaardfout (se) en het percentage verklaarde variantie (R^2) van het verband tussen N-overschot (kg/ha) met de N-bemesting (kg/ha) per locatie (loc 1 = IJsselstein, loc 2 = De Marke) in de jaren 2005 en 2006

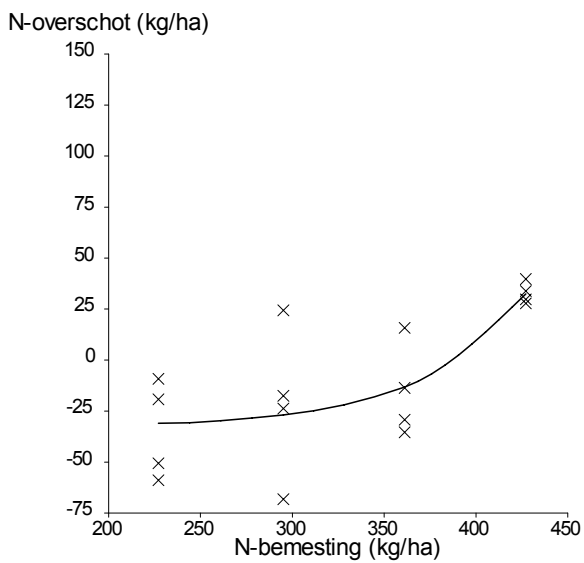
Model parameter	2005				2006			
	Loc 1		Loc 2		Loc 1		Loc 2	
	schatting	se	schatting	se	schatting	se	schatting	se
d	1.018	0.015	1.006	0.007	1.099	0.006	1.004	0.007
b	0.027	0.174	9	32	2	6	24	102
a	-33	15	-35	80	-6	34	-48	177
R^2	50		59		78		72	

De resultaten per jaar gemiddeld over de locaties van de parameterschattingen met standaardfout (se), het percentage verklaarde variante (R^2) en de waargenomen N-overschotten en gefitte modellen is weergegeven in Tabel 4.6 en Figuur 4.6. Het percentage verklaarde variantie van het model in 2005 reikt tot 46% en in 2006 tot 75%. In 2005 bedroeg het geschatte N-overschot zonder bemesting -24 kg N/ha en in 2006 -13 kg N/ha, waarbij de standaardfout van (vooral) parameter a vrij groot is.

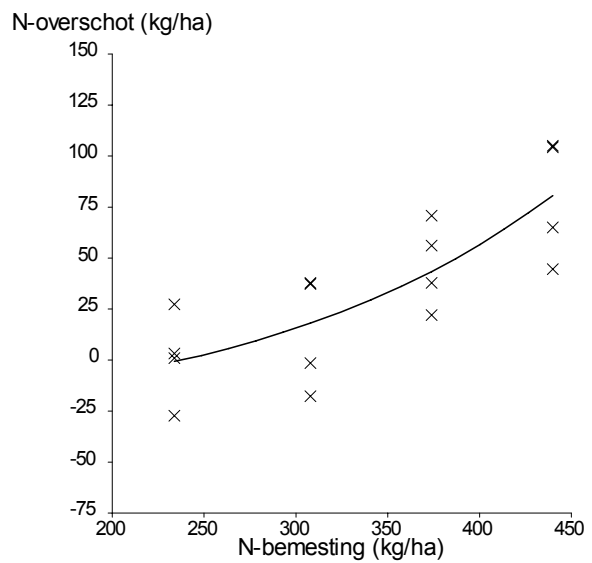
Tabel 4.6 Schatting van de regressiecoëfficiënten met de standaardfout (se) en het percentage verklaarde variantie (R^2) van het verband tussen N-overschot (kg/ha) met de N-bemesting (kg/ha) gemiddeld over de twee locaties in de jaren 2005 en 2006

Model parameter	2005		2006	
	schatting	se	schatting	se
d	1.012	0.008	1.007	0.004
b	0.5	2	7	16
a	-24	22	-20	46
R^2	46		75	

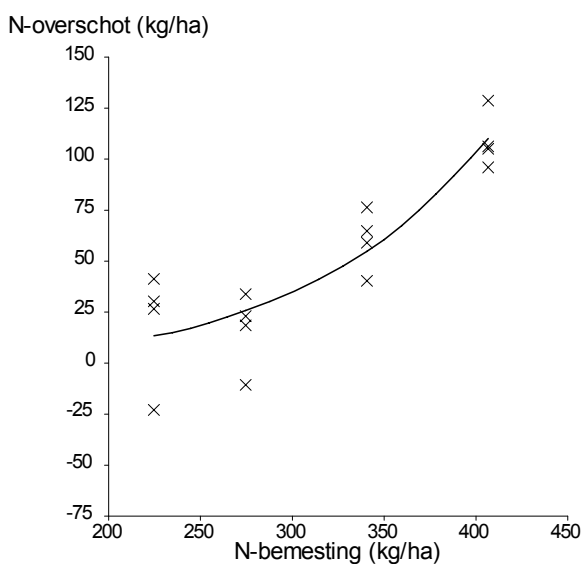
A: 2005 locatie IJsselstein



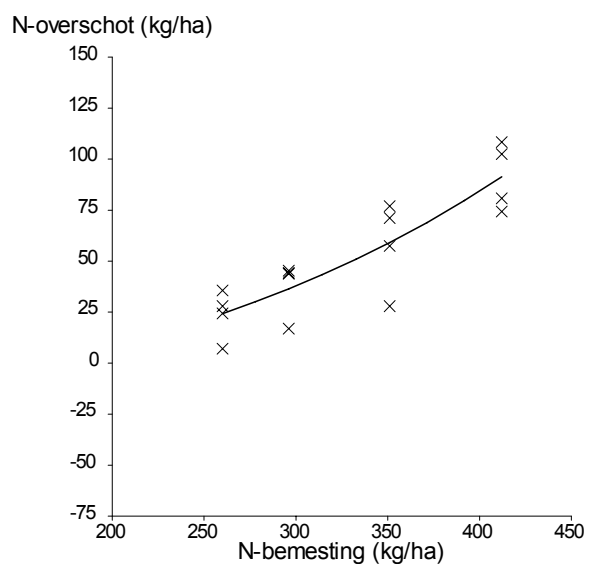
B: 2005 locatie De Marke



C: 2006 locatie IJsselstein

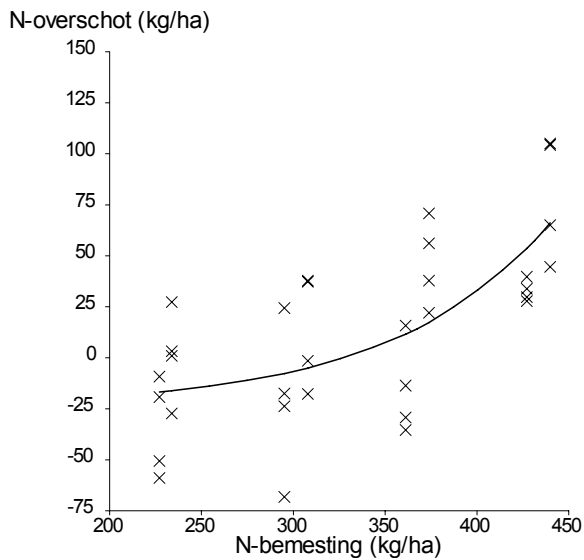


D: 2006 locatie De Marke

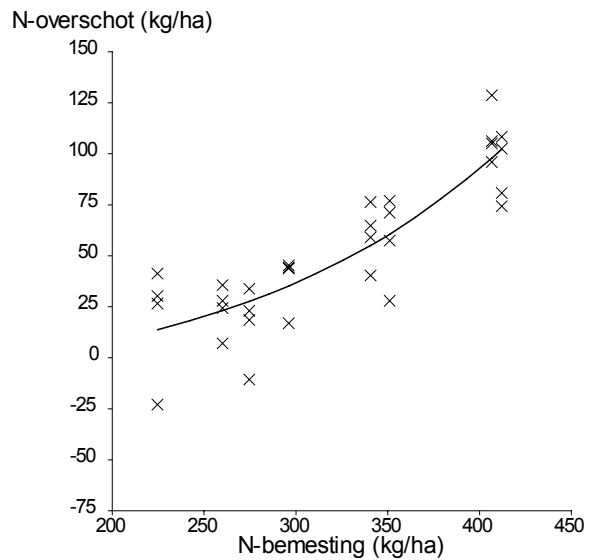


Figuur 4.5 De berekende N-overschotten (kg/ha) en het gefitte verband met de N-bemesting (kg/ha) per locatie in de jaren 2005 en 2006

