



Stikstofgebruiksnormen van meststoffen in de praktijk, getoetst in 2004 - 2007



Augustus 2009

Rapport nr. 55
Rapport Plant Research International nr. 277



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 2008/oplage 80
Prijs € 25,-

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

'Koeien & Kansen'

Is een samenwerkingsverband van 16 melkveehouders, proefbedrijf De Marke, Wageningen UR en adviesdiensten. Op verzoek van het ministerie van LNV en PZ brengt het project voor de Nederlandse melkveehouderijsector de milieukundige, technische en economische gevolgen in beeld van de implementatie van toekomstig milieubeleid. Deze verkenning biedt de mogelijkheid de wetgeving te evalueren, voorstellen tot verbetering te onderzoeken en de sector te informeren over kosten-effectieve bedrijfsaanpassingen.



Stikstofgebruiksnormen van meststoffen in de praktijk, getoetst in 2004 - 2007

Jouke Oenema¹, Falentijn Assinck² & Koos Verloop¹

¹ Plant Research International

² Alterra

Inhoudsopgave

Samenvatting.....	1
1 Inleiding	7
1.1 Achtergrond.....	7
1.2 Doel van het onderzoek	7
1.3 Aanpak.....	8
2 Materiaal & Methoden.....	11
2.1 Keuze referentiepercelen	11
2.2 Behandeling en bepalingen.....	12
3 Resultaten 2006 en 2007.....	13
3.1 Neerslag en neerslagoverschot	13
3.2 Bemesting, gebruik en opbrengsten	14
3.3 Perceelsbalansen.....	15
3.4 N_{\min} -gehalten in zand- en lössgrond	17
3.5 Nitraatconcentraties in grondwater van zand- en lössgrond	20
4 Synthese.....	23
4.1 Bemesting conform gebruiksnorm?	23
4.2 Verdeling van N over bodem en gewas	25
4.3 Minerale stikstof in najaar	27
4.4 Nitraatconcentratie in grondwater	28
4.5 Lot van het N-overschot.....	31
4.6 Toetsing van de gebruiksnormen in de praktijk.....	33
5 Conclusies en aanbevelingen.....	39
5.1 Conclusies.....	39
5.2 Aanbevelingen	40
Literatuur	41
Bijlage I Bemesting en opbrengsten van de referentiepercelen 2006 en 2007	43
Bijlage II Perceelsbalansen van de referentiepercelen in 2006 en 2007	47
Bijlage III N_{\min} -gehalten in de bodem	53
Bijlage IV Nitraatconcentraties in grondwater	55
Bijlage V Gebruiksnorm en werkelijke bemesting referentiepercelen 2006 en 2007	57
Bijlage VI Grondwater of bodemvocht.....	59

Samenvatting

Doel

Het doel van dit onderzoek is het toetsen van de voor 2009 geldende N-gebruiksnormen voor meststoffen (dierlijke mest en kunstmest) in praktijksituaties in de melkveehouderij. De gebruiksnormen voldoen volgens bestaande inzichten aan de milieueisen van de EU-nitraatrichtlijn en zijn gebaseerd op veronderstellingen over i) de verdeling van aangevoerde nutriënten over bodem en gewas en ii) het lot van N in de bodem. De toetsing richt zich op deze veronderstellingen.

De volgende onderzoeksvragen worden beantwoord:

1. Leidt strikte toepassing van de gebruiksnormen 2009 op perceelsniveau tot de in de wet veronderstelde benutting van meststoffen (gewasopbrengsten)?
2. Hoeveel minerale stikstof blijft in de bodem in het najaar achter?
3. Wat is het lot van N in de bodem? Welk deel komt in het grondwater terecht?
4. Wat is de invloed van waterhuishouding, grondgebruik, bemesting en graslandgebruik op de nitraatconcentraties in het bovenste grondwater?

Aanpak

In 2004 zijn op 7 'Koeien & Kansen'-bedrijven referentiepercelen aangelegd. Op deze percelen is 4 jaar lang mest aangevoerd volgens de gebruiksnormen 2009. Het aantal referentiepercelen op grasland varieerde per jaar tussen 19 en 23 en op maïsland tussen de 7 en 10.

Een perceelsbalans is opgesteld door alle mineralenstromen die de bodem intreden als aanvoer te beschouwen, en de afvoer van mineralen via gewasproducten als afvoer te beschouwen. Het verschil is het N-bodemoverschot.

In het najaar is de bodem van de percelen bemonsterd. Vanaf 2006 is alleen de bodem van de referentiepercelen op zand- en lössgrond bemonsterd. Tijdens deze bemonsteringen zijn uit drie lagen van 30 cm dikte grondmonsters genomen en geanalyseerd op het gehalte NO_3 , NH_4 en N_{TS} .

In het voorjaar - beginnend in 2005 - is op 12 plekken per perceel het bovenste grondwater of de bodem bemonsterd van alleen de referentiepercelen op zand- en lössgrond. De grondwatermonsters zijn geanalyseerd op NO_3 , NH_4 en N_{TS} . Uit de bodemmonsters is het bodemvocht gehaald en geanalyseerd op NO_3 , NH_4 en N_{TS} .

De analyse van de resultaten is uitgevoerd op het niveau van clusters die zo veel mogelijk aansluiten bij het onderscheid dat bij de onderbouwing van de gebruiksnormen is gemaakt. Onderscheiden worden:

- gras en maïs;
- zand, löss, klei en veen;
- natte (Gt I - VI) en droge percelen (Gt VII - VIII).

Resultaten en synthese

Op de referentiepercelen met gras varieert de hoeveelheid toegediende dierlijke mest tussen jaren van gemiddeld 236 tot 314 kg N-totaal/ha. In de meeste gevallen is er op gras meer dierlijke mest toegediend dan 250 kg N-totaal/ha. Op maïs is ruim 75 kg N-totaal/ha minder dierlijke mest terecht gekomen dan de gebruiksnorm van dierlijke mest. De referentiepercelen met gras zijn iets onder de gebruiksnorm voor N (dierlijke mest én kunstmest) bemest. Daardoor zijn de referentiepercelen met gras met minder kunstmest bemest dan de maximale gebruiksruijme toestaat.

Maïs wordt zowel in continueteelt als in wisselbouw geteeld. De gebruiksnormen houden hiermee geen rekening. De veehouder doet dat wel en daarom is de variatie in bemesting groot. Gemiddeld is maïs boven het landbouwkundige advies bemest maar onder de generieke gebruiksnorm voor maïs (het advies is lager dan de gebruiksnorm).

Over een periode van 4 jaar is in de meeste gevallen de N-opbrengst van gras hoger dan de aangenomen N-opbrengst. Alleen het cluster droog zand realiseert gemiddeld een iets lagere N-opbrengst. In alle clusters is over een periode van 4 jaar de gemiddelde N-opbrengst van maïsland hoger dan de aangenomen opbrengst. Hierbij is dan wel rekening gehouden met de (eventuele) oogst van het vanggewas.

Het (bodem) N-overschot is vergeleken met het aangenomen overschot volgens de derogatie. Vooral het N-overschot op klei en veen is lager dan wat aangenomen is. Het N-overschot op droog

zand is hoger en op nat zand lager dan wat aangenomen is (zie ook Tabel 1). Dit geldt voor zowel maïs als gras. Tussen de jaren is de variatie in het N-overschot per cluster groot. Duidelijke trends in de clusters zijn niet zichtbaar.

De hoeveelheid N_{\min} in de bodem in het najaar wordt gezien als een indicator van nitraatuitspoeling. Bij de onderbouwing van de gebruiksnormen voor meststoffen zijn echter geen normen voor het N_{\min} -gehalte in de bodem vastgesteld. Bij geen enkel cluster is sprake van een duidelijke oplopende of aflopende trend in de tijd. Bovendien wijkt het verloop in de tijd af van het verloop in de tijd van het N-overschot. Alleen bij het cluster maïs op lössgrond maakt het patroon over de jaren van N_{\min} en het N-overschot een vergelijkbare ontwikkeling door. De hoeveelheid N_{\min} in het najaar bij de maïscusters is groter dan bij de grasclusters met dezelfde bodemtypen. Ongeacht het gebruik is in droog zand het minste en in nat zand het meeste N_{\min} in het profiel aangetroffen.

Van alle jaar-clustergemiddelde nitraatconcentraties in grasland op zand- en lössgrond overschrijdt 25% de EU-norm van 50 mg/l. De nitraatconcentratie op nat zand is hoger dan op droog zand (Tabel 1). Alle grasclusters vertonen in mindere of meerdere mate het volgende verloop: een toename van de nitraatconcentratie van meetseizoen 2004-2005 naar 2005-2006 en vervolgens twee meetseizoenen lang een afname van de nitraatconcentratie ten opzichte van het voorgaande meetseizoen. Naast verschillen in neerslagoverschotten en bemonsteringstijdstippen is het aannemelijk dat het beleid in de vorm van de gebruiksnormen en het bewustere nutriënten- en grasland-beheer verantwoordelijk zijn voor de dalende nitraatconcentraties bij de grasclusters. Het is namelijk bekend dat sommige effecten van beheer en milieubeleid na-ijlen oftewel pas na langere tijd zichtbaar worden. De N-bemesting (drijfmest, kunstmest en weidemest) op de grasland referentiepercelen op zandgrond was in de periode 2000-2003 gemiddeld 540 kg/ha. In de periode 2004-2007 was de N-bemesting op diezelfde percelen gemiddeld 410 kg/ha. Een afname van 130 kg N/ha.

De nitraatconcentratie bij maïs op zand (nat en droog)- en lössgrond voldoet niet aan de EU-norm (Tabel 1). Bij de clusters maïs op lössgrond en maïs op droog zand zijn geen duidelijke trends waar te nemen. Bij het cluster maïs op nat zand is een toename van de clustergemiddelde nitraatconcentratie in de tijd te zien. Op het oog lijkt er geen correlatie te zijn tussen nitraatconcentraties, N_{\min} in de bodem en N-overschot. Hoewel een directe correlatie niet is aangetoond, valt het wel op dat bij 19 van de 25 maïspcelen op nat zand en bij alle drie maïspcelen op droog zand het veggewas is bemest dan wel beweide. Echter de nitraatconcentratie is niet bij alle maïspcelen, waarvan het veggewas is bemest, uitzonderlijk hoog (zeg > 100 mg/l). Wel is de nitraatconcentratie altijd hoger dan de EU-norm van 50 mg/l. In dit onderzoek is nog geen verklaring gevonden voor de stijgende trend van de clustergemiddelde nitraatconcentratie bij maïspcelen op nat zand.

Voor het omrekenen van een N-overschot naar milieukwaliteit (nitraatconcentratie) is in de onderbouwing van de derogatie gebruik gemaakt van de methode waarbij de stikstofconcentratie in het grondwater berekend wordt aan de hand van het N-overschot, een uitspoelfractie en een neerslagoverschot. Op basis van de resultaten uit dit onderzoek kunnen de uitspoelfracties getoetst worden. De resultaten van deze toetsing op clusterniveau voor zand en löss staan in Tabel 1.

Uit de resultaten blijkt dat aan de gebruiksnormen voor grasland en de daarbij behorende onderbouwing van de hoogte van het N-overschot en de nitraatconcentratie in de meeste gevallen kan worden voldaan. Alleen op nat zand bleek in 3 van de 4 meetseizoenen de uitspoelfractie en de nitraatconcentratie hoger te zijn dan de norm. Op droog zand werd een lagere nitraatconcentratie gemeten dan op nat zand, terwijl het N-overschot veelal hoger was op droog zand. Na 2004 werden de meeste percelen in het cluster droog zand alleen gemaaid en niet beweide. Dit kan een reden zijn voor de relatief lagere nitraatconcentraties op droog zand vergeleken met nat zand.

De gebruiksnormen voor maïsland lijken in de praktijk te hoog om de EU-norm voor de nitraatconcentratie in grondwater te realiseren. Zelfs als het werkelijke N-overschot lager is dan het aangenomen N-overschot, dan nog overschrijdt de nitraatconcentratie de norm van 50 mg/liter. Een oorzaak hiervan is de teelt in wisselbouw. Vooral bij eerstejaars maïs is de bemesting hoger dan het landbouwkundig advies voor de teelt van maïs in wisselbouw.

Conclusies

Per onderzoeksvraag worden de conclusies besproken.

Leidt strikte toepassing van de gebruiksnormen 2009 op perceelsniveau tot in de wet aangenomen benutting van meststoffen (gewasopbrengsten)?

De N-gewasopbrengst op clusterniveau zijn bij grasland in de meeste gevallen hoger dan de aangenomen N-opbrengst. Alleen bij droog zand is de N-opbrengst iets lager dan de aanname. De benutting van meststoffen op grasland is iets hoger dan volgens de aanname.

De N-gewasopbrengst op clusterniveau bij maïsland is iets hoger dan de aanname. De benutting van meststoffen op maïs is gemiddeld bij nat zand hoger dan de aanname en bij löss iets lager dan de aanname. De benutting kan nog verhoogd worden door bij de bemesting in eerstejaars en tweedejaars maïspcelen rekening te houden met nalevering van mineralen uit de ondergeploegde zode. Dit wordt in de referentiepercelen nauwelijks gedaan. Daarnaast wordt in de meeste gevallen het vanggewas bemest. Echter voordat het vanggewas wordt ondergeploegd wordt het vaak eerst beweid dan wel geoogst.

Hoeveel minerale stikstof blijft in de bodem in het najaar achter?

De hoeveelheid minerale stikstof op grasland in het najaar in de laag 0-90 cm-mv is het hoogst op veengrond (± 130 kg N/ha) en het laagst op kleigrond (± 35 kg N/ha). Op nat zand wordt meer N in de bodem aangetroffen dan op droog zand en lössgrond. Bij dezelfde bodemtypen zijn op maïsland de hoeveelheden minerale stikstof in de bodem in het najaar hoger dan op grasland. Vooral bij maïspcelen, waarbij enkele jaren oud grasland voorafgaand aan de teelt van maïs is ondergeploegd, kan de hoeveelheid N_{\min} in de laag 0-90 cm-mv zeer hoog zijn. Op maïs- & grasland is relatief gezien de meeste N_{\min} aanwezig in de laag 0-30 cm-mv, wel is het relatieve aandeel van deze laag aan de totale hoeveelheid bij maïsland lager.

Wat is het lot van N in de bodem? Welk deel komt in het grondwater terecht?

Van de voorraad minerale stikstof in de bodem komt bij grasland op klei- en veengrond bijna niets in het grondwater terecht. Onder grasland is de werkelijke uitspoelfractie bij droog zand en lössgrond gemiddeld lager en bij nat zand gemiddeld hoger dan de aanname. De werkelijke uitspoelfractie varieert tussen 0.11 (löss en droog zand) en 0.30 (nat zand). Gemiddeld is de uitspoelfractie bij maïsland op löss hoger dan de aanname (respectievelijk 1.21 en 0.73). Van maïsland op droog zand zijn van één jaar resultaten bekend, welke aangeven dat de gerealiseerde uitspoelfractie (0.91) de aanname (0.73) overschrijdt. Ook de gerealiseerde uitspoelfractie van maïsland op nat zand overschrijdt gemiddeld de aanname. In alle gevallen is de variatie tussen de jaren groot. De uitspoelfracties zijn bij grasland lager dan bij maïsland. Met andere woorden: in een evenwichts-situatie is het aandeel denitrificatie aan de totale N-verliezen bij grasland relatief groter dan bij maïsland.

Wat is de invloed van waterhuishouding, grondgebruik, bemesting en graslandgebruik op de nitraatconcentraties in het bovenste grondwater?

De meteorologische omstandigheden en (de hydrologische omstandigheden in) de bodem hebben duidelijk invloed op de nitraatconcentraties in het grondwater. Op klei- en veengrond is weinig risico op het overschrijden van de EU-norm in het grondwater. Op zandgrond is dit risico het grootst. De teelt van maïs is veel gevoeliger voor uitspoeling dan de teelt van gras, ondanks het eventueel toepassen van een vanggewas bij maïs. Met name bij eerste- en tweedejaars maïs zijn de risico's op nitraatuitspoeling groot. Aan de norm voor de nitraatconcentratie in het bovenste grondwater kan op basis van de resultaten uit dit onderzoek worden voldaan bij grasland op löss en droog zand. De lage nitraatconcentraties op droog zand wordt mede veroorzaakt door een geringe beweiding. De nitraatconcentratie onder grasland op nat zand voldoet gemiddeld niet aan de norm, maar lijkt wel een dalende trend te hebben ingezet. Het maakt uit in welke vorm dierlijke mest wordt toegediend. Dierlijke mest in de vorm van weidemest verhoogt het risico op nitraatuitspoeling meer dan in de vorm van drijfmest. Ter verduidelijking: in dit onderzoek is de nitraatconcentratie bepaald in grondwater of bodemvocht. De EU-norm van 50 mg/l nitraat geldt voor grondwater. Onze resultaten hebben hier dus een indicatief karakter.

Bij maïsland wordt de norm voor de nitraatconcentratie in het bovenste grondwater in dit onderzoek niet gerealiseerd. Naast de hierboven genoemde risicofactoren bij eerste- en tweedejaars maïs is een andere risicofactor bij de teelt van maïs het bemesten van het vanggewas.

Aanbevelingen

Teelt van maïs in de praktijk

Uit de resultaten komt naar voren dat in de praktijk bij het bemesten van vooral eerstejaars en tweedejaars maïs onvoldoende rekening wordt gehouden met nalevering van mineralen uit ondergeploegde graszoden. Voor de landbouwvoorlichting en andere communicatiekanalen ligt er op dit gebied nog een taak om de praktijk te overtuigen dat op dit gebied nog veel winst te behalen is.

Daarnaast lijkt het omgaan met het vanggewas in de praktijk af te wijken van de inzichten bij de onderbouwing van de gebruiksnormen. In de onderbouwing wordt het vanggewas niet bemest en volledig ondergeploegd. In de praktijk wordt het vanggewas wel bemest maar ook geoogst (weiden/maaien). De regelgeving vermeldt hierover niets. Uit dit onderzoek blijkt dat de nitraatconcentraties onder maïs de norm van 50 mg/l overschrijden. De landbouwvoorlichting kan een belangrijke rol spelen door de boeren te wijzen op de risico's van het bemesten van vanggewassen voor het milieu. De mest, die toegediend wordt aan het vanggewas kan waarschijnlijk beter elders in het bedrijf benut worden.

Verder is het zinvol om de teelt van maïs eens goed onder de loep te nemen en te onderzoeken wat de mogelijkheden zijn om toch binnen de normen te blijven. Daarbij kan gedacht worden aan hoe om te gaan met een vanggewas (soort vanggewas, tijdstip van zaaien) en het toedienen van dierlijke mest in de rij voor een betere en efficiëntere opname door het gewas.