A: 2005



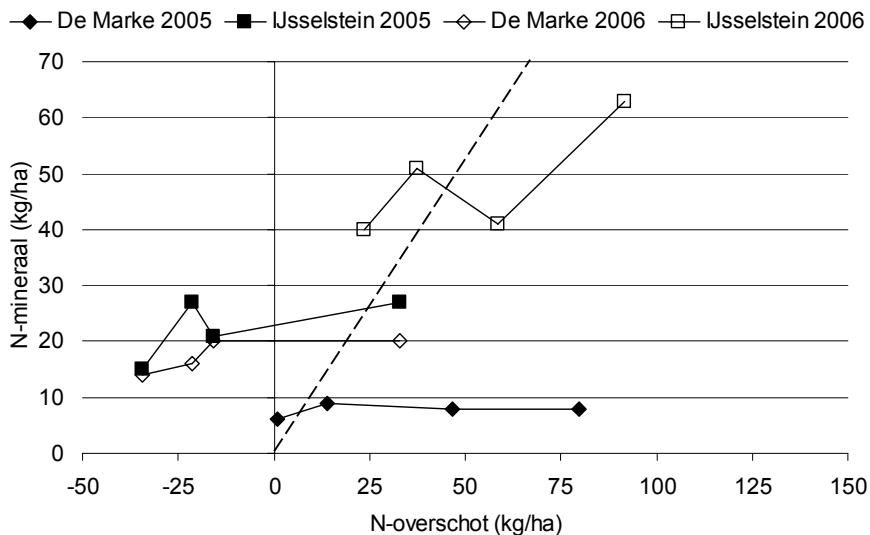
B: 2006



Figuur 4.6 De berekende N-overschotten (kg/ha) en het gefitte verband met de N-bemesting (kg/ha) gemiddeld over de twee locaties in de jaren 2005 en 2006

4.1.4 Relatie tussen stikstofmineraal in de bodem en stikstofoverschot

Er is nauwelijks een verband tussen het gemeten N-mineraal in de bodem en het berekende N-overschot (Figuur 4.7). Een enkele keer neemt het N-mineraal in de bodem toe met het N-overschot (1:1 lijn).



Figuur 4.7 Het verband tussen gemeten N-mineraal in de bodem (laag 0-20 in 2005, laag 0-90 in 2006) en het berekende N-overschot; onderbroken lijn is de 1:1 lijn

4.1.5 Stikstofbenutting en stikstofefficiëntie van kunstmest

De resultaten van de berekeningen van de lokale N-efficiëntie (ANE) en N-benutting (ANR) van kunstmest-N zijn weergegeven in Tabel 4.7. Gemiddeld was de N-terugwinning (ANR) van de kunstmest-N 70%. De variaties tussen de jaren en tussen de locaties zijn ongeveer even groot. Wel waren er grote verschillen in ANR tussen behandelingen. In het algemeen neemt de ANR af met het toenemen van de gift van kunstmest-N. De ANE door het gras van de kunstmest-N bedroeg gemiddeld 15.4 kg ds/kg N.

Het verschil in ANE tussen de jaren was minder groot dan tussen de locaties. Net als bij de ANR neemt de ANE in het algemeen af bij een hogere gift van kunstmest-N.

Tabel 4.7 De lokale stikstofefficiëntie (ANE, kg drogestof per kg N) en stikstofbenutting (ANR, %) van kunstmest door het gras op de verschillende locaties en jaren

Jaar	ANE			ANR		
	IJsselstein	De Marke	Gem.	IJsselstein	De Marke	Gem.
2005						
- N1	28.7	16.9	22.8	81	83	82
- N2	25.4	11.2	18.3	86	67	77
- N3	18.6	10.1	14.4	66	62	64
- Gem.	24.2	12.8	18.5	78	71	74
2006						
- N1	32.2	1.3	16.7	105	62	83
- N2	19.0	5.3	12.1	64	62	63
- N3	11.3	4.9	8.1	50	55	53
- Gem.	20.8	3.8	12.3	73	60	67
Gem.	22.5	8.3	15.4	75	65	70

4.2 Experiment 2

Met behulp van regressie analyse is onderzocht welk model (zie paragraaf 2.4.2) de drogestofopbrengst (paragraaf 4.2.1), N-opbrengst (paragraaf 4.2.2) en N-overschot (paragraaf 4.3.3) het best beschrijft. Deze analyse is ook uitgevoerd voor de relatie tussen N-mineraal in de bodem en N-overschot (paragraaf 4.2.4). Als laatste is onderzocht de relatie tussen N-overschot en de kwaliteit van het grondwater (paragraaf 4.2.5).

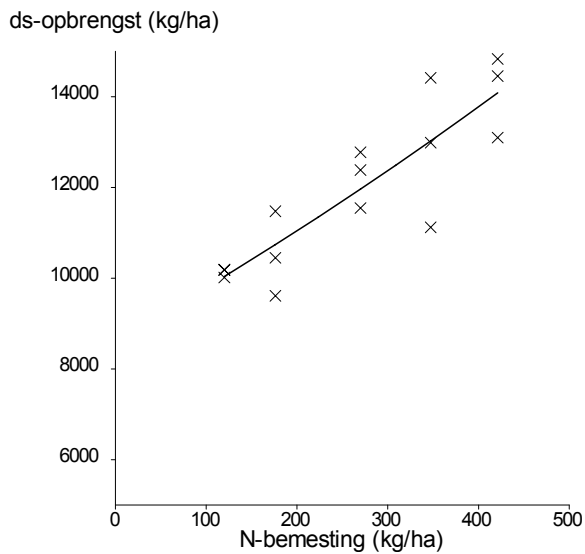
4.2.1 Relatie tussen stikstofbemesting en drogestofopbrengst

Wederom gaf het niet-lineaire model (zie paragraaf 4.1.1) het verband tussen drogestofopbrengst (kg/ha) en de N-bemesting (kg/ha) het beste weer. Tabel 4.8 geeft per locatie en per jaar de parameterschattingen met standaardfout (se) en het percentage verklaarde variantie (R^2) weer. In Figuur 4.8 zijn de waargenomen drogestofopbrengsten en de gefitte verbanden met de N-bemesting per jaar weergegeven. Tussen de jaren zijn de verbanden tussen drogestofopbrengst en N-bemesting verschillend. In 2005 is het verband concaaf (bijna lineair) en in 2006 convex. Het percentage verklaarde variantie van het model in 2005 reikt tot 72% en in 2006 tot 61%. In 2005 is de standaardfout van parameter a en b groot, waardoor het voorspellen van maximum drogestofopbrengst onnauwkeurig is. In 2006 is het voorspelde maximum drogestofopbrengst ca. 10 ton ds/ha met een standaardfout van 1.3 ton ds/ha. In 2005 is het punt waarbij een afnemende meeropbrengst optreedt, nog niet bereikt.

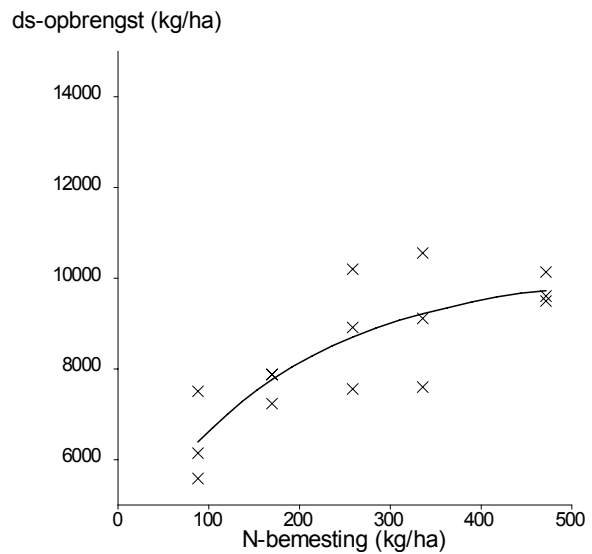
Tabel 4.8 Schatting van de regressiecoëfficiënten met de standaardfout (se) en het percentage verklaarde variantie (R^2) van het verband tussen drogestofopbrengst (kg/ha) met de N-bemesting (kg/ha) in de jaren 2005 en 2006

Model parameter	2005		2006	
	schatting	se	schatting	se
d	1.0	0.004	0.99	0.004
b	19148	144300	-6169	1471
a	-10535	145751	10176	1250
R^2	72		61	

A: 2005



B: 2006



Figuur 4.8 De waargenomen drogestofopbrengsten (kg/ha) en het gefitte verband met de N-bemesting (kg/ha) per jaar (2005 en 2006)

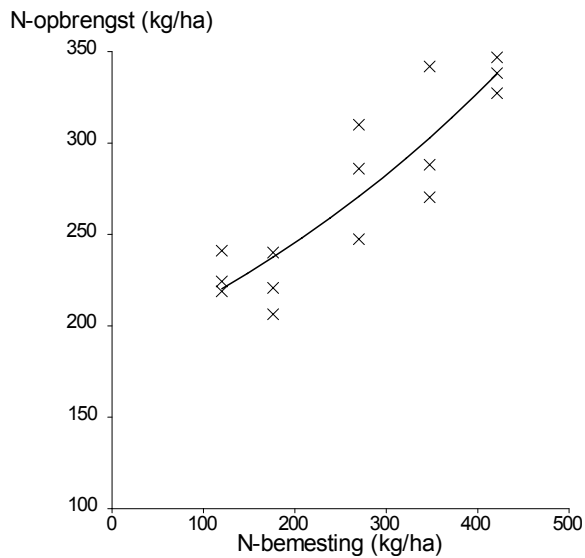
4.2.2 Relatie tussen stikstofbemesting en stikstofopbrengst

Ook nu gaf het niet-lineaire model (zie paragraaf 4.1.1) het best het verband weer tussen de N-opbrengst (kg/ha) en de N-bemesting (kg/ha). Tabel 4.9 geeft per locatie en per jaar de parameterschattingen met standaardfout (se) en het percentage verklaarde variantie (R^2) weer. In Figuur 4.9 zijn de waargenomen N-opbrengsten en de gefitte verbanden met de N-bemesting per jaar weergegeven. Net als bij de drogestofopbrengst was de relatie van N-opbrengst en N-bemesting tussen de jaren verschillend. In 2005 was de relatie concaaf en in 2006 convex. Het percentage verklaarde variantie van het model in 2005 reikt tot 76% en in 2006 tot 78%. De standaardfout van parameter a en b is groot, waardoor van de maximum en minimum N-opbrengst niet nauwkeurig voorspeld kan worden.

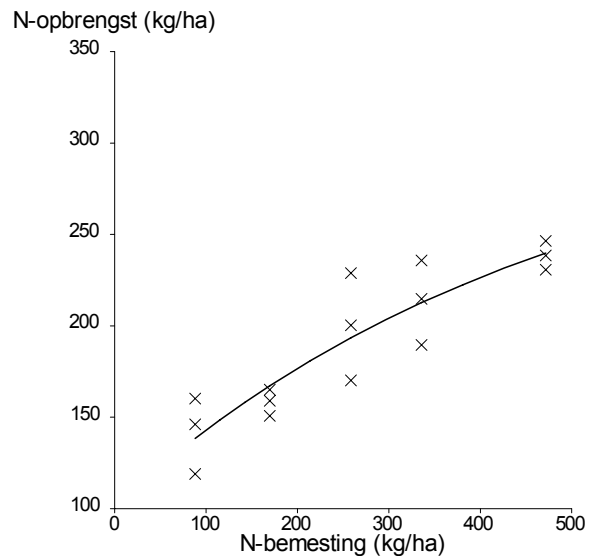
Tabel 4.9 Schatting van de regressiecoëfficiënten met de standaardfout (se) en het percentage verklaarde variantie (R^2) van het verband tussen N-opbrengst (kg/ha) met de N-bemesting (kg/ha) in de jaren 2005 en 2006

Model parameter	2005		2006	
	schatting	se	schatting	se
d	1.002	0.004	0.998	0.002
b	126	362	-222	127
a	63	394	324	148
R^2	76		78	

A: 2005



B: 2006



Figuur 4.9 De waargenomen N-opbrengsten (kg/ha) en het gefitte verband met de N-bemesting (kg/ha) per jaar (2005 en 2006)

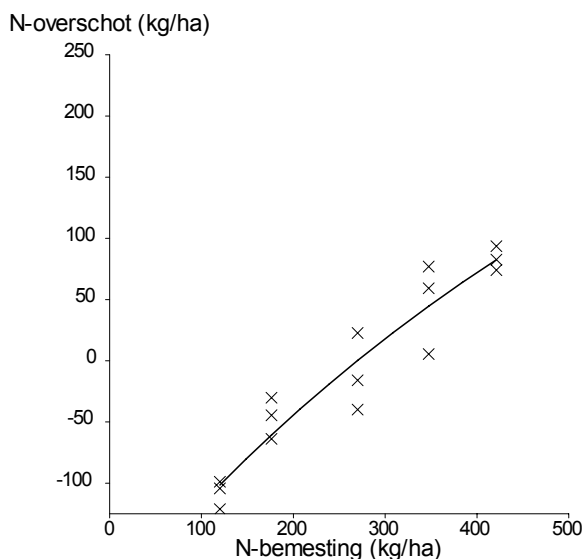
4.2.3 Relatie tussen stikstofbemesting en stikstofoverschot

Het niet-lineaire model (zie paragraaf 4.1.1) gaf het best het verband weer tussen de N-overschot (kg/ha) en de N-bemesting (kg/ha). Tabel 4.10 geeft per locatie en per jaar de parameterschattingen met standaardfout (se) en het percentage verklaarde variantie (R^2) weer. In Figuur 4.10 zijn de berekende N-overschotten en de gefitte verbanden met de N-bemesting per jaar weergegeven. Net als bij de drogestof- en N-opbrengst was de relatie van N-overschot en N-bemesting tussen de jaren verschillend. In 2005 was de relatie convex en in 2006 concaaf, en dus tegengesteld aan de relatie van N-opbrengst en N-bemesting. In beide jaren benaderden de curves een lineair verband. Het percentage verklaarde variantie van het model in 2005 reikt tot 89% en in 2006 tot 97%. De standaardfout van parameter a en b is groot, waardoor het minimum N-overschot in beide jaren niet nauwkeurig voorspeld kan worden.

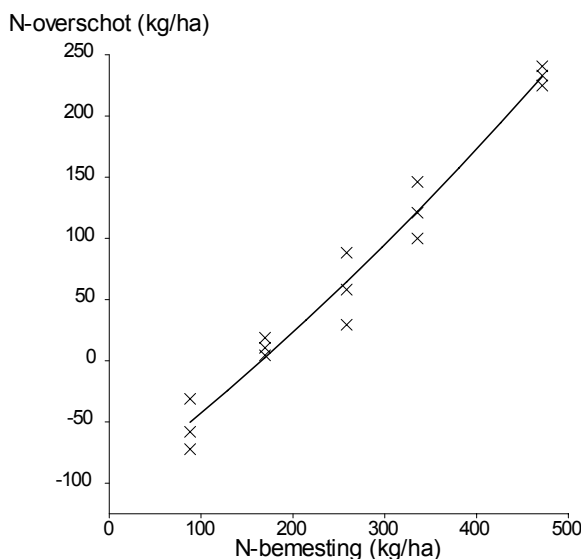
Tabel 4.10 Schatting van de regressiecoëfficiënten met de standaardfout (se) en het percentage verklaarde variantie (R^2) van het verband tussen N-overschot (kg/ha) met de N-bemesting (kg/ha) gemiddeld over de twee locaties in de jaren 2005 en 2006

Model parameter	2005		2006	
	schatting	se	schatting	se
d	0.999	0.002	1.0	0.001
b	-614	594	709	895
a	414	644	-813	912
R^2	89		97	

A: 2005



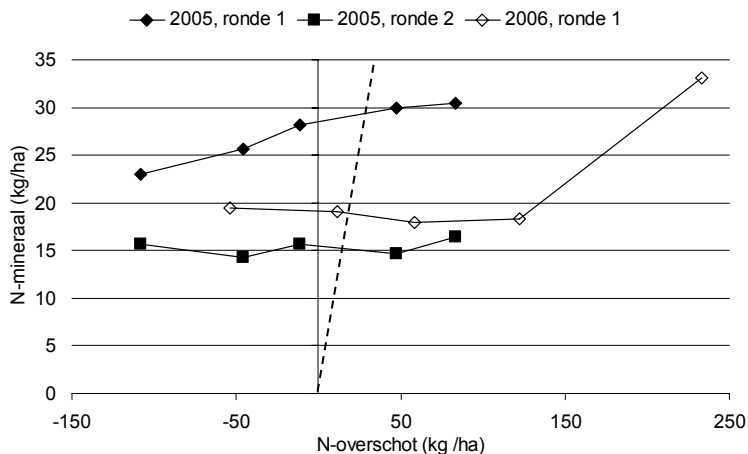
B: 2006



Figuur 4.10 De berekende N-overschotten (kg/ha) en het gefitte verband met de N-bemesting (kg/ha) per jaar (2005 en 2006)

4.2.4 Relatie tussen stikstofmineraal in de bodem en stikstofoverschot

Er is nauwelijks een verband tussen het gemeten N-mineraal in de bodem (laag 0-90 cm) en het berekende N-overschot (Figuur 4.11). Alleen in 2006 bij hoge N-overschotten neemt N-mineraal toe.