Normen voor grasland op nat en droog zand

De nitraatconcentratie op nat zand is hoger op droog zand. Dit lijkt in tegenspraak te zijn met wat er altijd beweerd wordt (droge zandgronden zijn het meest uitspoelingsgevoelig). Een oorzaak wordt gevonden in de beweiding. In de gebruiksnorm is geen verschil aangebracht tussen droog en nat zand. Om te beoordelen of dit terecht is, is het wenselijk om meer onderzoek te doen naar verschillen in de hydrologie en andere kenmerken zoals organische stof, leemgehalten, diepte van organische stof, enzovoort.

Tabel 1 Het gerealiseerde N-overschot, de gemeten nitraatconcentratie en de werkelijke uitspoelfracties berekend uit het gerealiseerde N-overschot, het neerslagoverschot en de gemeten nitraatconcentraties voor de verschillende zand- en lössclusters

	N-overschot (kg N/ha)				Nitraatconcentratie (mg/l)				Uitspoelfractie (kg/kg)				aanname	2007	gem.	
	2004	2005	2006	2007	2004	2005	2006	2007	2004	2005	2006	2007				
Gras																
Löss	101	101	61	160	18	24	14	6	0.38	0.15	0.17	0.03	0.10			
Droog zand	196	111	132	128	36	42	24	21	0.38	0.09	0.12	0.08	0.11			
Nat zand	71	105	116	69	49	72	70	55	0.25	0.37	0.32	0.39	0.30			
Mais																
Löss	74	60	25	66	72	99	78	76	0.73	0.86	2.48	1.03	1.21			
Droog zand	72				126				0.73	0.91			0.91			
Nat zand	52	101	69	41	103	117	116	132	0.48	1.21	1.48	1.98	1.24			

1 Inleiding

1.1 Achtergrond

De EU-nitraatrichtlijn (Anonymous, 1991) verplicht lidstaten maximaal 170 kg stikstof (N) per ha aan dierlijke mest op landbouwgronden toe te passen. Op dit moment mogen de bedrijven in Nederland maximaal 250 kg N/ha uit dierlijke mest op landbouwgrond toepassen, mits 70% van het bedrijfsareaal uit grasland bestaat (gebruiksnorm dierlijke mest). Deze afwijking (derogatie) is afgegeven onder de voorwaarde dat door onderbouwing vooraf aannemelijk gemaakt wordt dat de gebruiksnorm niet leidt tot een overschrijding van de norm van 11,3 mg/l nitraat-N in het grondwater van zandgronden en een overschrijding van een streefconcentratie van 11,3 mg/l totaal-N in drain- en slootwater van de klei- en veengronden (Schröder *et al.*, 2005).

De N-gebruiksnorm (in het vervolg gebruiksnorm genoemd) van meststoffen (dierlijke mest en kunstmest) voor gewassen is afgeleid van de bovenstaande milieunormen en dient te worden onderbouwd met verwachtingen ten aanzien van aan- en afvoer (Anonymous, 1991). In de onderbouwing van de gebruiksnorm voor meststoffen is uitgegaan van verwachtingen over: i) de verdeling van aangevoerde stikstof over bodem en gewas en ii) het lot van N in de bodem (denitrificatie, uitspoeling en ophoping) (Figuur 1.1, Tabel 1.1).¹ De verwachte verdeling over bodem en gewas varieert voor de verschillende teeltomstandigheden. Bij het afleiden van de aanvoer is rekening gehouden met de vorm waarin stikstof wordt aangevoerd. Dit kan zijn: N in drijfmest, N in weidemest, N in kunstmest, atmosferische depositie of biologische N-binding. Bij de afvoer is onderscheid gemaakt tussen situaties met en zonder beweiding. Het bodemoverschot en indirect dus de belasting van het milieu is mede afhankelijk van het bodemgebruik. De verdeling van N over bodem en gewas en het lot van N in de bodem hangen dan ook niet alleen af van bodemtype en hydrologische situatie, maar ook van het bodemgebruik.

De gebruiksnormen van meststoffen verschillen voor gras en maïs en voor de bodemtypes klei, veen en zand (zie Tabel 1.2). In de vertaling van de verwachte verdeling van N naar de gebruiksnormen in Tabel 1.2 zijn vereenvoudigingen toegepast om de regelgeving eenvoudig en hanteerbaar te houden. Bij afleiden van de norm wordt rekening gehouden met het al dan niet toepassen van beweiding, maar niet met de *mate* van beweiding. Normen voor bedrijven waar beweid wordt, zijn gebaseerd op de veronderstelling dat het gras voor 40% als weidegras wordt opgenomen en voor 60% als kuilgras op stal wordt gevoerd. Te verwachten verschillen tussen de verdeling van N voor zandgrond met een hoge, middelhoge of lage grondwaterstand (Tabel 1.1) zijn 'platgeslagen' in de gebruiksnormen (Tabel 1.2).

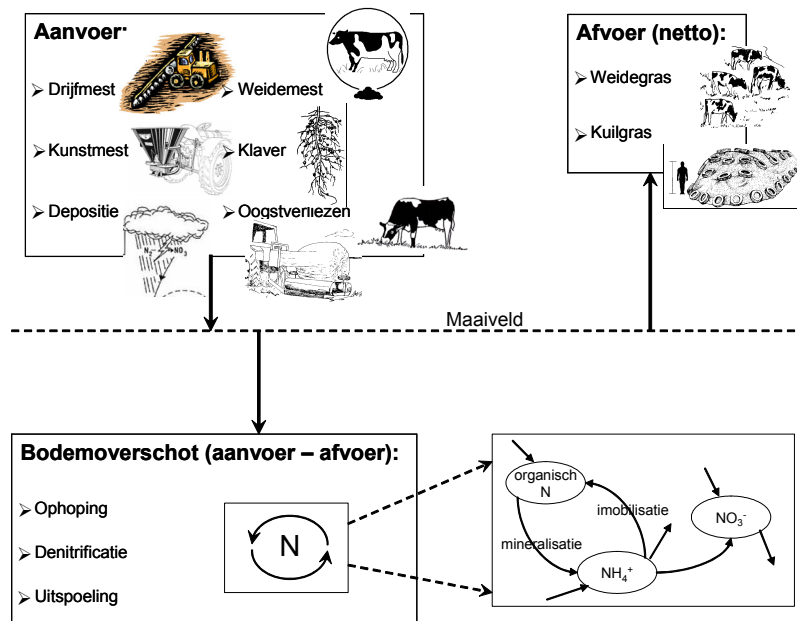
Voor toekomstige discussies met de EU over de derogatie en de daarbij horende gebruiksnormen is het van belang om door nieuw praktijkonderzoek bevestigd te krijgen dat de door Schröder *et al.* (2005, 2009) gepresenteerde verwachtingen over de verdeling en het lot van N juist zijn. Dit onderzoek is bedoeld om te voorzien in die kennisbehoefte. In paragraaf 1.2 worden de doelen en onderzoeksvragen uitvoeriger beschreven.

'Koeien & Kansen'-bedrijven hebben vooruit gelopen op de invoering van de gebruiksnormen in 2006. Op de bedrijven is met ingang van 2004 bemest volgens de gebruiksnormen 2009. De eerste resultaten over de jaren 2004 en 2005 van dit onderzoek zijn gerapporteerd in Oenema *et al.* (2007). Dit rapport doet verslag van de resultaten van het onderzoek over de jaren 2006 en 2007 en presenteert daarnaast een analyse over de gehele onderzoeksperiode (2004 - 2007).

1.2 Doel van het onderzoek

Het doel van dit onderzoek is het toetsen van de gebruiksnormen voor meststoffen 2009 (dierlijke mest en kunstmest) in praktijksituaties in de melkveehouderij. Zoals in §1.1 vermeld is, zijn de gebruiksnormen gebaseerd op verwachtingen over: i) de verdeling van aangevoerde nutriënten over bodem en gewas en ii) het lot van N in de bodem. De toetsing richt zich op deze verwachtingen.

¹ In de onderbouwing wordt rekening gehouden met ammoniakverliezen tijdens uitrijden van mest en tijdens beweiding. In de N-aanvoer naar de bodem zijn deze ammoniakverliezen inbegrepen, in het N-overschot zijn de ammoniakverliezen er afgetrokken. In dit rapport wordt rekening gehouden met de ammoniakverliezen door aan te geven of ze wel of niet zijn inbegrepen.



Figuur 1.1 Schematische weergave van de stikstofstromen op grasland op perceelsniveau. De aanvoer is gecorrigeerd voor de ammoniakverliezen

De volgende onderzoeksvragen worden beantwoord:

1. Leidt strikte toepassing van de gebruiksnormen 2009 op perceelsniveau tot de in de wet aangenomen benutting van meststoffen (gewasopbrengsten)?
2. Hoeveel minerale stikstof blijft in de bodem in het najaar achter?
3. Wat is het lot van N in de bodem? Welk deel komt in het grondwater terecht?
4. Wat is de invloed van waterhuishouding, grondgebruik, bemesting en graslandgebruik op de nitraatconcentraties in het bovenste grondwater?

1.3 Aanpak

Om een antwoord te krijgen op de onderzoeksvragen zijn op 7 'Koeien & Kansen'-bedrijven referentiepercelen aangelegd. Op deze percelen wordt mest aangevoerd volgens de gebruiksnormen 2009. Op deze percelen wordt het bodemoverschot van N bepaald (het verschil tussen aan- en afvoer). Daarnaast wordt onderzocht wat er met het overschot gebeurt.

Tijdens dit onderzoek is onderscheid gemaakt tussen de verschillende meetseizoenen. Een meetseizoen loopt van de eerste bemesting in het groeiseizoen tot en met de bemonstering van het grondwater in het voorjaar daaropvolgend. Als het gaat om bemesting en opbrengsten noemen we het jaar van het groeiseizoen (bijvoorbeeld jaar 2005). Als het gaat om bodem, grondwater en weer noemen we het meetseizoen (bijvoorbeeld meetseizoen 2005 - 2006). Een meetseizoen loopt dus van het groeiseizoen van een jaar tot het moment dat het grondwater is bemonsterd. Er is namelijk aangenomen dat het bemonsterde grondwater hoort bij het voorafgaande groeiseizoen.

In hoofdstuk 2 wordt de opzet van het veldonderzoek in meer detail beschreven. Hoofdstuk 3 presenteert de meetresultaten uit 2006 en 2007 en in hoofdstuk 4 wordt met behulp van de resultaten over de gehele onderzoeksperiode (2004 - 2007) antwoord gegeven op de onderzoeksvragen. Vervolgens eindigt het rapport met conclusies en aanbevelingen (hoofdstuk 5).

Tabel 1.1

De bij de onderbouw van de derogatie gehanteerde aannames ten aanzien van aangevoerde hoeveelheid N in mest (dierlijke mest inclusief ammoniakverlies en kunstmest), afgevoerde gewasopbrengst, bodemoverschot, neerslagoverschot en uitspoelfractie. Onderscheid is gemaakt tussen de verschillende bodemtypen, gewassen en gebruiksvormen. Alle posten zijn ingesteld op een niveau waarbij voldaan wordt aan de norm van 11,3 mg/l N (of lager in gevallen waarbij een lagere N-aanvoer geen opbrengstderving tot gevolg heeft). Uitgegaan is van goede groeiomstandigheden, een goed beheer en vermijden van P-accumulatie. De getallen zijn overgenomen uit de geactualiseerde kengetallen van het WOD-model 2010-2013 (Schröder *et al.*, 2009)

Gewas/ gebruik	Bodemtype	Dierlijke mest (kg N/ha)	Kunstmest (kg N/ha)	Opbrengst (kg N/ha)	Overschot (kg N/ha)	Neerslagoverschot (mm)	Uitspoelfractie (kg/kg)
Gras M ¹	Veen	301	163	375	>300	320	0.04
	Klei	301	275	375	296	311	0.12
	Zand, GHG ³ < 0,40 m	299	231	373	156	274	0.20
	Zand, 0,40 < GHG < 0,80 m	293	178	365	105	280	0.30
	Zand/Löss, GHG > 0,80 m	289	160	361	88	298	0.38
M/W ²	Veen	261	166	313	>300	320	0.04
	Klei	277	284	332	296	311	0.12
	Zand, GHG < 0,40 m	272	203	326	156	274	0.20
	Zand, 0,40 < GHG < 0,80 m	270	152	324	105	280	0.30
	Zand/Löss, GHG > 0,80 m	273	135	327	88	298	0.38
Mais	Klei	189	91	187	112	353	0.36
	Zand, GHG < 0,40 m	181	69	180	106	358	0.38
	Zand, 0,40 < GHG < 0,80 m	169	43	167	65	332	0.58
	Zand/Löss, GHG > 0,80 m	161	29	159	51	332	0.73

¹ M = Van toepassing op bedrijven waar alleen maaisnedes worden gewonnen

² M/W = Van toepassing op bedrijven waar ook geweid wordt

³ GHG = Gemiddeld Hoogste Grondwaterstand

Tabel 1.2 Gebruiksnormen voor werkzame N uit kunstmest en dierlijke mest (kg/ha). De waarden voor beweid grasland gelden voor de situatie dat 60% van het gras op stal wordt vervoerd en dat beweiding alleen overdag plaats vindt. Bij de berekening van het maximale gebruik van kunstmest is uitgegaan van 250 kg N uit dierlijke mest (drijfmest + weidemest) (naar www.hetInvloket.nl). In 2008 (Anonymous, 2008) zijn enkele wijzigingen aangebracht in de gebruiksnormen 2009. Deze zijn weergegeven in de laatste kolom (2009^a)²

Beweid grasland	2006	2007	2008	2009	2009 ^a
<i>Totale gebruiksnorm</i>					
Klei	345	345	325	310	310
Veen	290	290	265	265	265
Zand/Löss	300	290	275	260	265
Werking dierlijke mest (%)	35	35	45	45	45
<i>Gebruiksruimte kunstmest</i>					
Klei	258	258	213	198	198
Veen	203	203	153	153	153
Zand/Löss	213	203	163	148	153
<hr/>					
Gemaaid grasland	2006	2007	2008	2009	2009 ^a
<i>Totale gebruiksnorm</i>					
Klei	385	385	365	350	310
Veen	330	330	300	300	265
Zand/Löss	355	350	345	340	265
Werking dierlijke mest (%)	60	60	60	60	45
<i>Gebruiksruimte kunstmest</i>					
Klei	235	235	215	200	198
Veen	180	180	150	150	153
Zand/Löss	205	200	195	190	153
<hr/>					
Maïs	2006	2007	2008	2009	2009 ^a
<i>Totale gebruiksnorm</i>					
Klei	160	160	160	160	160
Zand/Löss	155	155	155	150	150
Werking dierlijke mest bij maaien grasland (%)	60	60	60	60	45
Werking dierlijke mest bij beweiden grasland (%)	35	35	45	45	45
<i>Gebruiksruimte kunstmest bij maaien grasland</i>					
Klei	10	10	10	10	48
Zand/Löss	5	5	5	0	38
<i>Gebruiksruimte kunstmest bij beweiden grasland</i>					
Klei	73	73	48	48	48
Zand/Löss	68	68	43	38	38

² In dit rapport wordt gebruik gemaakt van de 'oude' gebruiksnormen 2009. Tijdens de uitvoering van dit onderzoek waren de wijzigingen uit 2008 nog niet actueel.

2 Materiaal & Methoden

2.1 Keuze referentiepercelen

Referentiepercelen zijn zo gekozen dat de belangrijkste bodemtypen vertegenwoordigd zijn. Binnen bedrijven is gezocht naar percelen die een representatief beeld geven van de omstandigheden op het bedrijf. Tabel 2.1 geeft een overzicht van de geselecteerde percelen in de periode 2004 - 2007 met de belangrijkste kenmerken. Opmerkingen over de percelen in de eerste twee jaren (2004 en 2005) zijn beschreven in Oenema *et al.* (2007). Perceel 29 bij Pijnenborg - Van Kempen is in 2007 komen te vervallen vanwege de teelt van aardappelen. Bij Schepens zijn de percelen 11 vanaf 2005 en 13 vanaf 2006 afgefallen vanwege zandwinning. Hierbij is het gele zand onder de teeltaarde vervangen door teeltaarde van elders. Vanwege de verstoring in de ondergrond zijn deze percelen niet meer geschikt als referentieperceel. In 2006 is perceel 18 bij Van Hoven verhuurd en daardoor niet als referentieperceel meegenomen. Bij de Vries zijn de referentiepercelen in 2007 komen te vervallen vanwege ontbrekende data over bemesting en opbrengsten.

Tabel 2.1 Geselecteerde referentiepercelen en belangrijkste kenmerken per perceel. Tevens is voor elk jaar het geteelde gewas aangegeven

Bedrijf	Perceel	Bodem	Gt-klasse	Nat/Droog	Bodemgebruik			
					2004	2005	2006	2007
Hoefmans	20	zand	6	N	- ¹	maïs	maïs	maïs
	25	zand	6	N	-	maïs	maïs	maïs
	55	zand	6	N	maïs	gras	gras	gras
	80	zand	5	N	gras	gras	gras	gras
	120	zand	7	D	gras	gras	gras	gras
	140	zand	7	D	maïs	gras	gras	gras
	150	zand	8	D	maïs	gras	gras	gras
	160	zand	8	D	gras	gras	gras	gras
Pijnenborg-Van Kempen	2	zand	5	N	gras	gras	gras	gras
	11	zand	6	N	gras	gras	gras	gras
	12	zand	6	N	gras	gras	gras	gras
	29	zand	6	N	maïs	maïs	maïs	-
	31	zand	3	N	maïs	maïs	maïs	maïs
Schepens	1AB	zand	6	N	gras	gras	gras	maïs
	7B	zand	6	N	maïs	maïs	gras	gras
	11	zand	7	D	maïs	-	-	-
	12	zand	6	N	gras	gras	gras	gras
	13	zand	6	N	maïs	maïs	-	-
Van Laarhoven	20+21	zand	6	N	-	maïs	maïs	maïs
	22	zand	6	N	-	maïs	maïs	maïs
Van Hoven	2	löss	8	D	gras	gras	gras	gras
	18	löss	8	D	maïs	maïs	-	maïs
	24	löss	8	D	gras	gras	gras	gras
	25	löss	8	D	maïs	maïs	maïs	maïs
Sikkenga-Bleker	J2	klei	5	N	gras	gras	gras	gras
	J4	klei	5	N	gras	gras	gras	gras
	O11	klei	5	N	gras	gras	gras	gras
Van Wijk	8	klei	5	N	gras	gras	gras	gras
	9	klei	5	N	gras	gras	gras	gras
	10	klei	5	N	gras	gras	gras	gras
De Vries	4	veen	2	N	gras	gras	gras	-
	11	veen	2	N	gras	gras	gras	-
	28	veen	2	N	gras	gras	gras	-

¹ Niet in gebruik als referentieperceel

2.2 Behandeling en bepalingen

Uitgangspunt bij de behandelingen is dat het hele perceel 'normatief' wordt bemest. De normen per bedrijf voor gras en maïs zijn weergegeven in Tabel 2.2.