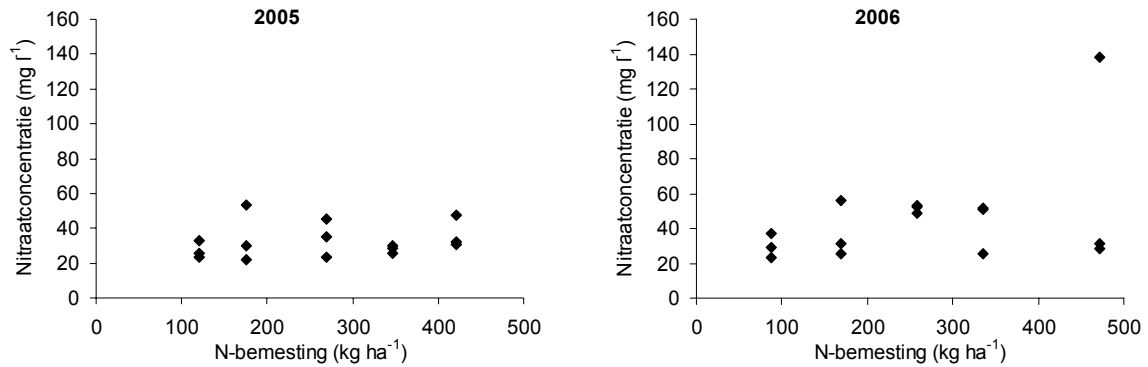


Figuur 4.11 Het verband tussen gemeten N-mineraal in de bodem (laag 0-90) en het berekende N-overschot; onderbroken lijn is de 1:1 lijn

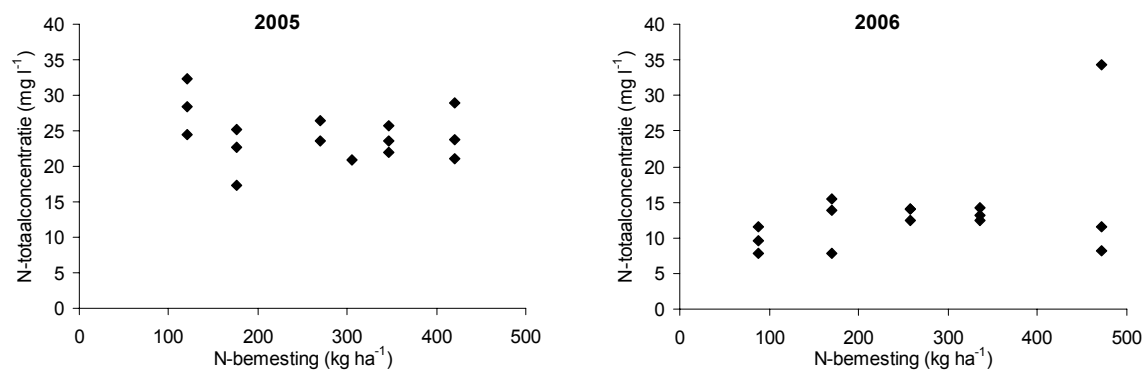
4.2.5 Relaties met nitraat- en stikstoftotaal-concentratie

Figuur 4.12 geeft het verband weer tussen de N-bemesting en waargenomen nitraatconcentraties. Figuur 4.13 geeft het verband weer tussen de N-bemesting en waargenomen N-totaalconcentraties. Zoals de resultaten van analyse met ANOVA al suggereerden is geen duidelijke relatie te zien tussen N-bemesting en nitraatconcentratie dan wel concentratie van N-totaal. Figuur 4.14 geeft het verband weer tussen het N-overschot en nitraatconcentratie. In de figuur zijn ook de nitraatconcentraties 2004 weergegeven die corresponderen met het (uniforme) beheer in 2004 voordat de proef begon (gemeten op 17 mei 2005). In 2004 bedroeg de N-aanvoer 384 kg N/ha (drijfmest, weidemest en klover) en de N-afvoer 281 kg N/ha. Het N-overschot op alle veldjes bedroeg daardoor 103 kg N/ha.

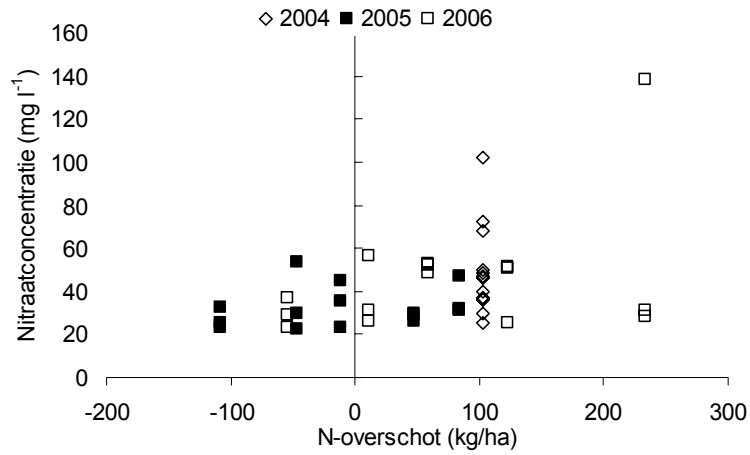
De resultaten voor N-totaal zijn dermate vergelijkbaar dat ze niet worden getoond. Er is geen duidelijk verband waarneembaar tussen het N-overschot en nitraatconcentratie, hoewel de enkele waarnemingen van hoge concentraties gedaan werden in veldjes met een relatief hoog N-overschot. Figuur 4.15 geeft het verband weer tussen N-mineraal en nitraatconcentratie per veldje. Er is geen duidelijk verband waarneembaar.



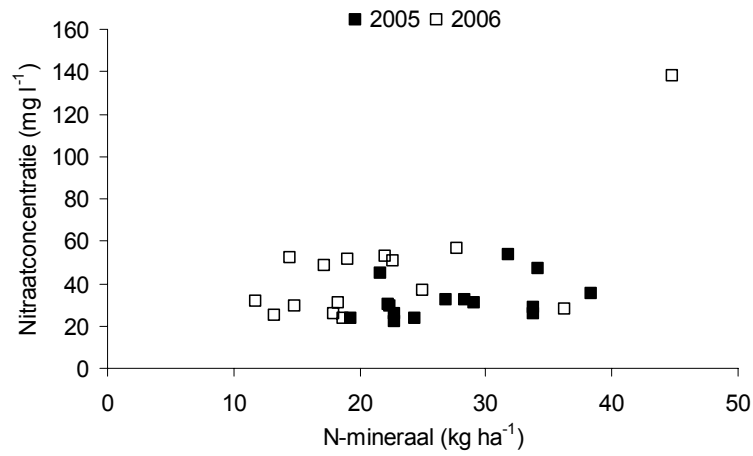
Figuur 4.12 Het verband tussen de N-bemesting (kg/ha) en de waargenomen nitraatconcentratie (mg/l)



Figuur 4.13 Het verband tussen de N-bemesting (kg/ha) en de waargenomen N-totaalconcentratie (mg/l)



Figuur 4.14 Het verband tussen het N-overschot (kg/ha) en de waargenomen nitraatconcentratie (mg/l)



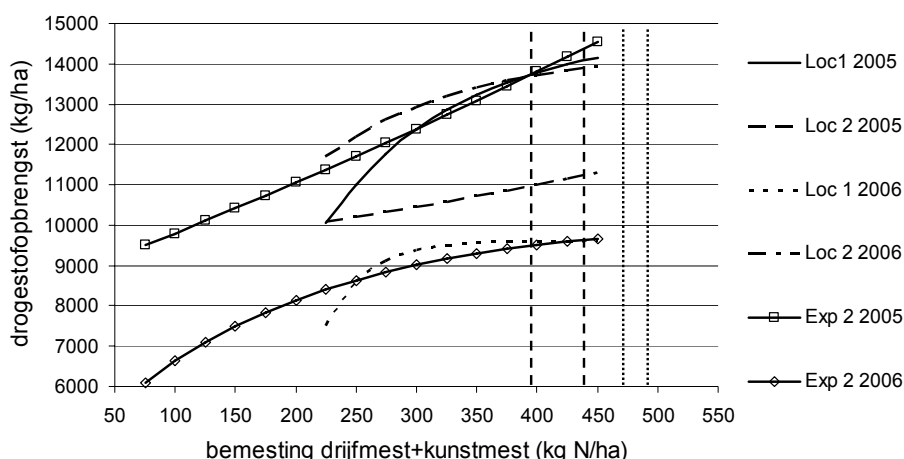
Figuur 4.15 Het verband tussen het N-mineraal (kg/ha) in de bodem (laag 0-90 cm) en de waargenomen N-totaalconcentratie (mg/l)

5 Discussie

5.1 Zijn er opbrengstdervingen bij de huidige gebruiksnormen?

De gebruiksnormen 2009 voor grasland moeten er toe leiden dat de milieudoelstellingen worden gehaald. In de periode 2006 – 2009 worden de gebruiksnormen voor beweid grasland op zandgrond afgebouwd van 300 tot 260 kg *werkzame* N/ha. De gebruiksnormen zijn lager dan het N-bemestingsadvies dat rekening houdt met het NLV (www.bemestingsadvies.nl). Uitgaande van een NLV van 135 is het landbouwkundige advies bij een gebruik van weiden en maaien een N-jaargift van 340 kg *werkzame* N/ha.