Tabel 2.2 De normen per bedrijf voor gras en maïs

Bedrijf	N-bemesting gras ¹		N-bemesting maïs ⁴
	DM ²	KM ³	
Hoefmans	250	148	150
Pijnenborg - Van Kempen	250	148	150
Schepens	250	148	150
Van Laarhoven			150
Van Hoven	250	148	150
Sikkenga - Bleeker	250	198	
Van Wijk	250	198	
De Vries	250	153	

¹ Uitgegaan is van de normen die gelden voor situaties waarin beweid wordt

² De hoeveelheid dierlijke mest inclusief beweiding, uitgedrukt in kg N-totaal/ha

³ De hoeveelheid kunstmest, uitgedrukt in kg N-werkzaam/ha

⁴ De hoeveelheid N-werkzaam/ha in drijfmest en kunstmest

Per perceel wordt een balans opgesteld door alle mineralenstromen die door het oppervlak de bodem intreden als aanvoer te beschouwen en alleen de afvoer van mineralen via gewasproducten als afvoer te beschouwen. Uit het verschil tussen aan- en afvoer over het bodemoppervlak wordt het bodemoverschot (in het vervolg N-overschot) berekend. Oenema *et al.* (2007) geeft een uitvoerige beschrijving van de bepalingen van bemesting en opbrengst op de referentiepercelen.

In het najaar van zowel 2006 als 2007 (periode oktober-november) is de bodem van alle referentiepercelen op zand- en lössgrond één keer bemonsterd. Tijdens deze bemonsteringen zijn uit de lagen 0-30, 30-60 en 60-90 cm beneden maaiveld (cm-mv) grondmonsters genomen. Deze mengmonsters zijn geanalyseerd op het gehalte NO₃, NH₄ (samen N_{min}) en het gehalte totaal opgelost N (N_{ts}) na een extractie met 0.01 M CaCl₂.

In 2007 (april - mei) en in 2008 (februari - maart) is op 12 plekken per perceel het bovenste grondwater of de bodem bemonsterd (zie kader 'Grondwater en bodemvocht'). De grondwatermonsters zijn geanalyseerd op NO₃, NH₄ en N_{ts}. Uit de bodemmonsters is in het laboratorium de bodem(vocht)oplossing gehaald volgens Wieggers (2006). Het bodemvocht is geanalyseerd op NO₃, NH₄ en N_{ts}. Voor meer informatie over de laboratoriumanalyses en de bemonsteringsprocedure zie Bijlage I en II van Oenema *et al.* (2007).

Zoals reeds beschreven in Oenema *et al.* (2007) worden de 'ondergrondse' bemonsteringen (bodem en grondwater) alleen uitgevoerd op de zand- en lösspercelen. De bodem en het grondwater op de klei- en veenpercelen worden niet bemonsterd.

Grondwater en bodemvocht

Onder grondwater verstaan we water dat zich in de verzadigde zone van de bodem bevindt. Onder bodemvocht beschouwen wij water dat zich in de onverzadigde zone van de bodem bevindt. In de onverzadigde zone zijn drie fasen aanwezig: vaste bodemdeeltjes, bodemvocht en bodemlucht. In de verzadigde zone zijn alleen bodemdeeltjes en bodemvocht aanwezig. Bodemvocht zal door de in de buurt aanwezige bodemlucht minder anaeroob zijn dan grondwater. Bij verder gelijke omstandigheden (pH, temperatuur, beschikbaarheid organische stof) zal er in grondwater eerder en mogelijk meer denitrificatie optreden dan in bodemvocht.

In dit onderzoek zijn bij grondwaterstanden dieper dan 150 cm-mv bodemvochtmonsters genomen en bij grondwaterstanden ondieper dan 150 cm-mv grondwatermonsters. Er is voor deze bemonsteringsstrategie gekozen omdat we de kwaliteit van het grondwater dan wel bodemvocht graag willen kunnen relateren aan het bovengrondse management om op die manier te kunnen zien of de gebruiksnormen het gewenste effect hebben.

De EU-norm van 50 mg/l nitraat geldt voor grondwater (Anonymous, 1991). Strikt genomen is deze norm niet van toepassing op de bodemvochtmonsters. Wanneer de EU-norm gebruikt wordt in combinatie met bodemvochtmonsters, heeft de norm vooral een indicatief doel.

3 Resultaten 2006 en 2007

In dit hoofdstuk worden eerst de neerslaghoeveelheid en het neerslagoverschot weergegeven (paragraaf 3.1). Vervolgens worden bemesting, gebruik en opbrengst van graspercelen en maïspancelen weergegeven (paragraaf 3.2). In paragraaf 3.3 zijn perceelsbalansen opgesteld voor N. De N_{\min} -gehalten in de bodem staan in paragraaf 3.4 en de nitraatconcentraties in het grondwater in paragraaf 3.5. De gepresenteerde resultaten hebben betrekking op de jaren 2006 en 2007 waarvan de nitraatconcentraties in het grondwater gemeten zijn in het voorjaar van respectievelijk 2007 en 2008.

3.1 Neerslag en neerslagoverschot

In Tabel 3.1 is per bedrijf de neerslagsom, de referentie-gewasverdampingssom en het neerslagoverschot weergegeven voor de meetseizoenen 2006-2007 en 2007-2008 op basis van de gegevens van de nabijgelegen KNMI stations (KNMI 2006, 2007, 2008).

Op basis van metingen uit de periode 1971-2000 hebben Heijboer & Nellestijn (2002) voor Nederland contourkaarten gemaakt van de gemiddelde jaarlijkse neerslagsom, de gemiddelde jaarlijkse verdampingssom en het gemiddelde jaarlijkse neerslagoverschot. Tijdens de meetseizoenen 2006-2007 en 2007-2008 is bij alle bedrijven meer neerslag gevallen dan gemiddeld in de betreffende regio's. Alleen bij Hoefmans is in 2007-2008 de neerslagsom ongeveer gelijk aan het gemiddelde voor die regio.

De gemiddelde verdamping in Nederland bedraagt ongeveer 563 mm. Zonder uitzondering is bij alle bedrijven in beide meetseizoenen meer verdampt dan gemiddeld in de betreffende regio's. De verdampingssom was daarbij het hoogst in seizoen 2006-2007.

Het verschil tussen de neerslagsom en de verdampingssom, oftewel het neerslagoverschot, is alleen bij Hoefmans gelijk (2006-2007) dan wel lager (2007-2008) dan gemiddeld in de periode 1971-2000 in de betreffende regio is aangetroffen. Bij alle andere bedrijven is in beide meetseizoenen het neerslagoverschot hoger dan het gemiddelde jaarlijkse neerslagoverschot in hun regio's. De variatie in het neerslagoverschot tussen de bedrijven en tussen de meetseizoenen is aanzienlijk.

Gemiddeld genomen zijn beide meetseizoenen (ruim 100 mm) natter dan de meetseizoenen 2004-2005 en 2005-2006, die gerapporteerd zijn in Oenema *et al.* (2007).

De referentie-gewasverdampingssommen uit Tabel 3.1 gelden voor een uitgebreid uniform, van buiten droog grasoppervlak met een hoogte van 8-15 cm dat voldoende van water is voorzien. In Oenema *et al.* (2007) is er vanuit gegaan dat de referentie-gewasverdampingssom representatief is voor grasland op zand met een GHG < 0.4 m beneden maaiveld. De neerslagoverschotten (uit Tabel 3.1) zijn berekend uit de referentie-gewasverdampingssommen en moeten dus nog gecorrigeerd worden voor het 'werkelijke' gebruik, de bodem en GHG ter plekke.

Tabel 3.1 Neerslagsom, (referentie-gewas)verdampingssom en neerslagoverschot (in mm) per bedrijf voor de meetseizoenen 2004-2005 en 2005-2006. De laatste regel geeft het gemiddelde en tussen haakjes de standaardafwijking (stdev) weer. In deze tabel loopt een seizoen van maart tot maart

Bedrijf	Neerslagsom		Verdampingssom		Neerslagoverschot	
	2006-2007	2007-2008	2006-2007	2007-2008	2006-2007	2007-2008
Hoefmans	878	785	609	596	269	189
Pijnenborg-Van Kempen	850	837	603	587	246	250
Schepens	837	811	613	597	225	214
Van Laarhoven	977	875	609	596	369	278
Van Hoven	895	920	610	594	285	325
Sikkenga-Bleker	951	924	591	579	360	345
Van Wijk	909	915	591	575	317	340
De Vries	966	998	622	596	344	401
Gemiddelde (stdev)	908 (53)	883 (70)	606 (11)	590 (9)	302 (54)	293 (72)

3.2 Bemesting, gebruik en opbrengsten

Tabel 3.2 geeft per grondsoort een overzicht van de bemesting, het gebruik en de opbrengsten van de referentiepercelen met gras voor de jaren 2006 en 2007. De resultaten zijn per perceel weergegeven in de Tabellen I.1 (2006) en I.2 (2007) van Bijlage I. Bij de resultaten van 2006 valt het volgende op. Ruim 30% van de percelen (8 van de 23) is niet beweid met als gevolg dat het aandeel maaiopbrengst relatief hoog is (bijna 80%). Bij Pijnenborg - Van Kempen zijn de percelen 11 en 2 in het voorjaar van 2006 gescheurd en opnieuw ingezaaid vanwege de slechte botanische samenstelling van de grasmat. De totale opbrengst van deze percelen is dan ook aan de lage kant door het 'missen' van 1 of 2 snedes. In het najaar van 2006 is perceel 12 bij Schepens opnieuw ingezaaid als gevolg van de droge zomer, waardoor de botanische samenstelling van de grasmat achteruit is gegaan (veel kweek). Hiervoor heeft Schepens ontheffing aangevraagd en gekregen. Op perceel 7B bij dit bedrijf stond in 2005 nog maïs en in de jaren daarna gras. In 2007 werd ruim 20% van de percelen niet beweid (4 van de 19). Perceel J2 bij Sikkenga - Bleker is in augustus 2007 gescheurd en opnieuw ingezaaid. Dit verklaart de lage opbrengst (6450 kg ds/ha).

Per grondsoort (Tabel 3.2) variëren de opbrengsten in 2006 van 9022 kg ds/ha (zand) tot 10176 kg ds/ha (löss). Deze variatie is ook in 2007 waargenomen, al zijn de verschillen tussen de grondsoorten groter. In 2007 is de gemiddelde opbrengst van de referentiepercelen ruim één ton ds/ha hoger dan in 2006. Helemaal vergelijkbaar is dit niet vanwege het ontbreken van referentiepercelen op veen in 2007. In 2007 was de bemesting gemiddeld hoger dan in 2006.

Tabel 3.2 De gemiddelde bemesting, het gebruik en de gemiddelde opbrengsten per grondsoort van de referentiepercelen met grasland in 2006 en 2007. Tevens is het aantal percelen (n) en de gemiddelde maai-frequentie (per jaar) weergegeven

	n	Maai-freq.	Bemesting			Opbrengsten (kg ds/ha)		
			m ³ /ha	N-dm ¹ (kg/ha)	N-km (kg/ha)	Maaien	Weiden	Totaal
2006								
Zand	12	3.8	49	205	135	7405	1617	9022
Löss	2	3.5	38	146	111	6450	3726	10176
Klei	6	4.2	54	226	194	9060	948	10008
Veen	3	3.7	40	163	104	5591	3982	9572
Gem. K&K			45	185	136	7126	2568	9694
2007								
Zand	11	3.9	58	241	155	10010	2697	12707
Löss	2	3.0	46	187	158	6630	3336	9966
Klei	6	3.8	71	267	165	9201	1733	10935
Veen ²								
Gem. K&K			58	231	159	8614	2589	11203

¹ Inclusief ammoniakverliezen tijdens uitrijden

² Geen referentiepercelen op veen in 2007

Tabel 3.3 geeft per grondsoort een overzicht van de bemesting en de opbrengsten van de referentiepercelen met maïs voor de jaren 2006 en 2007. De resultaten zijn per perceel weergegeven in de Tabellen I.3 (2006) en I.4 (2007) van Bijlage I. In deze bijlage zijn de gegevens van de bemesting apart voor maïs en het vanggewas weergegeven. In 2006 is het vanggewas op 2 van de 7 percelen bemest (Van Laarhoven). Het vanggewas op deze percelen is ook geoogst. Op de andere percelen is het vanggewas ondergeploegd. Op de percelen met het bemeste vanggewas is de hoeveelheid drijfmest bestemd voor de maïs lager dan op de percelen met het onbemeste vanggewas. In 2007 is bij Hoefmans het vanggewas van 2 percelen beweid. Verder is het vanggewas op 3 van de 8 percelen bemest, waarvan één alleen met kunstmest. Het vanggewas op deze percelen is geoogst. Perceel 1 bij Schepens was grasland (in 2006) en is overgegaan naar maïs, welke (op verzoek) niet is bemest. De gemiddelde opbrengsten op zandgrond waren in beide jaren ongeveer gelijk (Tabel 3.3). Wel is er in 2007 meer vanggewas geoogst. Op lössgrond was de opbrengst in 2007 ruim één ton hoger dan in 2006. De bemesting was in 2007 op deze grond ook wat hoger dan in het jaar daarvoor.

Tabel 3.3 De gemiddelde bemesting en de gemiddelde opbrengsten per grondsoort van de referentiepercelen met maïs in 2006 en 2007. n geeft het aantal percelen weer

	n	Bemesting			Opbrengsten (kg ds/ha)	
		m ³ /ha	N-dm ¹ (kg/ha)	N-km (kg/ha)	Maïs	Vanggewas
2006						
Zand	6	45	173	36	13638	900
Löss	1	40	156	30	14000	0
2007						
Zand	6	32	130	48	13741	2417
Löss	2	45	183	41	15425	0

¹ Inclusief ammoniakverliezen tijdens uitrijden

3.3 Perceelsbalansen

Tabel 3.4 geeft per grondsoort een overzicht van de perceelsbalans van N voor de referentiepercelen met grasland in 2006 en 2007. De resultaten zijn per perceel weergegeven in de Tabellen II.1 t/m II.4 van Bijlage II.

De spreiding in het N-overschot bij de referentiepercelen met grasland op zandgrond in 2006 (Tabel II.1) is groot en varieert tussen 18 en 249 kg N/ha. Ook bij de N-aanvoer en N-afvoer is de spreiding tussen de percelen groot. Op het meest beweidde perceel wordt 79 kg N/ha met weidemest aangevoerd, terwijl op 4 percelen geen weidemest komt. De kunstmestgift varieert tussen 24 en 181 kg N/ha. De hoogste drijfmestgift is 237 kg N/ha, de laagste 108 kg N/ha. Opvallend is dat het perceel met de laagste N-afvoer (perceel 2 bij Pijnenborg - van Kempen: 188 kg N/ha) en het perceel met de hoogste N-afvoer (perceel 12 bij Schepens: 416 kg N/ha) beide in 2006 zijn gescheurd. Het perceel bij Pijnenborg - van Kempen is in het voorjaar opnieuw ingezaaid, het perceel bij Schepens in het najaar (met ontheffing). Op kleigrond is de spreiding in het N-overschot klein, variërend tussen 122 en 153 kg N/ha. Hetzelfde geldt voor de referentiepercelen op veengrond (tussen 1 en 17 kg N/ha) en lössgrond (55 en 68 kg N/ha).

In 2007 (Tabel II.2) is de spreiding in N-overschot bij de referentiepercelen met grasland op zandgrond zelfs nog groter dan in 2006 (tussen -82 en 263 kg N/ha). De bijbehorende percelen hebben respectievelijk ook de hoogste en laagste N-afvoer (558 en 289 kg N/ha). Ook nu weer zijn de verschillen in N-overschot van de referentiepercelen op klei- en lössgrond veel kleiner (respectievelijk tussen 117 en 224 kg N/ha en tussen 145 en 175 kg N/ha).

Gemiddeld zijn de verschillen tussen de grondsoorten veel minder groot dan tussen de individuele percelen (Tabel 3.4). Hoewel het lage N-overschot op veengrond met maar 9 kg N/ha er in positieve zin uitspringt. Verder is het grote verschil in N-overschot op lössgrond tussen 2006 en 2007 opvallend. In 2007 is het N-overschot namelijk veel hoger als gevolg van een hogere bemesting met zowel drijfmest als kunstmest. Op zandgrond is in 2007 zowel de N-aanvoer als de N-afvoer hoger dan in 2006, resulterend in een lager N-overschot.

Tabel 3.4 Gemiddelde perceelsbalans van N (kg/ha) voor de referentiepercelen met grasland in 2006 en 2007. Onderscheid is gemaakt tussen de verschillende grondsoorten

	2006				2007			
	Zand (n=12)	Löss (n=2)	Klei (n=6)	Veen (n=3)	Zand (n=11)	Löss (n=2)	Klei (n=6)	Veen ²
Aanvoer								
- kunstmest	135	111	194	104	155	158	165	
- drijfmest ¹	191	131	198	136	224	168	235	
- weidemest ¹	30	99	16	60	55	105	33	
- klaver	13	0	5	0	16	0	5	
- depositie	52	39	44	29	52	39	44	
Totaal	421	381	455	329	502	469	482	
Afvoer								
- maaien	241	177	283	177	319	199	259	
- weiden	59	142	35	142	93	110	51	
Totaal	300	319	318	320	411	309	310	
Overschot	121	61	137	9	90	160	172	

¹ Exclusief berekende ammoniakverliezen, afhankelijk van grondsoort, hoogte van gift en methode van toediening (Smits *et al.*, 2000.). De orde van grootte van ammoniakverliezen tijdens toediening liggen tussen 15 en 30 kg N/ha

² Geen referentiepercelen

Tabel 3.5 geeft per grondsoort een overzicht van de perceelsbalans van N voor de referentiepercelen met maïs in 2006 en 2007. De resultaten zijn per perceel weergegeven in de Tabellen II.3 (2006) en II.4 (2007) van Bijlage II.

Het N-overschot bij maïs op zandgrond bedraagt in 2006 73 kg/ha. De hoeveelheid aangevoerde N tussen de percelen is redelijk constant. Als gevolg van het oogsten van het vanggewas op de percelen van Van Laarhoven is de N-afvoer hoger dan bij de andere percelen op zandgrond. Hierdoor is het N-overschot op deze percelen lager. Op lössgrond was in dit jaar maar één referentieperceel en daarvan was het N-overschot 25 kg N/ha.

In 2007 was het N-overschot op zandgrond 62 kg N/ha. De verschillen tussen de percelen waren dit jaar groot, variërend tussen -129 en 131 kg N/ha. Het perceel met het laagste N-overschot - perceel 1 bij Schepens - was eerstejaars maïs (zie ook paragraaf 3.2) en niet bemest. De N-afvoer op dit perceel is vergelijkbaar met de andere percelen. Het perceel met het hoogste N-overschot - perceel 22 bij Van Laarhoven - heeft een hoge bemesting met vooral drijfmest (inclusief het vanggewas). De twee percelen op lössgrond zijn gelijk behandeld en realiseren (op het oog) gelijke N-afvoer. Het N-overschot op deze percelen is vergelijkbaar met die van zandgrond, namelijk 66 kg N/ha.

Tabel 3.5 Gemiddelde perceelsbalans van N (kg/ha) voor de referentiepercelen met maïs in 2006 en 2007. Onderscheid is gemaakt tussen de verschillende grondsoorten

	2006		2007	
	Zand (n=6)	Löss (n=1)	Zand (n=6)	Löss (n=2)
Aanvoer				
- kunstmest	31	30	41	41
- drijfmest ¹	175	140	149	164
- weidemest ¹	0	0	18	0
- depositie	51	39	51	39
Totaal	257	209	260	244
Afvoer				
- maïs	169	184	156	177
- vanggewas	15	0	41	0
Totaal	184	184	198	177
Overschot	73	25	62	66

¹ Exclusief berekende ammoniakverliezen, afhankelijk van grondsoort, hoogte van gift en methode van toediening (Smits *et al.*, 2000)

3.4 N_{min}-gehalten in zand- en lössgrond

N_{min} die in het najaar nog aanwezig is in de bodem, zal nauwelijks meer opgenomen worden door het (vang)gewas. Het is daarmee beschikbaar voor diverse processen, onder andere uitspoeling en denitrificatie. Of deze processen daadwerkelijk optreden, hangt ook af van andere factoren. De hoeveelheid N_{min}, die in het najaar aanwezig is in de bodem, geeft een grove indicatie van de mogelijke verliezen, die op kunnen treden tot aan de start van het volgende groeiseizoen.

In Figuur 3.1 is de hoeveelheid N_{min} in het najaar van 2006 (links) en 2007 (rechts) weergegeven voor de onderzochte referentiepercelen op zand en löss. Per perceel is onderscheid gemaakt tussen de lagen 0-30, 30-60 en 60-90 cm-mv. De maïs- en graspercelen zijn gescheiden van elkaar weergegeven. De gegevens, waarop Figuur 3.1 gebaseerd is, zijn numeriek weergegeven in Bijlage III.

Gemiddeld (over beide jaren) zijn de totale hoeveelheden N_{min} in de bovenste 90 cm van het profiel bij zand- en lössgrond van een vergelijkbare orde grootte. Bij zand zit in het najaar ongeveer de helft van de N_{min} in de laag 0-30 cm-mv. De rest is gelijk verdeeld over de lagen 30-60 en 60-90 cm-mv. Bij lössgrond zit iets minder dan de helft van de N_{min} in de laag 0-30 cm-mv. Van het restant zit ongeveer 2/3de in de laag 30-60 en 1/3de in de laag 60-90 cm-mv. De variatie tussen de percelen is echter groot (zelfs binnen hetzelfde bedrijf).

Hoewel de gemiddelde hoeveelheid N_{min} in de bovenste 30 cm van het profiel bij zandgrond in beide jaren ongeveer gelijk is, is de totale hoeveelheid N_{min} in het profiel (en dus in de onderste twee lagen) in 2007 hoger dan in 2006. De toename is bij de zandgrond gemiddeld 11 kg N/ha. Bij lössgrond zit in 2007 minder N_{min} in het profiel (14 kg N/ha) dan in 2006. Daarnaast zit bij lössgrond in 2007 de N_{min} verhoudingsgewijs lager in het profiel dan in 2006.

Gemiddeld (over beide jaren) bevatten gras- en maïspercelen respectievelijk 72 en 117 kg N/ha in de bovenste 90 cm van het profiel. Bijna 60% van de N_{min} bevindt zich bij graspercelen in de bovenste 30 cm van het profiel. Bij maïs is dit 40% en zit N_{min} dus dieper in het profiel. Ten opzichte van 2006 is bij de graspercelen in 2007 de hoeveelheid N_{min} in het profiel met 9 kg N/ha afgenomen. Bij de maïspercelen is de hoeveelheid N_{min} in 2007 juist gestegen met 31 kg N/ha en bevindt de N_{min} zich bovendien ook dieper in het profiel.

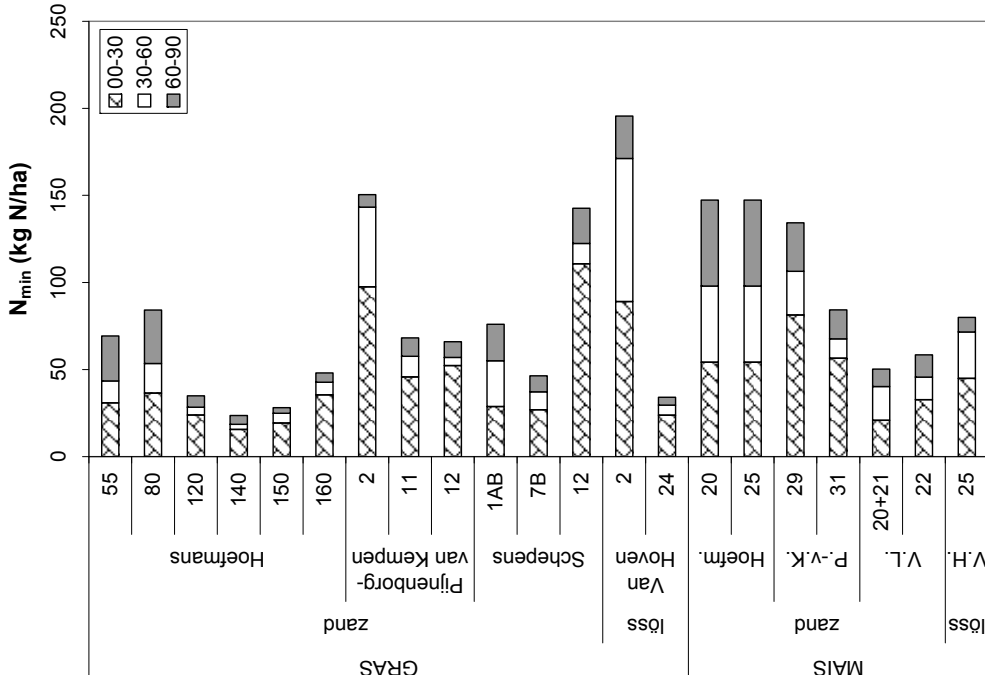
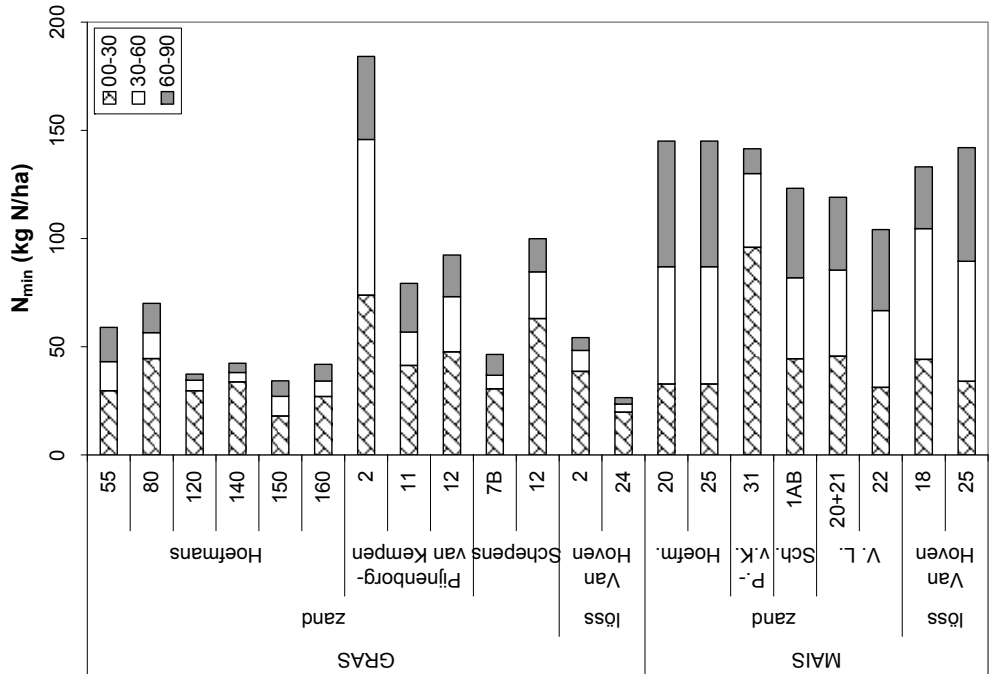
Voor Hoefmans laten de linker (2006) en rechter grafiek (2007) van Figuur 3.1 een vergelijkbaar beeld zien. In beide jaren bevat de bodem van de twee maïspercelen (20 en 25) veruit de meeste N_{min}. De totale hoeveelheden zijn voor deze maïspercelen in beide jaren ook gelijk. Wel zit meer N_{min} lager in het profiel in 2007 dan in 2006. De resultaten van perceel 20 en 25 zijn identiek aan elkaar omdat in deze jaren de beide percelen (ongepland) bemonsterd zijn als één perceel. Deze foute bemonstering heeft alleen plaatsgevonden bij de bemonstering voor N_{min} in het najaar, niet bij de bemonstering van het grondwater in het voorjaar.

Bij Pijnenborg-van Kempen wordt in 2007 in alle percelen meer N_{\min} aangetroffen dan in 2006. De toename is bij maïs groter dan bij gras. Ten opzichte van 2006 wordt in 2007 bij maïs meer N_{\min} aangetroffen in de bovenste 60 cm, terwijl bij de graspercelen in 2007 juist meer N_{\min} wordt gemeten in de onderste 60 cm ten opzichte van 2006. Net als in het najaar van 2004 (Oenema *et al.*, 2007) is ook in het najaar van 2006 en 2007 de hoeveelheid N_{\min} in perceel 2 ongeveer 2 keer groter dan in de andere graspercelen (11 en 12). Een mogelijke oorzaak hiervoor is de aanwezigheid van een sterk humeuze bovengrond en een veenlaag onder de bouwvoor, die aanwezig is in perceel 2. In perceel 11 en 12 komen deze veel minder verbreid voor (Assinck *et al.*, 2005).

Het gebruik op perceel 1AB van Schepens was in 2006 gras en in 2007 maïs (zie paragraaf 3.2). In het najaar van 2007 is in alle lagen meer N_{\min} aangetroffen dan in het najaar van 2006 (in totaal 47 kg N/ha). Perceel 12 van Schepens is in 2006 heringezaaid met gras (zie paragraaf 3.2). In het najaar van 2007 is 43 kg N/ha minder aangetroffen dan in het najaar van 2006. De grootste afname is gemeten in de bovenste 30 cm van het profiel.

In bijna alle lagen en in het totale profiel van de percelen op het bedrijf Van Laarhoven (maïs) is in 2007 meer N_{\min} aangetroffen dan in 2006. Gemiddeld genomen is er sprake van meer dan een verdubbeling. Dit beeld spoort met dat van het N-overschot. In 2007 waren de N-overschotten op beide percelen ook hoger dan in 2006 (Tabellen II.3 en II.4 van Bijlage II).

In 2007 bevat maïsperceel 25 van het bedrijf Van Hoven veel meer N_{\min} (een toename van 62 kg N/ha) dan in 2006. De toename in het N-overschot is in diezelfde periode 41 kg N/ha (Tabellen II.3 en II.4 van Bijlage II). De hoeveelheid N_{\min} in de graspercelen (2 en 24) van dit bedrijf is in dezelfde periode juist afgenomen. De afname van 141 kg N/ha bij perceel 2 is hierbij opvallend, omdat het N-overschot in dezelfde periode is toegenomen (zie Tabellen II.1 en II.2 van Bijlage II). In alle vier meetseizoenen heeft op grasperceel 2 beweiding plaatsgevonden. Tijdens de monsternamen zijn plekken met zichtbare mestflaten vermeden. Helaas zijn urineplekken in het veld niet goed zichtbaar. Het is dus niet uit te sluiten dat deze ongewild bemonsterd zijn en bijgedragen hebben aan de grote verschillen tussen de meetseizoenen.



Figuur 3.1 Hoeveelheid N_{min} per perceel en per laag (in kg N/ha) in het najaar van 2006 (links) en najaar van 2007 (rechts). Hoefm. staat voor bedrijf Hoefmans, P.-v.K. voor Pijnenborg-van Kempen, Sch. voor Schepens, V.L. voor Van Laarhoven en V.H. staat voor Van Hoven

3.5 Nitraatconcentraties in grondwater van zand- en lössgrond

In Bijlage IV zijn op basis van de gemeten nitraatconcentraties in het grondwater en bodemvocht enkele statistische kengetallen (mediaan, gemiddelde, standaardafwijking, minimum en maximum) voor elk perceel weergegeven. Vanwege de neiging van concentraties om scheef verdeeld te zijn en de iets mindere gevoeligheid voor extreme waarden worden in dit rapport de medianen gebruikt in plaats van de gemiddelden. In Oenema *et al.* (2007) is dit al uitgebreider beargumenteerd. In Figuur 3.2 zijn de mediaan nitraatconcentraties in het grondwater (dan wel bodemvocht) van de referentiepercelen op zand en löss weergegeven voor meetseizoenen 2006-2007 (links) en 2007-2008 (rechts). De maïs- en graspercelen zijn gescheiden van elkaar weergegeven.

Uit Figuur 3.2 en Bijlage IV blijkt dat er een groot verschil zit tussen de hoogste en laagste nitraatconcentraties. De mediaan nitraatconcentraties op zandgrond variëren bij de graspercelen tussen 2 en 194 mg/l en bij de maïspercelen tussen 44 en 183 mg/l. Op lössgrond variëren de mediaan nitraatconcentraties bij de graspercelen tussen 5 en 17 mg/l en bij de maïspercelen tussen 61 en 92 mg/l. Bovendien blijkt uit de geconstateerde standaardafwijkingen (zie Bijlage IV) dat de variatie binnen een perceel ook aanzienlijk kan zijn.

Ongeacht de Gt-klasse is gemiddeld genomen de mediaan nitraatconcentratie van gras op zandgrond gedaald van 55 mg/l in meetseizoen 2006-2007 naar 42 mg/l in 2007-2008. De lage gemiddelde mediaanconcentratie van gras op lössgrond in 2006-2007 (14 mg/l) is vervolgens nog verder gedaald (naar 6 mg/l). De mediaan nitraatconcentratie van maïs op zandgrond is in meetseizoen 2007-2008 gestegen ten opzichte van 2006-2007 (van 116 naar 132 mg/l).

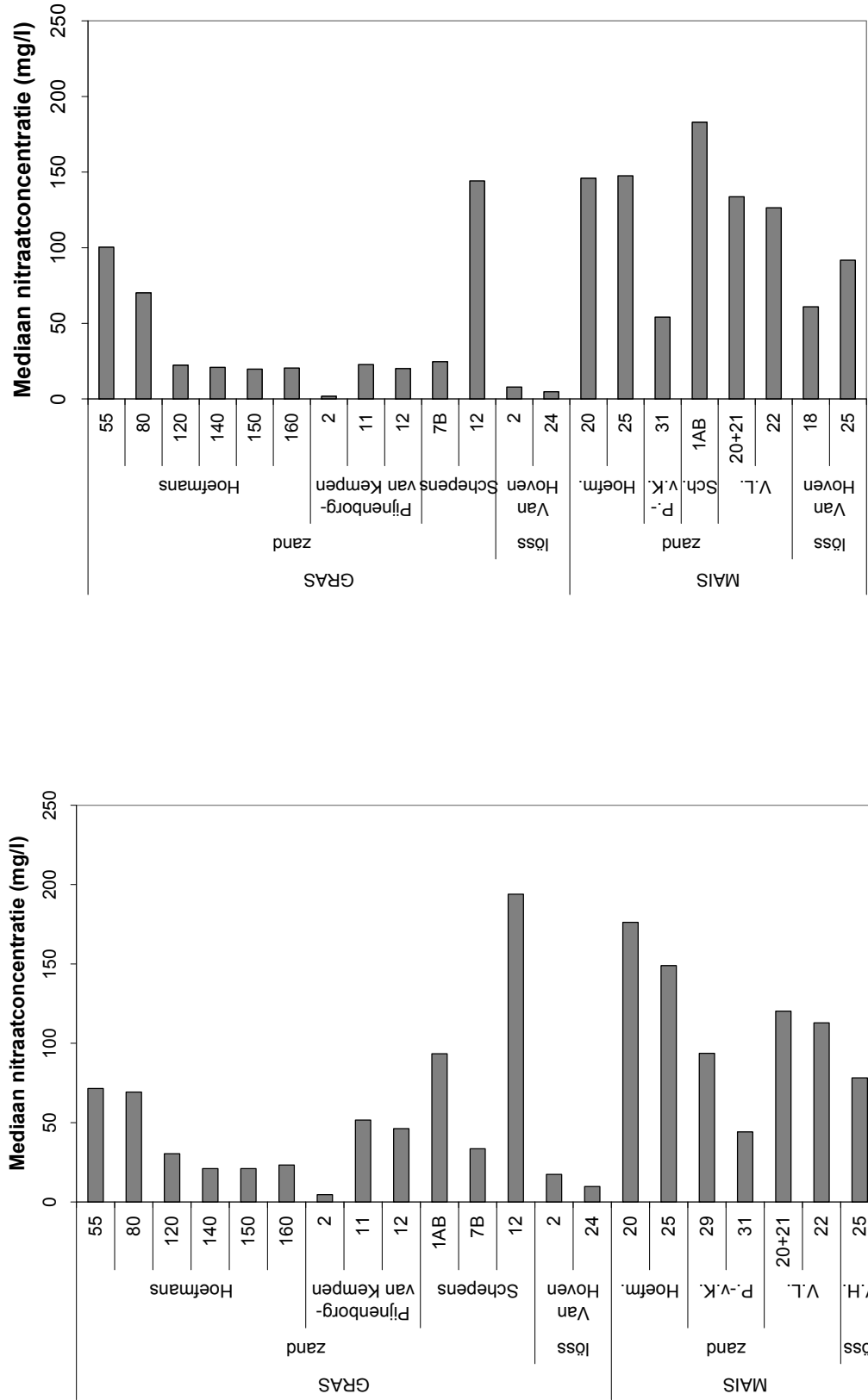
Bij vergelijking van de linker (meetseizoenen 2006-2007) en rechter Figuur 3.2 (2007-2008) voor bedrijf Hoefmans springen twee zaken in het oog. In de eerste plaats de toename van de mediaan nitraatconcentratie in 2007-2008 ten opzichte van 2006-2007 in grasperceel 55. In de tweede plaats de afname van de mediaan nitraatconcentratie in maïsperceel 20 in dezelfde periode. Beide waarnemingen worden niet ondersteund door vergelijkbare veranderingen in de hoeveelheid N_{\min} in de bodem (Figuur 3.1) of in de N-overschotten (Bijlage II). Ondanks dat het neerslagoverschot (zie Tabel 3.1) op dit bedrijf in meetseizoen 2007-2008 80 mm lager is dan in 2006-2007, zijn over het algemeen de nitraatconcentraties niet gestegen.