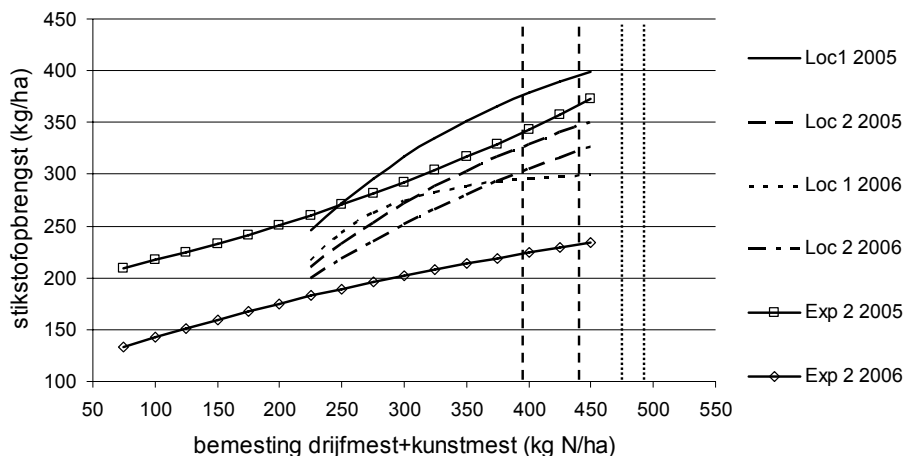
Het is de vraag in hoeverre de afname van de bemesting tot het niveau dat overeenkomt met de gebruiksnormen 2009 tot opbrengstdervingen van grasland leidt. Om deze vraag te beantwoorden zijn resultaten van drogestof- en N-opbrengsten weergegeven in de Figuren 5.1 en 5.2. In de figuren zijn van alle 'objecten' in deze studie (een combinatie van experiment, locatie en jaar) afzonderlijk weergegeven. Dit zijn 4 modellen uit experiment 1 (N-bemesting bestaande uit drijfmest en kunstmest) en 2 modellen uit experiment 2 (N-bemesting alleen met drijfmest). De geldigheid van de curves wordt beperkt door de N-bemestingsniveaus waarbinnen de experimenten zijn uitgevoerd, zoals weergegeven in de figuur. In de figuren zijn de grenzen aangegeven waarbinnen het grasland bij de huidige gebruiksnormen 2009 op zandgrond maximaal bemest mogen worden met dierlijke mest en kunstmest (onderbroken lijnen), waarbij de linker lijn de situatie voor een bedrijf met beweiding aangeeft en de rechterlijn een bedrijf zonder beweiding. Ook zijn de grenzen van de maximale N-jaargift, volgens het bemestingsadvies bij een NLV van de bodem van 135 (omgerekend naar N-totaal) en uitgaande van 250 kg N-totaal met dierlijke mest, in de figuur weergegeven (stippellijnen), waarbij de linkerlijn de situatie aangeeft van maaien en weiden en de rechterlijn de situatie van alleen maaien.



Figuur 5.1 De gefitte relaties tussen N-bemesting (kg/ha) en drogestofopbrengst (kg/ha) uit experiment 1 op 2 locaties (loc 1 = IJsselstein; loc 2 = De Marke) en uit experiment 2 (exp 2), waar de N-bemesting alleen uit drijfmest bestond, in de jaren 2005 en 2006. Voor een verklaring van de verticale lijnen, zie bijbehorende tekst

Op basis van Figuur 5.1 kan geconcludeerd worden dat de derving van de drogestofopbrengst ten gevolge van gebruiksnormen 2009 beperkt is. Het niveau van de N-bemesting is bij de gebruiksnormen 2009 tussen de 50 en 75 kg N/ha lager dan het bemestingsadvies. In 5 van de 6 curves bevindt de huidige gebruiksnorm 2009 zich in het gebied waarin de droge stofopbrengst zwak reageert op de N-bemesting. Wanneer de curves worden doorgetrokken naar het bemestingsniveau van het bemestingsadvies is het mogelijk om de opbrengstderving te kwantificeren bij de huidige gebruiksnormen t.o.v. het bemestingsadvies. In de situatie van alleen maaien is de gemiddelde opbrengstderving op basis van de 6 curves 5 kg ds per kg N, variërend tussen gemiddeld 3 kg ds in een droog jaar en 8 kg ds in een groeizaam jaar. Absoluut gezien is het bemestingsniveau in een situatie van alleen maaien bij de gebruiksnorm 2009 50 kg N/ha lager dan het bemestingsadvies en levert daardoor 250 kg ds/ha minder aan opbrengst op. De curves zijn gebaseerd op proeven zonder beweiding. De verwachting is dat met beweiding de constatering, dat de drogestofopbrengstderving bij de huidige gebruiksnormen beperkt

zijn, niet zal veranderen, omdat met beweiding de drogestofopbrengst nog zwakker reageert op de N-bemesting. Voor de N-opbrengst ligt dit anders (Figuur 5.2). In 3 van de 6 curves bevindt de huidige gebruiksnorm 2009 zich nog in het gebied van een lineaire toename van de N-opbrengst met de N-bemesting en daarom zal de N-opbrengst bij de N-bemestingsniveau van het bemestingsadvies hoger zijn. De N-opbrengst neemt in het gebied van de gebruiksnorm 2009 sterk af bij verlaging van het N-bemestingniveau. Verlaging van de bemesting van het bemestingsadvies tot een niveau van de gebruiksnorm 2009 levert gemiddeld een derving op van 0.32 N per kg N, variërend tussen gemiddeld 0.2 kg N in een droog jaar en 0.45 kg N in een groeizaam jaar. Tabel 5.1 geeft een overzicht van opbrengstveranderingen (drogestof en N) t.o.v. de gebruiksnorm 2009 voor beweide grasland.



Figuur 5.2 De gefitte relaties tussen N-bemesting (kg/ha) en N-opbrengst (kg/ha) uit experiment 1 op 2 locaties (loc 1 = IJsselstein; loc 2 = De Marke) en uit experiment 2 (exp 2), waar de N-bemesting alleen uit drijfmest bestond, in de jaren 2005 en 2006. Voor een verklaring van de verticale lijnen, zie bijbehorende tekst

Tabel 5.1 Verandering van opbrengst (drogestof en N) bij een lagere (- 50 kg N/ha) en hogere (+ 75 kg N/ha) bemesting dan de gebruiksnorm 2009 voor beweide grasland (=100%)

	Gebruiksnorm 2009 (beweide grasland)	- 50	+ 75 (=bemestingsadvies)
Drogestof	100	97	103
N	100	94	108

5.2 Blijven verliezen beperkt tot acceptabele niveaus?

Om te bepalen of de N verliezen voldoen aan de normen die worden gesteld in het Nitraat actieplan worden twee benaderingen uitgewerkt. We gaan na of:

- het N-overschot op de bodem binnen de kritieke grenzen blijft die door Werkgroep Onderbouwning Gebruiksnormen (WOG) zijn opgesteld (Van Dijk & Schröder, 2007) en
- voldoet de nitraatconcentratie aan de nitraatnorm

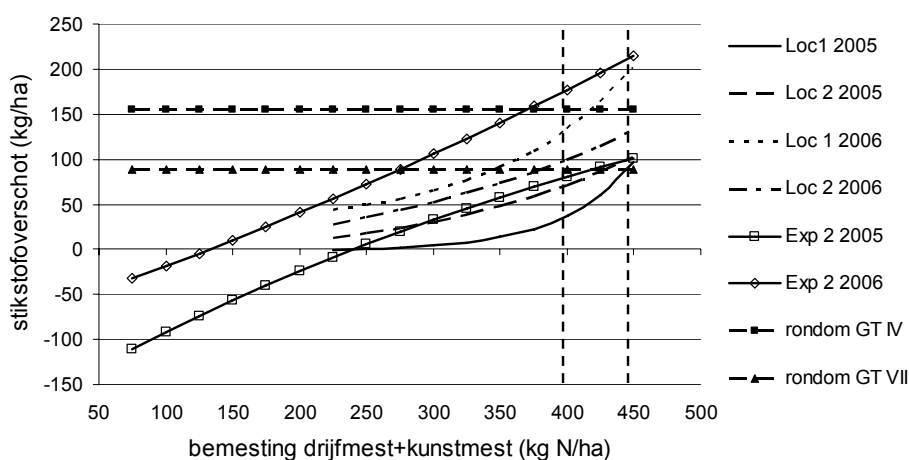
Ad 1. Het N overschot vergeleken met het kritieke niveau volgens WOG