Bij Pijnenborg-van Kempen is de mediaan nitraatconcentratie in de graspercelen in meetseizoen 2007-2008 gemiddeld gedaald met 19 mg/l ten opzichte van het seizoen 2006-2007. Bij het maïsperceel 31 is in dezelfde periode een stijging in de mediaan nitraatconcentratie van 10 mg/l gemeten. De dalingen van de nitraatconcentraties bij de graspercelen in meetseizoen 2007-2008 ten opzichte van seizoen 2006-2007 lijken tegenstrijdig te zijn met het feit dat bij alle percelen in het najaar van 2007 juist (veel) meer N_{\min} in de bodem is aangetroffen dan in het najaar van 2006 (zie Figuur 3.1). De dalingen van de nitraatconcentraties zijn ook strijdig met het feit dat de N-overschotten in diezelfde periode zijn toegenomen (Bijlage II). Het neerslagoverschot op dit bedrijf (zie Tabel 3.1) is in beide meetseizoenen vrijwel gelijk en daarmee geen verklaring voor de geconstateerde verschillen. In paragraaf 3.4 is geconstateerd dat in de bodem van perceel 2 van Pijnenborg-van Kempen veel N_{\min} zit. Met dank aan de aanwezigheid van een veenlaag onder de bouwvoor komen deze hoge N_{\min} -gehalten echter niet tot uitdrukking in de nitraatconcentratie in het grondwater. Dit is ook al geconstateerd in de twee eerdere meetseizoenen door Oenema *et al.* (2007).

Het opvallendste verschil tussen de beide grafieken van Figuur 3.2 voor het bedrijf Schepens is de verdubbeling van de mediaan nitraatconcentratie in perceel 1AB. Aangezien het neerslagoverschot op dit bedrijf (zie Tabel 3.1) in beide seizoenen vrijwel gelijk is, is het daarmee geen verklaring voor de geconstateerde toename. Vanwege de slechte kwaliteit van het gras is perceel 1AB in het voorjaar van 2007 doodgespoten, gescheurd en ingezaaid met maïs. Voor het scheuren is in het grondwater een mediaan nitraatconcentratie gemeten van 93 mg/l (op 8 maart 2007). Op 17 april 2007 (na het scheuren) was de mediaan nitraatconcentratie al gestegen tot 116 mg/l (niet gepresenteerd in Figuur 3.2) en op 27 februari 2008 (na een seizoen maïs) was de mediaan nitraatconcentratie zelfs 183 mg/l. De stijging is aanwezig ondanks dat het perceel niet is bemest. Het is bekend dat in het eerste jaar na scheuren van (meerjarig) grasland er een sterke mineralisatie plaatsvindt in de bodem en dat de kans op N-verliezen (uitspoeling en denitrificatie) hoog is (Aarts *et al.*, 2002). In groeiseizoen 2004 en 2005 stond op perceel 7B van Schepens maïs. De gemiddelde mediaan nitraatconcentratie over de bijbehorende meetseizoenen was 79 mg/l (Oenema *et al.*, 2007). Sinds groeiseizoen 2006 staat er op het betreffende perceel gras en is de gemiddelde mediaan nitraatconcentratie (over meetseizoenen 2006-2007 en 2007-2008) gedaald naar 30 mg/l.

Net als in meetseizoen 2005-2006 (zie Figuur 3.5 uit Oenema *et al.*, 2007) zijn de mediaan nitraatconcentraties van de maïspercelen van Van Laarhoven in de twee daaropvolgende meetseizoenen ook hoog. De mediaan nitraatconcentraties in meetseizoen 2007-2008 zijn gestegen ten opzichte van seizoen 2006-2007. De stijging van de mediaan nitraatconcentraties is waarschijnlijk het gevolg van de stijging van de hoeveelheid N_{\min} in het najaar (Figuur 3.1), de hogere N-overschotten (Bijlage II) en het 91 mm lagere neerslagoverschot (Tabel 3.1).

Voor alle percelen van het bedrijf Van Hoven laten de veranderingen in de nitraatconcentraties in het grondwater en in de hoeveelheden N_{\min} in de bodem eenzelfde beeld zien. Oftewel een afname van de nitraatconcentraties en N_{\min} -hoeveelheden in meetseizoen 2007-2008 ten opzichte van meetseizoen 2006-2007 bij de graspercelen en een toename bij maïspancel 25. Ook het N-overschot van maïspancel 25 past in het beeld, want deze is in die periode toegenomen. De afname van de nitraatconcentraties en N_{\min} -hoeveelheden bij de graspercelen passen niet bij het feit dat de N-overschotten in die periode meer dan verdubbeld zijn. Op basis van alleen het 40 mm hogere neerslagoverschot in meetseizoen 2007-2008 ten opzichte van 2006-2007 (zie Tabel 3.1) zou een afname van de mediaan nitraatconcentratie verwacht kunnen worden.



Figuur 3.2 Mediaan nitraatconcentraties in het grondwater (dan wel bodemvocht) per perceel (in mg NO₃/l) voor meetseizoen 2006-2007 (links) en 2007-2008 (rechts). Hoefm. staat voor bedrijf Hoefmans, P.-v.K. voor Pijnenborg-van Kempen, Sch. voor Schepens, V.L. voor Van Laarhoven en V.H. staat voor Van Hoven

4 Synthese

In dit hoofdstuk worden de in hoofdstuk 3 weergegeven resultaten over 2006 en 2007 samen met de resultaten uit de jaren 2004 en 2005 (Oenema *et al.*, 2007) nader geanalyseerd. Het doel is om de gebruiksnormen en de aannames die aan de gebruiksnormen ten grondslag liggen te toetsen in de praktijk. Op basis van dit doel zijn de onderzoeksvragen uit paragraaf 1.2 geformuleerd.

In dit hoofdstuk zijn de onderzoeksvragen uit paragraaf 1.2 verder uitgesplitst in de volgende vragen:

- Zijn de referentiepercelen bemest conform de gebruiksnorm (paragraaf 4.1)?
- Hoe is N verdeeld over bodem en gewas (paragraaf 4.2)?
- Hoeveel minerale stikstof blijft in de bodem in het najaar achter (paragraaf 4.3)?
- Hoeveel nitraat zit in het grondwater (paragraaf 4.4)?
- Wat is het lot van het N-overschot (paragraaf 4.5)?
- Komt de onderbouwing van de gebruiksnormen (aannames ten aanzien van benutting en verliezen) overeen met de meetresultaten bij toepassing van de gebruiksnormen (paragraaf 4.6)?

De analyse van de resultaten voeren we uit op het niveau van clusters die zo veel mogelijk aansluiten bij het onderscheid dat bij de onderbouwing van de gebruiksnormen is gemaakt. Onderscheiden worden:

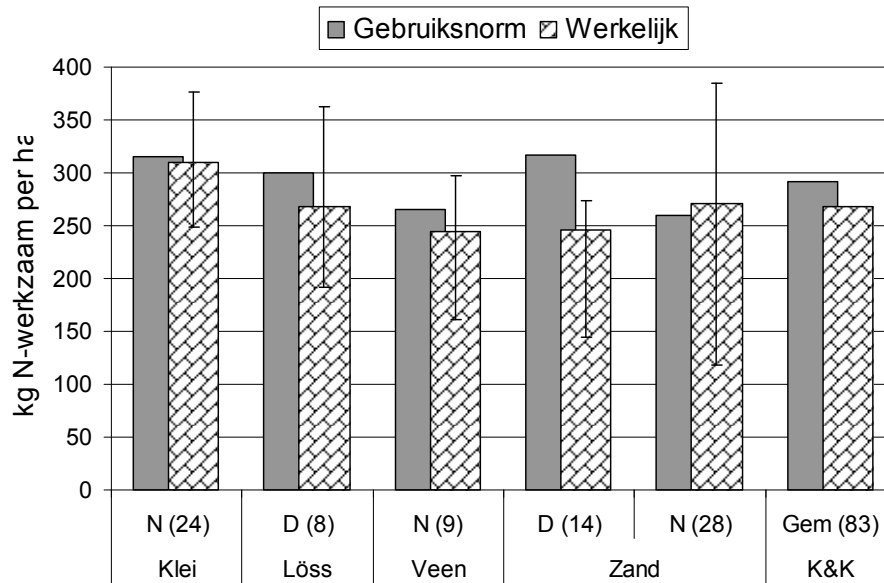
- gras en maïs;
- zand, löss, klei en veen;
- natte (Gt I - VI) en droge percelen (Gt VII - VIII).

Uit Tabel 2.1 is af te leiden bij welk cluster een perceel hoort.

4.1 Bemesting conform gebruiksnorm?

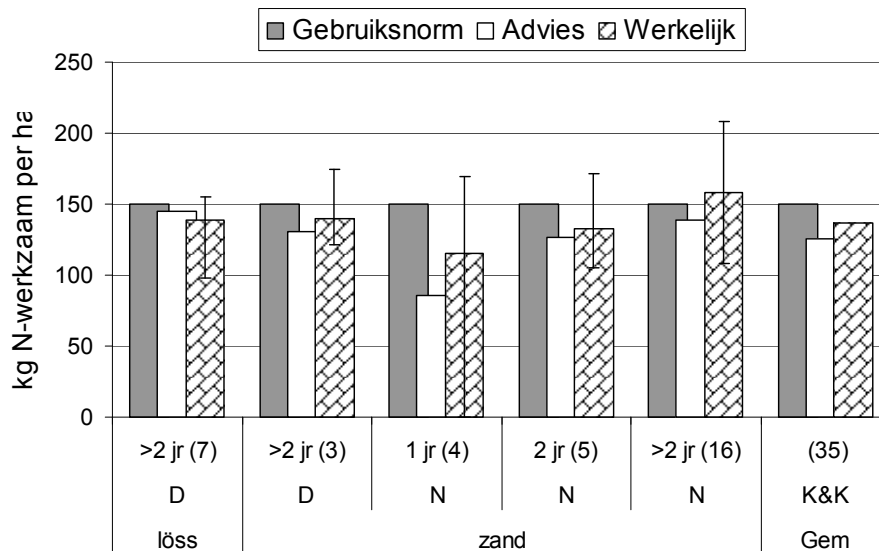
De N-bemesting (Figuur 4.1) is de som van de hoeveelheid werkzame N in drijfmest, weidemest en kunstmest, berekend volgens de regels in Tabel 1.2. De resultaten per perceel uit de jaren 2006 en 2007 staan in de Figuren V.1 en V.2 van Bijlage V. Op basis van 83 percelen is de bemesting op gras in de periode 2004 - 2007 lager dan de gebruiksnorm (Figuur 4.1, laatste staaf). Ook op clusterniveau is de bemesting meestal lager dan de gebruiksnorm. In de figuur zijn de uitschieters binnen een cluster aangegeven. Deze laten zien dat de bemesting op enkele percelen nogal afwijkt van de gebruiksnorm. De grootste afwijkingen komen voor in het cluster nat zand. In het cluster droog zand wijkt de N-bemesting gemiddeld het meest af van de norm. De norm van dit cluster is hoger dan van nat zand omdat er binnen dit cluster relatief veel percelen zijn die alleen gemaaid worden. Vooral deze percelen zijn in de praktijk lager bemest dan de toegestane norm.

Maïs wordt zowel in continueteelt als in wisselbouw geteeld. In de onderbouwing van de gebruiksnormen wordt echter geen rekening gehouden met de maïsfase in de wisselbouw en met het bemesten van een voorgewas. Bij de bemesting is de maïsfase in de wisselbouw en de aanwezigheid van een vanggewas van groot belang (Anonymus, 2002). Daarom wordt voor maïs bij de clustering rekening gehouden met het aantal jaren dat maïs aaneengesloten in teelt is (1, 2 en meer dan 2 jaar). In Figuur 4.2 zijn de resultaten van de bemesting van de referentiepercelen met maïs weergegeven. De resultaten per perceel in de jaren 2006 en 2007 staan in de Figuren V.3 en V.4 van Bijlage V. De variatie in bemesting is groter dan bij gras, als gevolg van de teelt van maïs in wisselbouw. Dit is de reden waarom in Figuur 4.2 de bemesting niet alleen wordt vergeleken met de (generieke) gebruiksnorm, maar ook met het landbouwkundige bemestingsadvies. Gemiddeld zijn de referentiepercelen minder bemest dan de gebruiksnorm toestaat. Wel zijn er verschillen tussen clusters. Eerste en tweedejaars maïs in het cluster nat zand zijn minder bemest dan de norm, maar boven het advies. De bemesting op meerderejaars maïs op nat zand is iets hoger dan de gebruiksnorm en het advies. Het landbouwkundige advies voor de referentiepercelen is lager dan de (generieke) norm.



Figuur 4.1 Clustergemiddelde N-bemesting op referentiepercelen met gras in de periode 2004 - 2007 en de N-bemesting volgens de gebruiksnormen van 2009 (in kg N-werkzaam/ha). Bij de clustering (tussen haakjes het aantal percelen per cluster) is onderscheid gemaakt tussen:

- zand, löss, klei en veen
- Natte (Gt I - VI) en Droge percelen (Gt VII - VIII)



Figuur 4.2 Clustergemiddelde N-bemesting op referentiepercelen met maïs in de periode 2004 - 2007, de N-bemesting volgens de gebruiksnormen van 2009 en de adviesbemesting (in kg N-werkzaam/ha). Bij de clustering (tussen haakjes het aantal percelen per cluster) is onderscheid gemaakt tussen:

- zand en löss
- Natte (Gt I - VI) en Droge percelen (Gt VII - VIII)
- het aantal aaneengesloten jaren maïs in teelt (1 jr, 2 jr of >2 jr)

Met een derogatie mag aan dierlijke mest gemiddeld maximaal 250 kg N-totaal/ha op landbouwgronden worden toegepast (gebruiksnorm dierlijke mest). Een voorwaarde is dat minimaal 70% van het bedrijfsareaal bestaat uit grasland. Bij de verdeling van de dierlijke mest (drijfmest en weidemest) over de percelen is de veehouder vrij, maar werkt hij volgens 'de goede landbouwpraktijk'. Tabel 4.1 geeft per grondsoort en per jaar een overzicht van de bemesting van dierlijke mest op de referentiepercelen met gras en maïs. Uitgangspunt op de referentiepercelen is dat deze zo goed mogelijk 'normatief' worden bemest (zie paragraaf 2.2). Op de referentiepercelen met gras varieert de hoeveelheid toegediende dierlijke mest gemiddeld tussen 236 en 314 kg N-totaal/ha. In de meeste gevallen is er op gras meer dierlijke mest toegediend dan 250 kg N-totaal/ha. Op maïs is minder dierlijke mest terecht gekomen. Ruim 75 kg N-totaal/ha minder dan de gebruiksnorm van dierlijke mest.

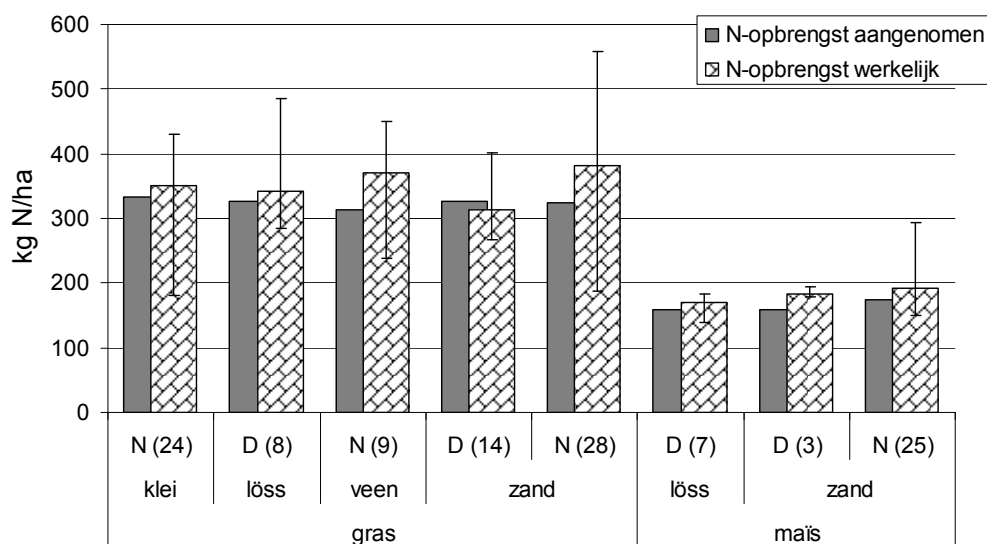
Uit Figuur 4.1 blijkt dat de referentiepercelen met gras iets onder de gebruiksnorm voor N (dierlijke mest én kunstmest) bemest zijn. Tabel 4.1 laat zien dat de dierlijke mestgift hoger is dan de gebruiksnorm van 250 kg N-totaal/ha. Hierdoor zijn de referentiepercelen met gras met minder kunstmest bemest dan de maximale gebruiksruijme toestaat.

Tabel 4.1 Gemiddelde aanvoer van dierlijke mest (kg N-totaal/ha) per grondsoort op de referentiepercelen met gras en maïs in de periode 2004 - 2007

	Gras				Maïs			
	2004	2005	2006	2007	2004	2005	2006	2007
Zand	326	291	235	296	163	178	173	152
Loss	373	294	246	292	200	164	156	183
Klei	284	315	241	299				
Veen	272	343	223					
Gem. K&K	314	311	236	296	181	171	164	167

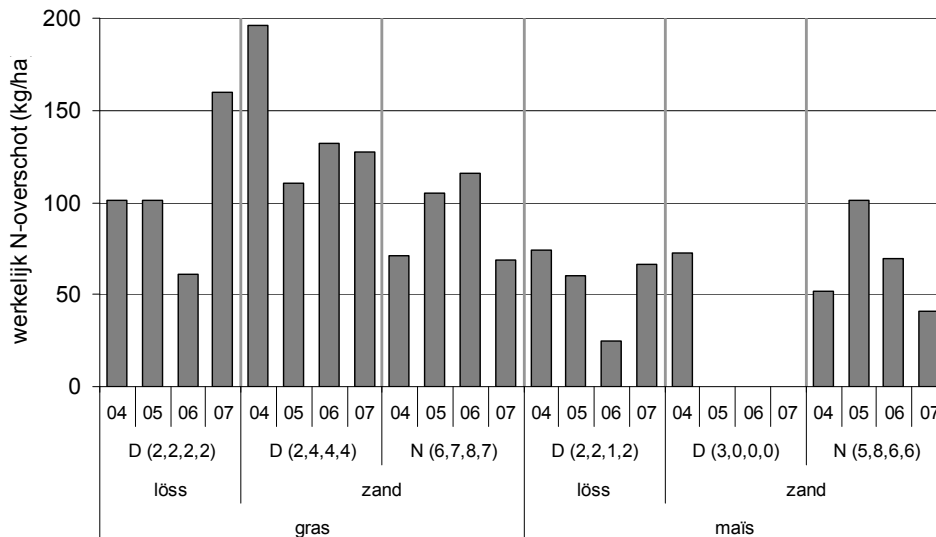
4.2 Verdeling van N over bodem en gewas

Bij de onderbouwing van de derogatie (Tabel 1.1) zijn aannames gemaakt ten aanzien van de N-opbrengst in het gewas en het N-overschot op de bodem waarbij minimaal wordt voldaan aan de grondwaterkwaliteitsnorm (van 11,3 mg N/l). Het resultaat van de clustering voor het N-overschot op de bodem is weergegeven in Figuur 4.3. Het werkelijke N-overschot is vergeleken met het aangenomen overschot volgens de derogatie. Vooral het werkelijke N-overschot op klei en veen is lager dan wat aangenomen is. Het werkelijke N-overschot bij gras op droog zand is hoger en bij gras op nat zand lager dan wat aangenomen is. In Figuur 4.4 zijn voor de clusters op zand- en lössgrond het werkelijke N-overschot van de vier opeenvolgende jaren achter elkaar geplaatst. Hierdoor is het mogelijk om het verloop in de tijd waar te nemen en deze te vergelijken met het verloop van N_{\min} in de bodem (paragraaf 4.3) en de nitraatconcentraties in het grondwater (paragraaf 4.4). Tussen de jaren is de variatie in het N-overschot per cluster groot. Duidelijke trends in de clusters zijn niet zichtbaar.



Figuur 4.3 Clustergemiddeld N-overschot (werkelijk en aangenomen) (in kg N/ha) in de periode 2004 - 2007. Bij de clustering (tussen haakjes het aantal percelen per cluster) is onderscheid gemaakt tussen:

- gras en maïs
- zand, löss, klei en veen
- **Natte** (Gt I - VI) en **Droge** percelen (Gt VII - VIII)

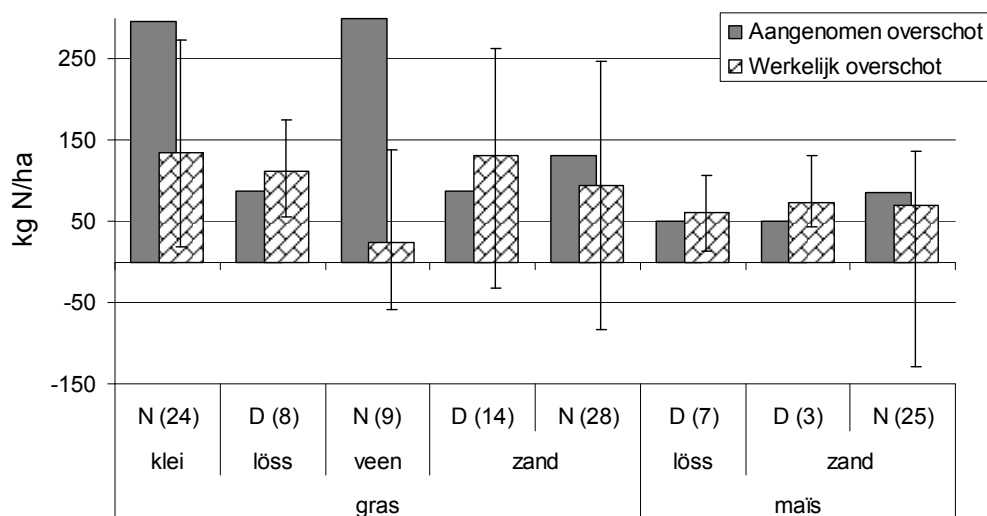


Figuur 4.4 Clustergemiddeld werkelijk N-overschot (in kg N/ha) voor de vier opeenvolgende jaren. Bij de clustering (tussen haakjes het aantal percelen per cluster voor elk jaar) is onderscheid gemaakt tussen:

- gras en maïs
- zand, löss
- **N**atte (Gt I - VI) en **D**roge percelen (Gt VII - VIII)

In Figuur 4.5 is de N-opbrengst in het gewas weergegeven. De werkelijke N-opbrengst is vergeleken met de bij de derogatie aangenomen N-opbrengst. Over een periode van 4 jaar is in de meeste gevallen de N-opbrengst van gras hoger dan de aangenomen N-opbrengst. Alleen het cluster droog zand realiseert gemiddeld een iets lagere N-opbrengst. In het cluster nat zand zijn de uitschieters het grootst.

Bij de aangenomen N-opbrengst van maïsland is het uitgangspunt dat het vanggewas niet wordt geoogst, maar wordt ondergeploegd en dat de N als een soort 'interne stroom' weer beschikbaar komt voor het volgende gewas. Bij de 'Koeien & Kansen'-referentiepercelen op zandgrond wordt regelmatig het vanggewas eerst geoogst en worden dus alleen de stoppels ondergeploegd. De N-opbrengst van het vanggewas is als afvoerpost meegerekend. In alle clusters is over een periode van 4 jaar de gemiddelde N-opbrengst van maïsland mede hierdoor hoger dan de aangenomen opbrengst.



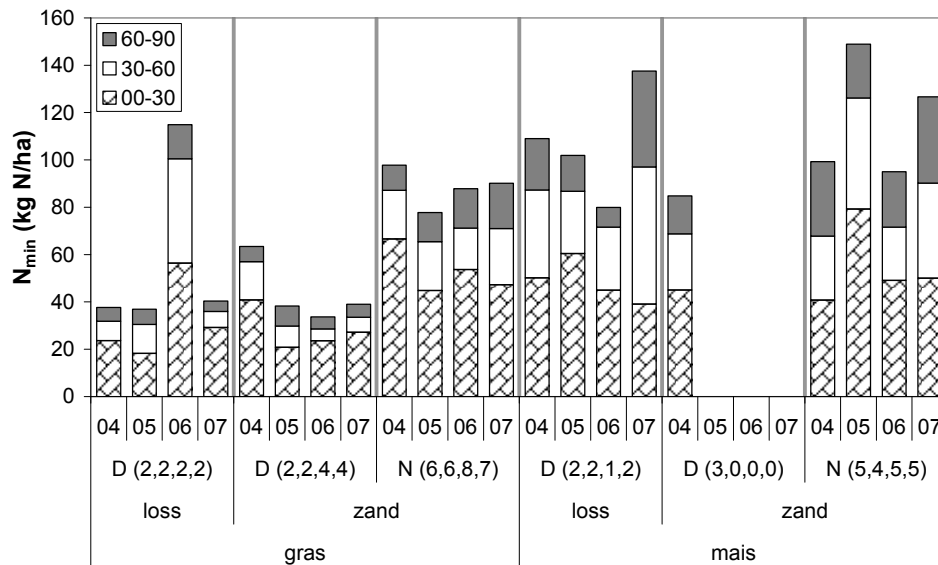
Figuur 4.5 Clustergemiddelde N-opbrengst (werkelijk en aangenomen) (in kg N/ha) in de periode 2004 - 2007. Bij de clustering (tussen haakjes het aantal percelen per cluster) is onderscheid gemaakt tussen:

- gras en maïs
- zand, löss, klei en veen
- **N**atte (Gt I - VI) en **D**roge percelen (Gt VII - VIII)

4.3 Minerale stikstof in najaar

De hoeveelheid N_{\min} in de bodem in het najaar wordt gezien als een indicator van nitraatuitspoeling. Bij de onderbouwing van de gebruiksnormen voor meststoffen zijn echter geen normen voor het N_{\min} -gehalte in de bodem vastgesteld.

Op basis van de gemeten hoeveelheden N_{\min} uit de periode oktober-november is voor elk meetseizoen en elk cluster de gemiddelde hoeveelheid N_{\min} berekend. Hierbij is onderscheid gemaakt tussen de lagen 0-30, 30-60 en 60-90 cm-mv. In Figuur 4.6 zijn voor elk cluster de gemiddelde hoeveelheden N_{\min} van de vier opeenvolgende meetseizoenen achter elkaar geplaatst. Hierdoor is het mogelijk om een eventueel aanwezige trend in de tijd waar te nemen.



Figuur 4.6 Clustergemiddelde hoeveelheden N_{\min} in de lagen 0-30, 30-60 en 60-90 cm-mv (in kg N/ha) voor de vier opeenvolgende meetseizoenen. Bij de clustering is onderscheid gemaakt tussen:

- gras en maïs
- löss en zand
- Natte (Gt I - VI) en Droge percelen (Gt VII - VIII)
- meetseizoen 2004-2005 (04), 2005-2006 (05), 2006-2007 (06) en 2007-2008 (07)

Tussen haakjes (achter de N of D) is het aantal percelen per cluster weergegeven voor elk van de vier meetseizoenen.

Uit Figuur 4.6 blijkt dat het aantal betrokken percelen nogal verschilt tussen de clusters en de meetseizoenen. Voor het cluster maïs op droog zand is drie meetseizoenen geen referentieperceel beschikbaar, terwijl voor het cluster gras op nat zand minimaal 6 referentiepercelen per meetseizoen beschikbaar zijn.

Figuur 4.6 laat zien dat bij geen enkel cluster sprake is van een duidelijke oplopende of aflopende trend in de tijd. Bovendien wijkt het verloop in de tijd af van het verloop in de tijd van het N-overschot (Figuur 4.4). Alleen bij het cluster maïs op lössgrond maakt het patroon over de jaren van N_{\min} en het N-overschot een vergelijkbare ontwikkeling door. Er zijn echter wel een aantal opvallende zaken zichtbaar. Bij gras op lössgrond is de hoeveelheid N_{\min} , die in meetseizoen 2006-2007 in de bodem is aangetroffen veel hoger dan in de andere meetseizoenen. De oorzaak van het hoge clustergemiddelde in 2006-2007 is de grote hoeveelheid N_{\min} , die in het betreffende meetseizoen is aangetroffen in perceel 2 van Van Hoven (zie paragraaf 3.4).

Bij maïs op lössgrond is het clustergemiddelde hoeveelheid N_{\min} in meetseizoen 2006-2007 juist het laagst van alle meetseizoenen. In dat meetseizoen bestaat het clustergemiddelde echter uit waarnemingen van één perceel, in de andere meetseizoenen zijn twee percelen beschikbaar.

Alleen in meetseizoen 2004-2005 waren er referentie-maïspcelen beschikbaar, die gesitueerd waren op droog zand. In de daaropvolgende meetseizoenen is op deze percelen gras geteeld in plaats van maïs.

Bij maïs op nat zand lijkt het er op dat meetseizoenen met relatief kleine hoeveelheden N_{\min} afgewisseld worden door meetseizoenen met relatief grote hoeveelheden N_{\min} . Een deel van de grote hoeveelheid N_{\min}

in met name laag 30-60 en 60-90 cm-mv. van meetseizoenen 2005-2006 kan verklaard worden uit het feit dat op één van de vier percelen eerstejaars maïs geteeld is. Perceel 20 en 25 van Hoefmans zijn bemonsterd als één perceel (zie paragraaf 3.4) en worden in deze paragraaf dus ook als één perceel beschouwd. Het is bekend dat in het eerste jaar na scheuren van (meerjarig) grasland er een sterke mineralisatie plaatsvindt in de bodem (Aarts *et al.*, 2002). Ook in de twee meetseizoenen daarna blijft dit perceel het clustergemiddelde in de onderste twee lagen opschroeven. Voor het betreffende perceel zijn helaas geen aanvullende laboratoriumanalyses (totale hoeveelheid koolstof en potentiële denitrificatie) beschikbaar (zoals in Assinck *et al.*, 2005), die een verklaring kunnen geven.

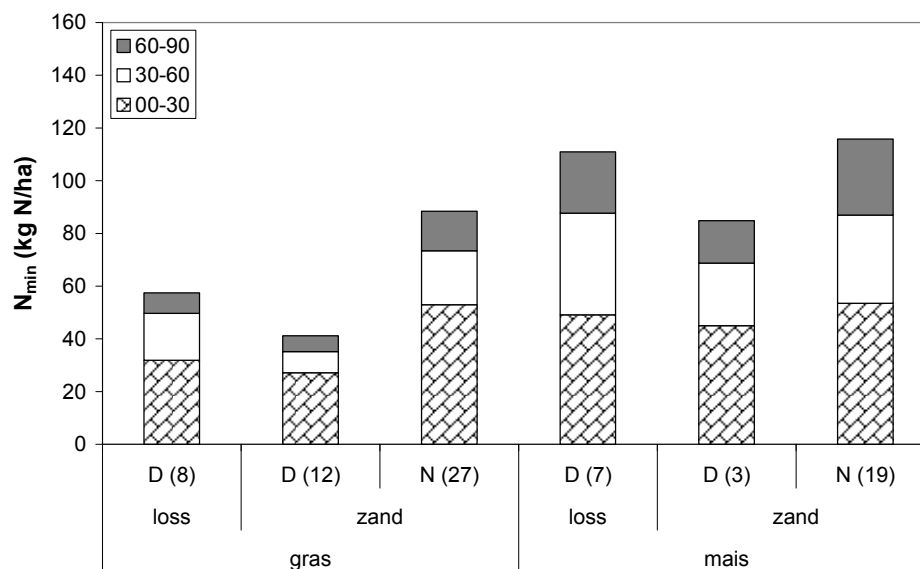
In meetseizoen 2006-2007 is bij twee maïspercelen op nat zand (beide percelen van Van Laarhoven) het vanggewas bemest, in meetseizoen 2007-2008 is bij drie percelen in dit cluster (beide percelen van Van Laarhoven en perceel 31 van Pijnenborg-van Kempen) het vanggewas bemest en zijn de twee percelen bij Hoefmans beweid (zie Bijlagen I en II). De bemestingen van het vanggewas komen niet direct tot uitdrukking in de gepresenteerde N_{\min} -hoeveelheden, ook niet in de N_{\min} op perceelsniveau (Figuur 3.1).

In Figuur 4.7 zijn ook de clustergemiddelde hoeveelheden N_{\min} weergegeven, maar is het onderscheid tussen de vier meetseizoenen achterwege gelaten. De gegevens van alle vier meetseizoenen zijn samen genomen alvorens het clustergemiddelde is berekend.

Uit Figuur 4.7 blijkt dat N_{\min} in het najaar bij de maïsclusters groter is dan bij de grasclusters met dezelfde bodemtypen. Ongeacht het gebruik is in droog zand het minste en in nat zand het meeste N_{\min} in het profiel aangetroffen. N_{\min} in lössgrond ligt daar tussenin, al is het verschil met nat zand bij maïs klein. Het verschil tussen de N_{\min} bij gras op lössgrond en bij gras op droog zand wordt beduidend kleiner, wanneer de (grote) hoeveelheid N_{\min} van perceel 2 van Van Hoven (löss) uit meetseizoenen 2006-2007 niet meegenomen wordt.

Op grasland is relatief gezien de meeste N_{\min} aanwezig in de laag 0-30 cm-mv. Ook op maïsland bevat de laag 0-30 cm-mv de meeste N_{\min} , al is het relatieve aandeel van deze laag aan de totale hoeveelheid lager. Met andere woorden: op maïsland zit N_{\min} dieper in de grond dan op grasland.

Wees bewust van het feit dat de clustergemiddelden gebaseerd zijn op verschillende aantallen waarnemingen. Het aantal waarnemingen bij gras op nat zand (27) is veel groter dan bij maïs op droog zand (3). Voor laatstgenoemde cluster zijn alleen meetgegevens beschikbaar uit het eerste meetseizoen. Het clustergemiddelde voor maïs op droog zand is daarom waarschijnlijk niet zo representatief.

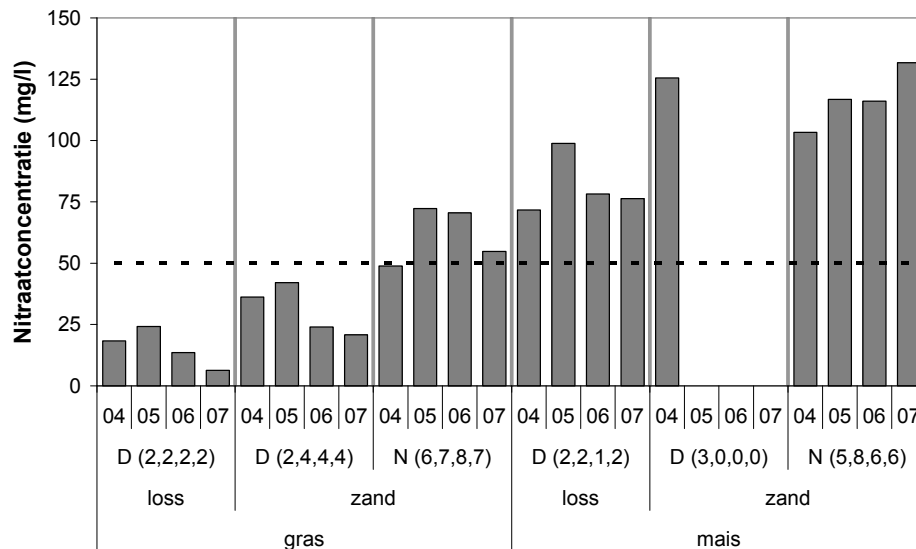


Figuur 4.7 Clustergemiddelde hoeveelheden N_{\min} in de lagen 0-30, 30-60 en 60-90 cm-mv (in kg N/ha) voor de vier meetseizoenen gezamenlijk. De clustering is op dezelfde manier uitgevoerd als bij Figuur 4.6 (met tussen haakjes het aantal percelen per cluster)

4.4 Nitraatconcentratie in grondwater

Op basis van de gemeten nitraatconcentraties is voor elk meetseizoen en elk cluster de gemiddelde nitraatconcentratie berekend. Ter verduidelijking: het clustergemiddelde is berekend op basis van de perceelsmedianen (uit paragraaf 3.5). In Figuur 4.8 zijn voor elk cluster de gemiddelde nitraatconcentraties van de

vier opeenvolgende meetseizoenen achter elkaar geplaatst. Hierdoor is het mogelijk om een eventueel aanwezige trend in de tijd waar te nemen.