Om het overschot dat we hebben waargenomen in dit onderzoek (NOvEXP) te vergelijken met het kritieke niveau volgens WOG (NOvWOG) moet het NOvEXP gecorrigeerd worden voor ammoniakverliezen en N-depositie:

$NOvWOG = NOvEXP - \text{berekende ammoniakverliezen tijdens toediening van drijfmest} + N\text{-depositie}$

Voor de ammoniakverliezen tijdens toediening van drijfmest wordt de hoeveelheid totale N uit drijfmest gecorrigeerd met een factor 0.935 (Huisman et al., 2007). De N-depositie op De Marke bedraagt 30 kg N/ha (Verloop et al., 2007) en in IJsselstein 45 kg N/ha (Hey & Sneider, 1995). Na omrekening zijn opnieuw voor beide experimenten de relaties gelegd tussen de N-bemesting en het aangepaste N-over-

schot, op dezelfde manier als in de paragrafen 4.1.3 en 4.2.3. In Figuur 5.3 zijn van alle 'objecten' (een combinatie van experiment, locatie en jaar) de modellen weergegeven van de relatie tussen het N-overschot (kg/ha) met de N-bemesting (kg/ha). Dit zijn 4 modellen uit experiment 1 (N-bemesting bestaande uit drijfmest en kunstmest) en 2 modellen uit experiment 2 (N-bemesting alleen met drijfmest). De curves zijn alleen geldig binnen de range van toegepaste N-bemestingsniveaus, zoals weergegeven in de figuur. In de figuur zijn ook de grenzen aangegeven waarbinnen het grasland bij de huidige gebruiksnormen 2009 maximaal bemest mogen worden met dierlijke mest en kunstmest (verticale lijnen) en de door de WOG bepaalde kritieke N-overschot op zandgrond, afhankelijk van grondwatertrap (GT) (horizontale lijnen). In 3 gevallen overschrijdt het werkelijke N-overschot met een N-bemesting ter hoogte van de huidige gebruiksnormen 2009 de kritieke grens van het N-overschot rondom GT VII (droge zandgrond). Dit waren gevallen van experimenten uitgevoerd in 2006. Wordt de grens van het kritieke N-overschot rondom GT IV (natte zandgrond) als maatstaf gehanteerd, dan overschrijdt het werkelijke N-overschot met een N-bemesting ter hoogte van de huidige gebruiksnormen 2009 de kritieke grens maar in 1 geval (exp 2 2006). Op basis van de resultaten uit Figuur 5.3 mag geconcludeerd worden dat in droge jaren de kritieke grens van N-overschot voor droge zandgronden wordt overschreden, en dat in jaren met goede groeiomstandigheden het N-overschot in de meeste gevallen binnen de kritieke grens zal blijven.



Figuur 5.3 De gefitte relaties tussen N-bemesting (kg/ha) en N-overschot (kg/ha) uit experiment 1 op 2 locaties (loc 1 = IJsselstein; loc 2 = De Marke) en uit experiment 2 (exp 2), waar de N-bemesting alleen uit drijfmest bestond, in de jaren 2005 en 2006. Voor een verklaring van de verticale en horizontale lijnen, zie bijbehorende tekst.

Ad 2. Nitraatconcentratie in het grondwater

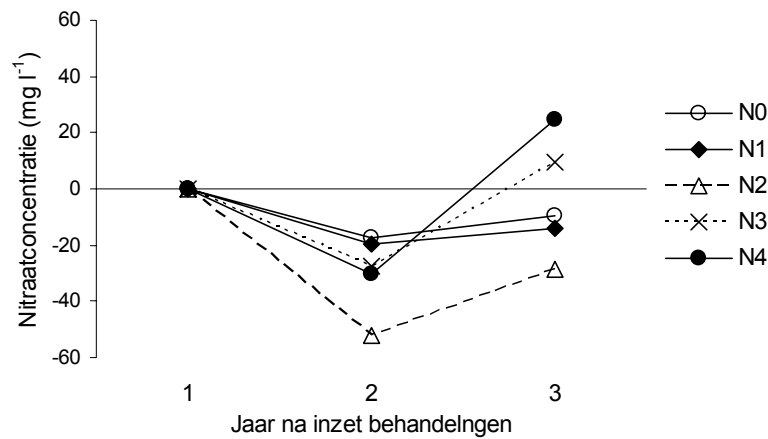
De resultaten in Tabel 3.10 geven aan dat de nitraatconcentratie in grondwater bij behandeling N4 met een gift van 450 kg N in dierlijke mest met 51 mg/l net iets hoger is dan de nitraatnorm en dat de overige behandelingen allemaal voldoen aan de nitraatnorm. Het is voorbarig om hieruit te concluderen dat een N-gift met dierlijke mest tot 450 kg per hectare met het oog op de nitraatnorm verantwoord is. Het is immers mogelijk dat er meer tijd verstrijkt voordat een respons van nitraatuitspoeling op de N-gift gaat optreden. Deze lange termijn effecten zijn van belang omdat een N-gift op lange termijn zal moeten voldoen aan de nitraatnorm. Echter, op grond van de huidige resultaten kan worden vastgesteld dat overgang van N-bemesting met een N-aanvoer gelijk aan 305 kg N per hectare (vóór de proef in 2004) in bemesting variërend van 100, via 170, 250 en 350 tot 450 kg N in dierlijke mest per hectare tot twee jaar na het uitvoeren van de behandeling niet duidelijk tot variatie in de nitraatuitspoeling leidt. Dit is ook te zien in Figuur 5.4 waarin per behandeling (N0 tot en met N4) de verandering van de nitraatconcentratie ten opzichte van de uitgangswaarde is weergegeven. Afgezien van het feit dat de veranderingen niet significant zijn, is met name in het jaar na de eerste uitvoering van de behandeling geen logisch verband te herkennen tussen opgelegde N-niveaus en de aangetroffen nitraatconcentraties. In het tweede jaar na de eerste uitvoering van de behandeling zijn de resultaten iets meer in overeenstemming met de verwachtingen omdat dan bij behandelingen N3 en N4 sprake is van toename van de nitraatconcentratie. In N2 (gift van 250 kg N/ha) zou echter geen afname verwacht worden en in N0 en N1 juist weer wel. De resultaten van het derde (en laatste) jaar grasland waren nog niet volledig beschikbaar, en worden in een vervolgrapport besproken.

We zagen dat het N overschot toeneemt met toenemende N-gift. Wat is dan het lot van dit N-overschot? Omdat het niet opgenomen stikstof noch teruggevonden is als uitgespoelde stikstof noch als mineraal N in het profiel van 0-90 cm zijn er twee resterende mogelijkheden.

- 1) De toenemende N-overschotten worden niet teruggevonden doordat het overschot is 'weg gedenitrificeerd' waarbij N ontsnapt in de vorm van lachgas of N_2 .
- 2) Het N-overschot bevindt zich als organisch N in de graszode (het is bekend dat gras veel N in de zode kan 'vastleggen').

Om de laatste mogelijkheid te testen zou kunnen worden bekeken of de opgebouwde N vrijkomt nadat het grasland wordt omgeploegd voor de teelt van maïs (vervolgproef, ingezet in het voorjaar van 2008).

Aan de EU moet Nederland door metingen aantonen dat de derogatie niet strijdig is met de nitraatnorm. Deze bewijsvoering zal moeten plaatsvinden door een afname van de nitraatuitspoeling naar grondwater. Als nitraatuitspoeling echter lang na ijlt, zullen metingen nog geruime tijd het management uit de MINAS periode weerspiegelen en zullen veranderingen door invoering van de gebruiksnormen lastig aan te tonen zijn.



Figuur 5.4 De ontwikkeling van de nitraatconcentratie in grondwater in veldjes met verschillende N-bemesting (behandelingen N0-N4) in de jaren na inzet van de behandelngen

6 Conclusies

In het onderzoek van het toetsen van de gebruiksnormen in de praktijk is er behoefte aan meer inzicht in de respons van opbrengst en nitraatuitspoeling op de bemesting.

Het doel van dit rapport is antwoord te geven op de volgende onderzoeksvragen:

1. Wat is de gevoeligheid van opbrengst, benutting en milieu-emissies bij N-dosering op niveaus hoger en lager dan de gebruiksnorm, bij 250 kg N met dierlijke mest.
2. Hoe is de verdeling van N uit dierlijke mest over gewas en grondwater bij verschillende dosering.

De opbrengst, zowel die van drogestof als van N, reageert behoorlijk sterk op N-bemesting (dierlijke mest en kunstmest). Vooral in het traject van lagere N-bemesting dan de gebruiksnorm neemt de opbrengst van drogestof en N toe met de bemesting. Per kg N is de toename gemiddeld respectievelijk 20 kg ds en 0.82 kg N. De reactie is al waarneembaar vanaf de eerste snede. Naarmate de N-bemesting in het gebied komt van de gebruiksnorm en hoger, neemt de gevoeligheid af naar 4 kg ds en 0.36 kg N per kg N. De gevoeligheid is sterk afhankelijk van het weer en de groeiomstandigheden. De relatie tussen N-bemesting en opbrengst (drogestof en N) wordt het best beschreven met een niet-lineair model, met een afnemende meeropbrengst van de N-bemesting.