Figuur 4.8 Clustergemiddelde nitraatconcentratie in het grondwater dan wel bodemvocht voor de vier opeenvolgende meetseizoenen (in mg/l). Bij de clustering is onderscheid gemaakt tussen:

- gras en mais
- löss en zand
- **N**atte (Gt I - VI) en **D**roge percelen (Gt VII - VIII)
- meetseizoen 2004-2005 (**04**), 2005-2006 (**05**), 2006-2007 (**06**) en 2007-2008 (**07**)

Tussen haakjes (achter de N of D) is het aantal percelen per cluster weergegeven voor elk van de vier meetseizoenen. De norm uit de EU-nitraatrichtlijn van 50 mg/l is weergegeven met behulp van een streepjeslijn.

In tegenstelling tot N_{\min} in de bodem in Figuur 4.6 uit paragraaf 4.3 laat Figuur 4.8 wel enkele trends in de tijd zien. Alle grasclusters vertonen in mindere of meerdere mate het volgende verloop: een toename van de nitraatconcentratie van meetseizoen 2004-2005 naar 2005-2006 en vervolgens twee meetseizoenen lang een afname van de nitraatconcentratie ten opzichte van het voorgaande meetseizoen. In Oenema *et al.* (2007) is aangegeven dat de toename van meetseizoen 2004-2005 naar 2005-2006 mogelijk verklaard kan worden uit:

- het lagere neerslagoverschot in meetseizoen 2005-2006;
- de late bemonsteringsperiode in 2005-2006 (namelijk midden in het groeiseizoen: in juni-juli);
- het verschil in analysemethode (in meetseizoen 2004-2005 wordt langer geïncubeerd met mogelijk als gevolg meer N-omzettingen waaronder denitrificatie);
- het verschil in het aantal monsters per monstertype (door de late bemonstering zijn in meetseizoen 2005-2006 meer bodemvochtmonsters genomen).

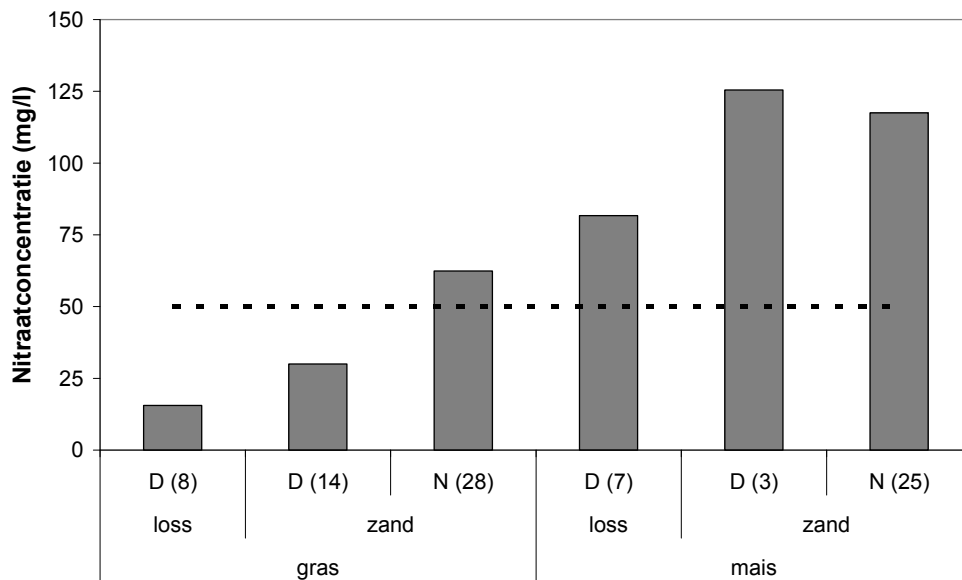
De dalende trend van de clustergemiddelde nitraatconcentratie na meetseizoen 2005-2006 kan mogelijk deels verklaard worden uit het hogere neerslagoverschot van de laatste twee meetseizoenen (ten opzichte van de eerste twee meetseizoenen). Bovendien heeft de bemonstering in de laatste twee meetseizoenen in het voorjaar plaatsgevonden, waardoor er relatief meer grondwatermonsters genomen zijn en het volgende groeiseizoen nog geen verstoring heeft kunnen veroorzaken. Naast de hiervoor genoemde verklaringen is het zeker ook aannemelijk dat het beleid in de vorm van de gebruiksnormen en het bewustere nutriënten- en graslandbeheer verantwoordelijk zijn voor de dalende nitraatconcentraties bij de grasclusters. Het is namelijk bekend dat sommige effecten van beheer en milieubeleid na-ijlen oftewel pas na langere tijd zichtbaar worden. De N-bemesting (drijfmest, kunstmest en weidemest) op de grasland referentiepercelen op zandgrond was in de periode 2004-2007 gemiddeld 410 kg/ha. In de periode daarvoor van 2000-2003 was de N-bemesting op diezelfde percelen gemiddeld 540 kg/ha. Een afname van 130 kg N/ha. Van alle jaar-clustergemiddelde nitraatconcentraties in grasland op zand- en lössgrond overschrijdt 25% de EU-norm van 50 mg/l (Figuur 4.8).

Opvallend is dat de grote hoeveelheid N_{\min} (Figuur 4.6) bij het cluster gras op lössgrond van meetseizoen 2006-2007 niet geresulteerd heeft in een hoge nitraatconcentratie in het grondwater. Dit versterkt de gedachte dat bij de betreffende grondbemonstering ten behoeve van N_{\min} ongewild recente, niet-zichtbare urineplekken bemonsterd zijn op perceel 2 van Van Hoven. Het effect van deze urineplekken op de

mediaan-nitraatconcentratie van het perceel is blijkbaar beperkt, want ook in andere meetseizoenen is dit perceel beweid en is de nitraatconcentratie van een vergelijkbare orde. Blijkbaar zijn in andere beweidde meetseizoenen bij de grondbemonstering in het najaar minder of geen recente urineplekken bemonsterd. Het beweidde grasperceel 2 (Van Hoven) heeft overigens elk meetseizoen een hogere nitraatconcentratie dan het niet-beweidde grasperceel 24 (Van Hoven).

Bij de clusters maïs op lössgrond en maïs op droog zand zijn geen duidelijke trends waar te nemen. Bij het cluster maïs op nat zand is een toename van de clustergemiddelde nitraatconcentratie in de tijd te zien. Op het oog lijkt de clustergemiddelde hoeveelheid N_{\min} (Figuur 4.6) niet gecorreleerd te zijn met de clustergemiddelde nitraatconcentratie voor de verschillende meetseizoenen. Ook lijkt er geen correlatie te zijn met de clustergemiddelde N-overschotten voor de verschillende meetseizoenen (Figuur 4.4). Hoewel een directe correlatie niet is aangetoond, valt het wel op dat bij 19 van de 25 maïspcelen op nat zand en bij alle drie maïspcelen op droog zand het vanggewas is bemest dan wel beweid. Echter, de nitraatconcentratie is niet bij alle maïspcelen, waarvan het vanggewas is bemest, uitzonderlijk hoog (zeg > 100 mg/l). Wel is de nitraatconcentratie altijd hoger dan de EU-norm van 50 mg/l. In dit onderzoek is nog geen verklaring gevonden voor de stijgende trend van de clustergemiddelde nitraatconcentratie bij maïspcelen op nat zand.

In Figuur 4.9 zijn ook de clustergemiddelde nitraatconcentraties weergegeven, maar is het onderscheid tussen de vier meetseizoenen achterwege gelaten. De gegevens van alle vier meetseizoenen zijn samen genomen alvorens het clustergemiddelde is berekend.



Figuur 4.9 Clustergemiddelde nitraatconcentratie in het grondwater dan wel bodemvocht voor de vier meetseizoenen gezamenlijk (in mg/l). De clustering is op dezelfde manier uitgevoerd als bij Figuur 4.8 (met tussen haakjes het aantal percelen per cluster). De norm uit de EU-nitraatrichtlijn van 50 mg/l is weergegeven met behulp van een streepjeslijn

Uit Figuur 4.9 blijkt dat de clustergemiddelde nitraatconcentraties in het grondwater en/of bodemvocht bij de maïsclusters hoger zijn dan bij de grasclusters met dezelfde bodemtypen. Ongeacht het gebruik zijn bij löss gemiddeld genomen de laagste nitraatconcentraties gemeten.

Opvallend is dat bij grasland in het grondwater van nat zand meer nitraat gemeten wordt dan in het grondwater van droog zand, terwijl bij maïsland het tegenovergestelde geldt. Het is echter de vraag hoe representatief de percelen in het cluster gras op droog zand zijn, aangezien alle percelen onderdeel uitmaken van één bedrijf (Hoefmans) en dat in de 4 jaar 70% van de percelen niet beweid zijn. Belangrijk is om op te merken dat het aantal percelen, waarover de verschillende clusters berekend zijn, moeilijk met elkaar te vergelijken zijn. Voor maïs op droog zand zijn slechts 3 referentiepercelen uit één meetseizoen beschikbaar, terwijl het clustergemiddelde van maïs op nat zand gebaseerd is op in totaal 25 referentiepercelen.

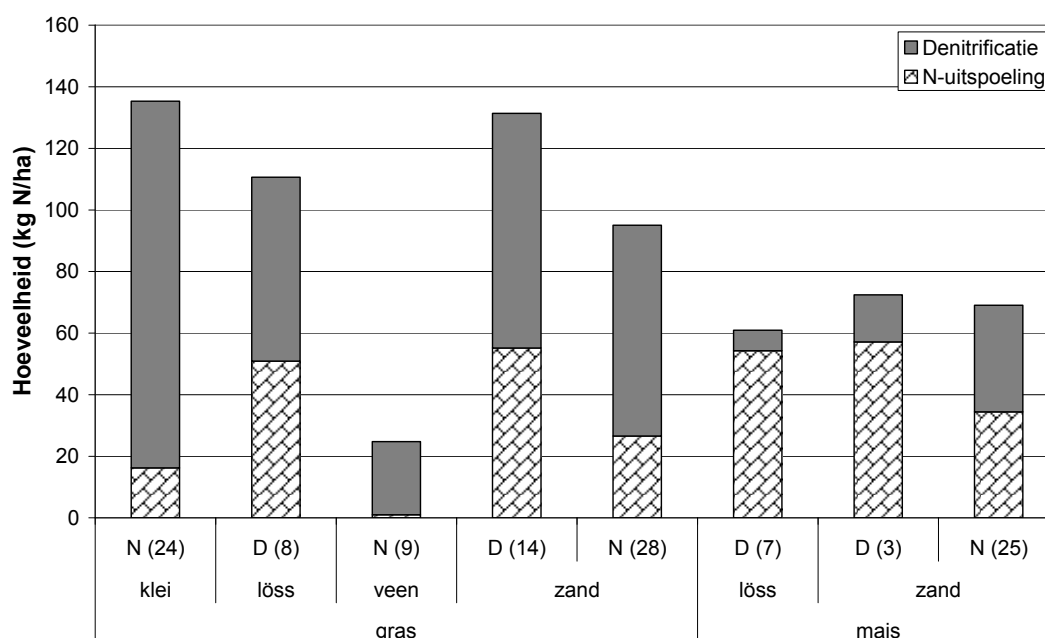
Volgens Figuur 4.9 voldoen alleen de clustergemiddelde nitraatconcentraties van de clusters gras op lössgrond en gras op droog zand aan de EU-norm van 50 mg/l nitraat. De clustergemiddelde nitraatconcentraties van de andere clusters zijn hoger dan de EU-norm. Uit Figuur 4.8 blijkt echter wel dat de gemiddelde nitraatconcentraties bij het cluster gras op nat zand aan het dalen zijn en in het laatste meetseizoen de EU-

norm nadert. Strikt genomen geldt de EU-norm voor grondwater (zie het kader 'Grondwater en bodemvocht'). De in Figuur 4.9 gepresenteerde cluster gemiddelde nitraatconcentraties zijn echter voor een groot deel gebaseerd op bodemvochtmonsters. De EU-norm in de Figuren 4.8 en 4.9 heeft daarom vooral een indicatieve waarde.

4.5 Lot van het N-overschot

In deze paragraaf gaan we in op de vraag 'Wat gebeurt er met het N-overschot?'. Met andere woorden: hoe wordt het N-overschot uiteindelijk verdeeld over de diverse balansposten. Net als Schröder *et al.* (2009) gaan we in deze paragraaf uit van een evenwichtssituatie, oftewel de totale hoeveelheid N in de bodem verandert niet. Dit betekent dat het N-overschot uit de bodem verdwijnt via (1) uitspoeling van N naar het grondwater en/of via (2) omzetting van N door denitrificatie. De methodiek uit Schröder *et al.* (2009) is toegepast op de N-overschotten van de referentiepercelen uit Bijlage II en uit Bijlage IV van Oenema *et al.*, (2007). Net als bij Schröder *et al.* (2009) zijn de meest actuele uitspoelfracties en neerslagoverschotten gebruikt, namelijk die uit Fraters *et al.* (2007).

In Figuur 4.10 zijn de berekende hoeveelheden stikstofuitspoeling en denitrificatie weergegeven per cluster van referentiepercelen. De som van de beschouwde posten is gelijk aan het cluster gemiddelde N-overschot. In deze resultaten zijn alle referentiepercelen meegenomen uit de vier meetseizoenen (2004-2005, 2005-2006, 2006-2007, 2007-2008).



Figuur 4.10 Berekende hoeveelheden stikstofuitspoeling en denitrificatie per cluster van referentiepercelen voor de vier meetseizoenen (samen). Bij de clustering (tussen haakjes het aantal percelen per cluster) is onderscheid gemaakt tussen:

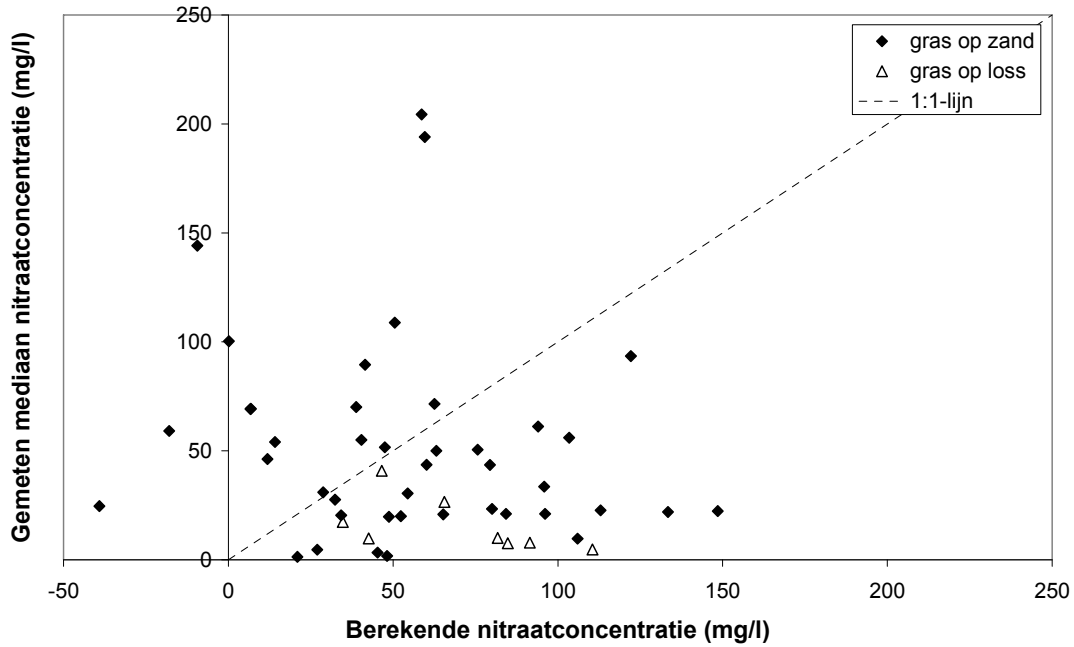
- gras en maïs
- zand, löss, klei en veen
- **N**atte (Gt I - VI) en **D**roge percelen (Gt VII - VIII)

Inherent aan de gebruikte uitspoelfracties blijkt uit Figuur 4.10 dat op grasland denitrificatie het belangrijkste proces is en op maïsland stikstofuitspoeling. Tussen de verschillende bodemsoorten zijn wel enige verschillen. Bij klei en veen is het relatieve aandeel van denitrificatie hoger dan bij zand of löss. Nat zand kent relatief meer denitrificatie dan droog zand.

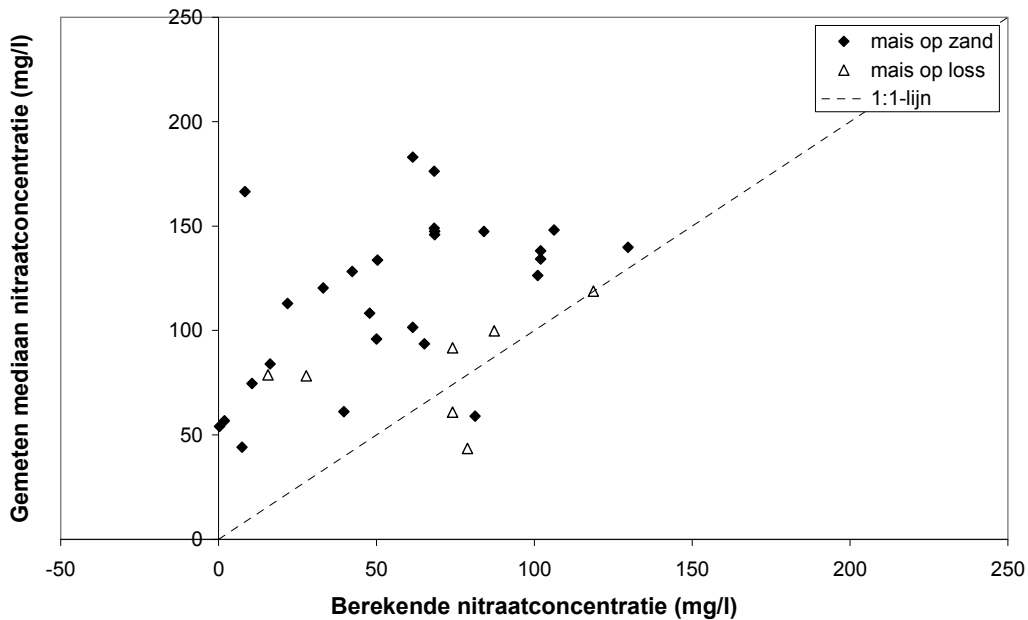
De methodiek uit Schröder *et al.* (2009) neemt aan dat de totale hoeveelheid N in de bodem niet verandert. Over meerdere jaren en meerdere percelen gezien zal deze aanname gemiddeld wel kloppen. De meeste clusters uit Figuur 4.10 zijn gebaseerd op cijfers van meerdere percelen en vier meetseizoenen. Het cluster 'maïs op droog zand' bevat echter slechts 3 referentiepercelen uit 2004.