De N-gebruiksnorm van grasland op zandgrond is lager dan het landbouwkundige N-bemestingsadvies. Op basis van de resultaten is de derving van de drogestofopbrengst op zandgrond beperkt bij de hoogte van de N-gebruiksnorm 2009. Verlagen van de N-bemesting van het bemestingsadvies naar het niveau van de gebruiksnorm (50 kg N-totaal/ha) levert gemiddeld 250 kg drogestof minder aan opbrengst op. De N-opbrengst zal bij bemesting volgens gebruiksnorm 2009 wel lager zijn dan bij bemesting volgens het N-bemestingsadvies. De derving is ook weer sterk afhankelijk van het weer. In een droog jaar is de derving 0.2 kg N per kg N en in een groeizaam jaar 0.45 kg N per kg N.

De gemiddelde N-benutting van de kunstmest-N in het traject 0-185 kg N/ha is 70%. Dit is de N-benutting van kunstmest naast een 'basisbemesting' met drijfmest van gemiddeld 250 kg N/ha. De gemiddelde N-efficiëntie bedraagt in hetzelfde traject 15.4 kg ds/kg N. Naarmate de gift van N-kunstmest hoger wordt, nemen de N-benutting en N-efficiëntie af.

Het verband tussen N-bemesting en de hoeveelheid N-mineraal in de bodem in het najaar is zwak. Er is wel een verband in N-mineraal in de bodem met de tijd. De hoeveelheid N-mineraal neemt behoorlijk af met de tijd.

Het verband tussen N-bemesting en N-overschot is sterk bij hoge giften en neemt exponentieel toe. Op basis van de resultaten wordt vooral in de combinatie van droge jaren en droge zandgrond de kritieke grens van het toelaatbare N-overschot overschreden. In jaren met normale tot goede groeiomstandigheden blijft het N-overschot in de meeste gevallen binnen de kritieke grens.

Het patroon van het verband tussen een N-bemesting met alleen dierlijke mest en de opbrengst (droge stof en N) is vergelijkbaar als hierboven beschreven waarbij de N-bemesting is uitgevoerd met een vaste hoeveelheid dierlijke mest en een variërende kunstmestgift. Hetzelfde geldt voor het verband met N-overschot.

Na twee jaar lang bemesten met variërende hoeveelheden dierlijke mest (tussen 100 en 450 kg N/ha) leidt (nog) niet tot variatie in nitraatuitspoeling. Na het tweede jaar is er bij de hoge N-giften (350 en 450 kg N/ha) wel sprake van een toename van de nitraatconcentratie. Een langere reeks zou meer duidelijkheid moeten verschaffen, omdat het N-overschot bij hogere N-gift wel toeneemt.

Literatuur

Anonymous, 1991.

Council Directive of 12 December 1991 concerning the protection of waters against pollution caused by nitrates from agricultural sources (91/676/EEC). Official Journal of the European Communities L375, pp.1-8.

Anonymus, 2002.

Adviesbasis bemesting grasland en voedergewassen. Commissie Bemesting Grasland en Voedergewassen. PraktijkBoek 22, Praktijkonderzoek Veehouderij.

Biewinga, E.E., H.F.M. Aarts & R.A. Donker, 1992.

Melkveehouderij bij stringente milieunormen. Bedrijfs- en onderzoeksplan van het proefbedrijf voor Melkveehouderij en Milieu. Rapport 1, De Marke, Hengelo, 283 pp.

Dijk, W. van & J.J. Schröder, 2007

Adviezen voor stikstofgebruiksnormen voor akker- en tuinbouw op zand- en lössgrond bij verschillende uitgangspunten. PPO nr. 371, Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V., Wageningen, 78 pp.

Heij, G.J. & T. Schneider (Eds), 1995.

Dutch priority programme on acidification. Eindrapport Additioneel Programma Verzuringsonderzoek, derde fase (1991-1994), rapport nr. 300-05, RIVM, Bilthoven, 160 pp.

Oenema, J., H.F.M. Aarts & B. Habekotté, 2000.

Het mineralenspoor in 'Koeien & Kansen'; uitgangssituatie mineralenstromen. Rapport nr. 9, Plant Research International, Wageningen, 26 pp.

Oenema, J., H.F.M. ten Berge, C.J. de Jong & B. Fraters, 2002.

Stikstofoverschotten in 'Koeien & Kansen' en de relatie met nitraatconcentratie in grond- en oppervlaktewater; analyse stikstofoverschotten in 1997-2000 en nitraatconcentraties in 1999-2001. Rapport nr. 49, Plant Research International, Wageningen, 81 pp.

Schröder, J.J., H.F.M. Aarts, M.J.C. de Bode, W. van Dijk, J.C. van Middelkoop, M.H.A. de Haan, R.L.M. Schils, G.L. Velthof & W.J. Willems, 2004.

Gebruiksnormen bij verschillende landbouwkundige en milieukundige uitgangspunten. Rapport 79, Plant Research International, Wageningen.

Schröder, J.J., H.F.M. Aarts, J.C. van Middelkoop, M.H.A. de Haan, R.L.M. Schils, G.L. Velthof, B. Fraters & W.J. Willems, 2005.

Limits to the use of manure and mineral fertilizer in grass and silage maize production in The Netherlands, with special reference to the EU Nitrates Directive. Report 93, Plant Research International, Wageningen, 48 pp.

Verloop, J., L. Šebek & J. Oenema (Eds), 2007.

Mineralen goed geregeld. Verslag Themadag Melkveehouderij 2006. Rapport nr. 153, Plant Research International, Wageningen, 140 pp.

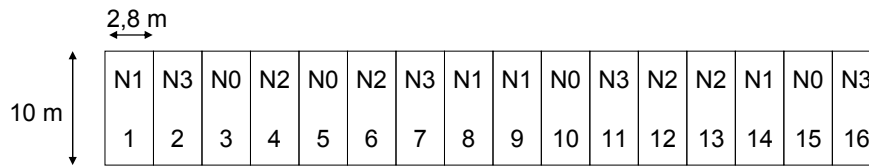
www.bemestingsadvies.nl.

Adviesbasis bemesting grasland en voedergewassen. Animal Sciences Group – Wageningen UR in opdracht van Commissie Bemesting Grasland en Voedergewassen.

www.hetInVloket.nl, 2006.

Mestbeleid 2006: gebruiksruijme meststoffen en gebruiksnormen. Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit, Den Haag.

Bijlage I Proefveldschema experiment 1 en de verdeling van mestgiften over het seizoen



Figuur I.1 Proefveldschema experiment 1

Tabel I.1 Verdeling van de mestgiften over het seizoen op locatie IJsselstein in 2005 (kg N-werkzaam/ha)

	1 ^e snede	2 ^e snede	3 ^e snede	4 ^e snede	5 ^e snede	totaal
DM (m ³)	30	0	10	15		55
<i>N0:</i>						
- advies	39	34	26	13	0	112
- N-dm werkz	39	13	17	13	2	84
- N-km	0	0	0	0	0	0
- totaal	39	13	17	13	2	84
<i>N1:</i>						
- advies	63	50	33	20	14	180
- N-dm werkz	39	13	17	13	2	84
- N-km	27	23	10	8	0	68
- totaal	66	36	27	21	2	152
<i>N2:</i>						
- advies	89	67	42	29	19	246
- N-dm werkz	39	13	17	13	2	84
- N-km	53	40	22	19	0	134
- totaal	92	53	39	32	2	218
<i>N3:</i>						
- advies	118	86	50	36	22	312
- N-dm werkz	39	13	17	13	2	84
- N-km	82	59	32	27	0	200
- totaal	121	72	49	40	2	284

Tabel I.2 Verdeling van de mestgiften over het seizoen op locatie De Marke in 2005 (kg N-werkzaam/ha)

	1 ^e snede	2 ^e snede	3 ^e snede	4 ^e snede	5 ^e snede	totaal
DM (m ³)	35	20	10			65
<i>N0:</i>						
- advies	39	34	26	13	0	112
- N-dm werkz	45	36	30	17	5	132
- N-km	0	0	0	0	0	0
- totaal	45	36	30	17	5	132
<i>N1:</i>						
- advies	63	50	33	20	14	180
- N-dm werkz	45	36	30	17	5	132
- N-km	27	25	13	9	0	74
- totaal	72	61	43	26	5	207
<i>N2:</i>						
- advies	89	67	42	29	19	246
- N-dm werkz	45	36	30	17	5	132
- N-km	53	42	24	21	0	140
- totaal	98	78	54	38	5	273
<i>N3:</i>						
- advies	118	86	50	36	22	312
- N-dm werkz	45	36	30	17	5	132
- N-km	82	61	34	29	0	206
- totaal	127	97	64	36	5	329

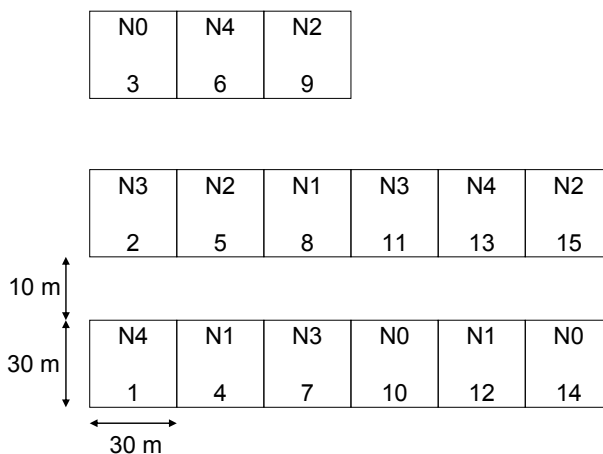
Tabel I.3 Verdeling van de mestgiften over het seizoen op locatie IJsselstein in 2006 (kg N-werkzaam/ha)

	1 ^e snede	2 ^e snede	3 ^e snede	4 ^e snede	5 ^e snede	totaal
DM (m ³)	28	26	10			64
<i>N0:</i>						
- advies	39	34	26	13	0	112
- N-dm werkz	35	39	32	18	7	131
- N-km	0	0	0	0	0	0
- totaal	35	39	32	18	7	130
<i>N1:</i>						
- advies	63	50	33	20	14	180
- N-dm werkz	35	39	32	18	7	131
- N-km	27	14	4	5	0	50
- totaal	62	53	36	23	7	181
<i>N2:</i>						
- advies	89	67	42	29	19	246
- N-dm werkz	35	39	32	18	7	131
- N-km	54	28	18	16	0	116
- totaal	89	67	50	34	7	247
<i>N3:</i>						
- advies	118	86	50	36	22	312
- N-dm werkz	35	39	32	18	7	131
- N-km	81	43	31	27	0	182
- totaal	116	82	63	45	7	313

Tabel I.4 Verdeling van de mestgiften over het seizoen op locatie De Marke in 2006 (kg N-werkzaam/ha)

	1 ^e snede	2 ^e snede	3 ^e snede	4 ^e snede	5 ^e snede	totaal
DM (m ³)	30	25	15			70
<i>N0:</i>						
- advies	39	34	26	13	0	112
- N-dm werkz	40	40	39	21	7	147
- N-km	0	0	0	0	0	0
- totaal	40	40	39	21	7	147
<i>N1:</i>						
- advies	63	50	33	20	14	180
- N-dm werkz	40	40	39	21	7	147
- N-km	22	12	2	0	0	36
- totaal	62	52	41	21	7	183
<i>N2:</i>						
- advies	89	67	42	29	19	246
- N-dm werkz	40	40	39	21	7	147
- N-km	48	29	14	0	0	91
- totaal	88	69	53	21	7	238
<i>N3:</i>						
- advies	118	86	50	36	22	312
- N-dm werkz	40	40	39	21	7	147
- N-km	77	48	27	0	0	152
- totaal	117	88	66	21	7	299

Bijlage II Proefveldschema experiment 2 en de verdeling van mestgiften over het seizoen



Figuur II.1 Proefveldschema experiment 2

Figuur II.1 geeft de situering weer van het proefveldschema. Veldje 5 valt samen met de vaste waarnemingsplek op perceel 2. Daarom heeft dat veldje de behandeling die overeenkomt met het 'De Marke-regiem'. De overige veldjes zijn verloot. De veldjes zijn 30 bij 30 meter. Tussen de veldjes in een rij wordt geen ruimte gelaten. Dat betekent dat bij toediening van de drijfmest rekening gehouden moet worden met randeffecten op randen in verband met instelling van de gift.

Behandeling

De verdeling van de drijfmestgiften over het seizoen zijn weergegeven in de Tabellen II.1 en II.2. Voor de N-jaargiften wordt verwezen naar de hoofdstekst.

Tabel II.1 Verdeling van de mestgiften over het seizoen in 2005 (m³)

	1 ^e snede	2 ^e snede	3 ^e snede	4 ^e snede	Jaartotaal
N0	35	0	0	0	35
N1	35	7,5	7,5	0	50
N2	35	20	20	0	75
N3	35	30	15	15	95
N4	35	35	30	15	115

Tabel II.1 Verdeling van de mestgiften over het seizoen in 2006 (m³)

	1 ^e snede	2 ^e snede	3 ^e snede	4 ^e snede	Jaartotaal
N0	25	0	0	0	25
N1	35	6	6	0	47
N2	35	20	15	0	70
N3	35	30	15	11	90
N4	35	35	35	20	125

Bijlage III Weersomstandigheden in 2005 en 2006**Tabel III.1** De neerslag (mm) per 10 dagen in de jaren 2005 en 2006 op de locaties De Marke en IJsselstein

Maand	Decade	De Marke			IJsselstein		
		2005	2006	Norm	2005	2006	Norm
Jan	I	9.6	2.0	27.6	7.5	1.8	24.7
	II	25.3	15.3	16.4	21.2	14.0	14.8
	III	28.2	5.9	25.9	23.9	5.6	23.5
Feb	I	12.3	19.0	16.7	10.3	16.6	18.1
	II	53.3	24.6	17.6	75.3	48.4	16.7
	III	7.6	5.6	9.8	5.7	18.4	9.3
Maart	I	10.5	31.9	22.1	9.4	34.1	20.1
	II	19.3	5.3	19.4	13.2	2.4	18.8
	III	16.8	38.7	22.7	19.6	39.9	23.3
April	I	33.9	12.9	16.4	13.4	16.8	15.0
	II	31.9	19.6	14.8	23.4	12.9	14.5
	III	20.1	9.8	13.1	20.6	3.4	13.4
Mei	I	57.5	4.0	18.5	16.1	4.5	18.3
	II	6.9	25.8	18.7	10.0	29.3	16.8
	III	19.7	81.0	24.8	11.5	78.8	24.3
Juni	I	23.5	0.7	26.8	12.9	0.3	29.0
	II	13.3	5.4	19.7	1.1	32.0	17.8
	III	16.7	0.7	25.4	21.9	3.3	23.2
Juli	I	36.2	9.5	19.9	31.7	4.2	20.1
	II	0.0	0.0	20.5	0.2	0.1	20.8
	III	52.2	16.2	28.4	41.0	13.5	21.6
Aug	I	32.5	46.6	16.3	34.6	33.0	16.4
	II	33.6	45.2	23.3	33.8	45.6	18.4
	III	15.6	78.5	21.8	12.5	70.5	23.0
Sept	I	3.2	6.1	22.5	1.0	5.7	20.6
	II	26.6	5.3	24.0	15.3	3.6	22.2
	III	11.7	1.6	22.0	12.8	0.7	18.3
Okt	I	6.6	28.2	25.1	8.6	52.8	23.0
	II	2.3	9.2	18.3	5.2	8.0	16.8
	III	27.1	22.7	22.5	33.7	25.3	21.9
Nov	I	13.1	9.8	19.6	10.9	6.9	20.5
	II	19.4	40.7	29.1	11.5	37.3	28.7
	III	103.4	44.5	23.3	38.9	28.8	21.5
Dec	I	6.7	42.6	19.6	5.8	36.4	17.7
	II	20.4	25.3	29.3	18.1	15.8	27.1
	III	11.2	11.8	28.7	17.0	13.5	24.3

Tabel III.2 De gemiddelde temperatuur (°C) per maand in de jaren 2005 en 2006 op de locaties De Marke en IJsselstein

Maand	De Marke			IJsselstein ¹		
	2005	2006	norm	2005	2006	norm
Jan	4.3	0.4	2.1	4.7	1.1	2.8
Feb	1.4	1.8	2.4	2.1	2.4	3.1
Mrt	5.8	3.2	5.3	7.0	4.2	6.0
Apr	10.2	8.5	8.0	10.6	8.9	8.6
Mei	12.5	14.3	12.5	13.0	14.8	13.1
Jun	16.2	16.8	14.9	17.7	18.2	15.6
Jul	17.6	22.2	17.0	18.3	23.0	17.6
Aug	15.7	15.9	16.8	16.3	16.1	17.5
Sep	15.2	17.7	13.6	16.0	18.0	14.3
Okt	12.9	13.6	9.8	13.5	13.9	10.4
Nov	6.1	8.8	5.5	6.2	8.9	6.1
Dec	3.3	6.2	3.3	3.5	6.0	4.0

¹ Data Eindhoven