Op basis van het N-overschot is met behulp van de methodiek uit Schröder *et al.* (2009) ook de nitraatconcentratie van elk referentieperceel en meetseizoen berekend. De berekende nitraatconcentratie is in

Figuur 4.11 en 4.12 per perceel weergegeven ten opzichte van de daadwerkelijk gemeten nitraatconcentratie (mediaan-waarde) voor respectievelijk de graspercelen op zand- en lössgrond en de maïspercelen op zand- en lössgrond. De referentiepercelen op klei- en veengrond zijn niet weergegeven in de Figuren 4.11 en 4.12 aangezien de gemeten nitraatconcentraties op deze percelen laag zijn (zie Oenema *et al.*, 2007).



Figuur 4.11 Berekende nitraatconcentratie ten opzichte van de gemeten mediaan nitraatconcentratie voor de graspercelen op zand- en lössgrond en de vier meetseizoenen



Figuur 4.12 Berekende nitraatconcentratie ten opzichte van de gemeten mediaan nitraatconcentratie voor de maïspercelen op zand- en lössgrond en de vier meetseizoenen

Negatieve N-overschotten leiden met de methodiek uit Schröder *et al.* (2009) tot negatieve nitraatconcentraties. In werkelijkheid is een gemeten concentratie altijd groter of gelijk aan nul.

Uit Figuur 4.11 blijkt dat de berekende en gemeten nitraatconcentraties van de graspercelen op zand redelijk verdeeld zijn aan beide zijden van de 1:1-lijn. De meeste punten bevinden zich echter onder deze 1:1-lijn. Dit betekent dat met de gevolgde methodiek over het algemeen een hogere nitraatconcentratie wordt berekend dan daadwerkelijk wordt gemeten op de referentiepercelen. Alleen op basis van deze referentiepercelen zouden de uitspoelfracties van Fraters *et al.* (2007) mogelijk omlaag kunnen. Het is echter de vraag in hoeverre deze referentiepercelen representatief zijn voor graspercelen op zand.

Alle punten van de graspercelen op löss bevinden zich ruim onder de 1:1-lijn. Oftewel de berekende nitraatconcentraties overschatten de gemeten nitraatconcentraties. Bij de berekening voor gras op lössgrond is echter aangenomen dat de uitspoelfracties bij een bepaalde grondwatertrap gelijk zijn aan de uitspoelfracties van gras op zand bij diezelfde grondwatertrap. Dijk & Schröder (2007) gaan voor grasland op lössgrond uit van een uitspoelfractie van 34% in plaats van de door ons gebruikte 46%. Gebruik van de uitspoelfractie van 34% leidt tot een verschuiving richting de 1:1-lijn, maar ook dan blijven de meeste punten er echter ruim onder liggen.

De punten van de maïspancelen op lössgrond liggen redelijk in de buurt van de 1:1-lijn (Figuur 4.12). Wel zijn de gemeten nitraatconcentraties over het algemeen net iets hoger dan de berekende nitraatconcentraties (gebruikte uitspoelfractie is 89%). Gebruik van de uitspoelfractie van 66%, zoals Velthof & Fraters (2007) voorstellen, leidt tot een (ongunstige) verschuiving van de punten naar boven. Op basis van deze beperkte dataset (7 percelen verdeeld over 4 jaren) kan geconcludeerd worden dat de uitspoelfractie van maïs op lössgrond ten minste 89% is.

Alleen voor maïspancel 29 van Pijnenborg-van Kempen in meetseizoen 2005-2006 is de berekende nitraatconcentratie hoger dan de gemeten nitraatconcentratie. Voor alle andere referentiepercelen (maïs op zandgrond) en meetseizoenen zijn de gemeten nitraatconcentraties (veel) hoger dan de berekende nitraatconcentraties. Op basis van deze dataset kan geconcludeerd worden dat de uitspoelfracties van maïs op zand de stikstofuitspoeling onderschatten dan wel de denitrificatie overschatten. Het is echter de vraag hoe representatief deze referentiepercelen zijn voor maïs op zand.

Verschillen tussen berekende en gemeten nitraatconcentraties zijn deels toe te schrijven aan de aanname van de methodiek uit Schröder *et al.* (2009) dat de totale voorraad N in de bodem van de percelen niet verandert. Deze evenwichtsaanname zal voor de individuele percelen en meetseizoenen, zoals weer gegeven in Figuur 4.11 en 4.12, zelden gelden.

De berekende nitraatconcentraties gaan uit van de perceelsspecifieke N-overschotten en de standaard uitspoelfracties en neerslagoverschotten van Fraters *et al.* (2007). Uit Oenema *et al.* (2007) blijkt dat gemiddeld de neerslagoverschotten in meetseizoen 2004-2005 in de buurt van en in 2005-2006 onder het langjarig gemiddelde neerslagoverschot (van Heijboer & Nellestijn, 2002) ligt. In de meetseizoenen 2006-2007 en 2007-2008 zijn gemiddeld de neerslagoverschotten hoger dan de langjarig gemiddelde neerslagoverschotten (in hun regio's). Volgens de methodiek van Schröder *et al.* (2009) leidt een hoger neerslagoverschot tot een verdunning van de concentratie en een lager neerslagoverschot tot een hogere concentratie.

De uitspoelfracties van Fraters *et al.* (2007) zijn gebaseerd op metingen in de bovenste meter van het grondwater. Aangezien in dit onderzoek getracht wordt om het perceelsgebruik te relateren aan de kwaliteit van het water onder dat perceel, is in dit onderzoek er voor gekozen om het bovenste grondwater of bij diepe grondwaterstanden het bodemvocht te bemonsteren. Verwacht mag worden dat de kans op denitrificatie hoger zal zijn bij grondwatermonsters, omdat de beschikbaarheid van zuurstof lager zal zijn (zie kader 'Grondwater en bodemvocht'). Meer denitrificatie zal leiden tot lagere concentraties. Wanneer de 'gras op zandgrond'-gegevens uit Figuur 4.11 en de 'maïs op zandgrond'-gegevens uit Figuur 4.12 worden opgesplitst naar het type monster (grondwater of bodemvocht), dat is gemeten, dan ontstaan de figuren in Bijlage VI. Uit de figuren van deze bijlage blijkt, dat bij gras op zandgrond de gemeten nitraatconcentraties in het bodemvocht lager zijn dan in het grondwater (gemiddeld 44 en 60 mg/l). Bij maïs op zandgrond zijn de gemeten nitraatconcentraties in het bodemvocht juist hoger dan in het grondwater (gemiddeld 130 en 101 mg/l). Bovenstaande analyse is echter zeer kort door de bocht, aangezien er geen rekening is gehouden met de grondwatertrappen en de verschillen in het aantal beschikbare monsters.

4.6 Toetsing van de gebruiksnormen in de praktijk

De eerste onderzoeksvraag van dit rapport moet antwoord geven op de vraag of strikte toepassing van de gebruiksnormen 2009 op perceelsniveau leidt tot de in de onderbouwning aangenomen benutting van meststoffen. Om hierop een antwoord te geven wordt een overzicht gegeven per grondsoort van de bemesting en de opbrengst (Tabel 4.2). Vergeleken worden de bemesting en opbrengst volgens de onderbouwning van de derogatie en de resultaten na het toepassen van de gebruiksnormen 2009 op de referentiepercelen in de periode 2004 - 2007.

Tabel 4.2 De bemesting (kg werkzame N/ha) en de opbrengsten (kg N/ha) volgens de gebruiksnorm 2009, volgens de onderbouwing van de derogatie en de resultaten van de referentiepercelen van 'Koeien & Kansen' uit de periode 2004 - 2007 na toepassen van de gebruiksnormen (standaardafwijking tussen haakjes)

	Zand/Löss		Klei		Veen	
	Bemesting ¹ (kg wz. N/ha)	Opbrengst (kg N/ha)	Bemesting ¹ (kg wz. N/ha)	Opbrengst (kg N/ha)	Bemesting ¹ (kg wz. N/ha)	Opbrengst (kg N/ha)
Gras						
Gebruiksnorm 2009	265	325	310	332	265	312
Onderbouwing ²	258-325	324-327	409	332	283	312
Referentiepercelen	256 (52)	356 (80)	310 (29)	351 (70)	227 (43)	372 (69)
Maïs						
Gebruiksnorm 2009	150	165				
Onderbouwing ²	126-178	161-178				
Referentiepercelen	144 (38)	186 (28)				

¹ Bij de gebruiksnorm is de hoeveelheid werkzame (wz.) N in dierlijke mest op 45% werkzaam en bij kunstmest op 100% werkzaam verondersteld. Bij de gerealiseerde bemesting op de referentiepercelen zijn de gebruikte percentages werkzame N als volgt: dierlijke mest op grasland 50%, op maïsland 60%, weidemest 15% en kunstmest 100%

² In de onderbouwing van de derogatie is onderscheid gemaakt tussen lössgrond en zandgrond en tussen de verschillende zandgronden onderling op basis van hydrologie (zie Tabel 1.1). Deze klassen zijn in de gebruiksnormen platgeslagen tot één norm voor zand- en lössgrond

De bemesting volgens de gebruiksnorm 2009 voor grasland op zand- en lössgrond is iets hoger dan de bemesting op droge zandgrond in de onderbouwing van de derogatie (respectievelijk 265 en 258). De referentiepercelen zijn gemiddeld iets minder bemest dan het maximum van de gebruiksnorm. De gerealiseerde opbrengsten van de referentiepercelen zijn hoger dan de aangenomen opbrengst volgens de onderbouwing. Voor klei- en veengrond is de bemesting volgens de gebruiksnormen 2009 lager dan volgens de onderbouwing. Op kleigrond zijn de referentiepercelen grofweg bemest volgens de gebruiksnorm, terwijl op veengrond onder de norm is bemest. De gerealiseerde opbrengsten zijn op klei- en veengrond hoger dan de aanname.

De bemesting volgens de gebruiksnorm 2009 voor maïsland op zand- en lössgrond is gemiddeld gelijk aan de bemesting in de onderbouwing van de derogatie. De gerealiseerde gemiddelde bemesting op de referentiepercelen is 6 kg werkzame N/ha lager dan volgens de gebruiksnorm. De gerealiseerde opbrengst van de referentiepercelen is hoger dan de aangenomen opbrengst. De gerealiseerde opbrengst van de referentiepercelen is inclusief de oogst van vanggewassen (hoofdzakelijk Italiaans raaigras). Bij de aangenomen opbrengst wordt het vanggewas niet geoogst maar in zijn geheel ondergeploegd.

Op basis van bovenstaande gegevens kan vervolgens de benutting van meststoffen op de referentiepercelen berekend worden. Deze berekening wordt uitgevoerd voor de in dit rapport gehanteerde clusterindeling. In Tabel 4.3 zijn per jaar de in de wet aangenomen benutting van meststoffen (onderbouwing) vergeleken met de resultaten uit 'Koeien & Kansen' op de referentiepercelen.

Behalve bij gras op droog zand en bij maïs op löss zijn in alle clusters de gerealiseerde benutting van meststoffen in 2004 hoger dan in Schröder *et al.* (2009). De hoge benutting is het gevolg van een iets lagere bemesting dan de gebruiksnorm en hogere opbrengsten dan verondersteld. Het groeizame weer in 2004 (veel zonuren en voldoende neerslag) heeft hieraan bijgedragen. De hoge verwachting van de benutting van meststoffen bij gras op droog zand wordt in de volgende jaren wel waargemaakt. Vanaf 2005 waren voor maïs geen referentiepercelen op droog zand beschikbaar. Behalve voor löss in 2005 en 2007 was de benutting van meststoffen in de periode 2005 - 2007 vergelijkbaar dan wel hoger dan volgens de onderbouwing.

Tabel 4.3 De benutting per cluster volgens Schröder *et al.* (2009) en de benutting die is waargenomen op de referentiepercelen van de 'Koeien & Kansen'-bedrijven in 2004 - 2007

Gewas/gebruik	Bodemtype	Benutting (%) onderbouwning	K&K			
			2004	2005	2006	2007
Gras	Veen	73	106	79	98	
	Klei	59	82	75	73	67
	Droog zand	80	66	80	79	82
	Löss	80	83	80	90	69
	Nat zand	69	94	85	82	96
Maïs	Veen					
	Klei	67				
	Droog zand	84	84			
	Löss	84	76	80	99	79
	Nat zand	75	97	76	85	100

Een samenvatting van de toetsing van de gebruiksnormen in de praktijk is weergegeven in de Tabellen 4.4 en 4.5. In Tabel 4.4 zijn de cluster gemiddelde resultaten van de 'Koeien & Kansen'-percelen uit de periode 2004 - 2007 vergeleken met de aannames in de onderbouwning van de derogatie (Tabel 1.1). Deze vergelijking is gedaan voor de N-aanvoer, het N-overschot en de nitraatconcentratie.

Het verschil in N-aanvoer op grasland varieert van 17% onder de aanname (klei) tot 6% boven de aanname (löss). Het verschil in N-overschot op grasland is nog groter: van 49% boven de aanname (droog zand) tot 92% onder de aanname (veen). De nitraatconcentratie bij grasland op klei-, löss- en veengrond is meer dan 60% lager dan de norm van de EU-nitraatrichtlijn, terwijl op nat zand de nitraatconcentratie 25% hoger is dan de norm.

Het verschil in N-aanvoer op maïsland varieert van 29% (nat zand) tot 6% onder de aanname (löss). Het verschil in N-overschot varieert van 19% onder de aanname (nat zand) tot 42% boven de aanname (droog zand). Alleen bij maïsland op nat zand is de N-aanvoer en het N-overschot lager dan de aanname. In alle maïsclusters overschrijdt de nitraatconcentratie de EU-norm van 50 mg/l.

Voor het omrekenen van een N-overschot naar milieukwaliteit (nitraatconcentratie) is in de onderbouwning van de derogatie gebruik gemaakt van de methodiek uit Schröder *et al.* (2005) (zie Bijlage IX in Oenema *et al.*, 2007). In § 4.5 is met de aangepaste methodiek uit Schröder *et al.* (2009) de vraag 'wat gebeurt er met het N-overschot in de bodem?' beantwoord. Bij deze methode wordt de stikstofconcentratie in het grondwater berekend aan de hand van het N-overschot, een uitspoelfractie en een neerslagoverschot. Tabel 1.1 geeft een overzicht van de in het kader van de derogatie aangenomen waarden voor uitspoelfractie en neerslagoverschot. Aanvullend op Tabel 4.4 kunnen we de aangenomen uitspoelfracties toetsen op de 'Koeien & Kansen'-percelen. De resultaten van deze toetsing op cluster niveau voor zand en löss staan in Tabel 4.5. Hierna is aangegeven hoe deze resultaten zijn berekend.

De berekende neerslagoverschotten per bedrijf uit Tabel 3.1 zijn per perceel gecorrigeerd voor gebruik, grondsoort en de GHG. De gebruikte correctiefactoren zijn per cluster berekend door het neerslagoverschot uit Tabel 1.1 te delen door het neerslagoverschot behorende bij grasland op zand met een GHG < 0.4 m beneden maaiveld. De verschillen in neerslagoverschot tussen de jaren binnen een cluster zijn groot, waarbij die van 2005 het laagst zijn.

De berekende uitspoelfracties zijn per jaar en gemiddeld over de jaren berekend en vergeleken met de waarden uit Tabel 1.1 (aanname). De verschillen tussen de jaren zijn groot, vooral bij maïsland. Gemiddeld zijn de gerealiseerde uitspoelfracties bij grasland op droog zand en löss lager dan de aangenomen uitspoelfracties en bij gras op nat zand gemiddeld over 4 jaar hoger. Gemiddeld is de uitspoelfractie onder maïsland op löss (1.21) hoger dan de aanname (0.73), maar de variatie tussen de jaren is groot (tussen 0.47 en 2.48). Ook de variatie in neerslagoverschot in dit cluster is groot, terwijl die van het N-overschot klein is. Voor maïsland op droog zand zijn alleen resultaten van 2004 beschikbaar, welke aangeven dat de gerealiseerde uitspoelfractie de aanname overschrijdt (respectievelijk 0.91 en 0.73). Ook de berekende uitspoelfractie van maïsland op nat zand overschrijdt gemiddeld de aanname, maar de verschillen tussen de jaren zijn erg groot (tussen 0.28 en 1.98³).

³ Een uitspoelfractie, die groter is dan 1, betekent dat er meer N uitspoelt dan het N-overschot groot is. Oftewel naast het N-overschot spoelt ook nog een deel van de N-voorraad, die in de bodem zit, uit.

Uit deze resultaten blijkt dat aan de gebruiksnormen voor grasland en de daarbij behorende onderbouwing van de hoogte van het N-overschot en de nitraatconcentratie in de meeste gevallen kan worden voldaan. Alleen op nat zand bleek in 3 van de 4 meetseizoenen de uitspoelfractie (Tabel 4.5) en de nitraatconcentratie (Figuur 4.8) hoger te zijn dan de norm. Op droog zand werd een lagere nitraatconcentratie gemeten dan op nat zand (Figuur 4.8), terwijl het N-overschot veelal hoger was op droog zand (Figuur 4.4). Na 2004 werden de meeste percelen in het cluster droog zand alleen gemaaid en niet beweid. Beweiding levert een grote bijdrage aan nitraatuitspoeling blijkt uit onderzoek op o.a. 'De Marke' (Verloop *et al.*, 2006). Dit kan een reden zijn voor de relatief lagere nitraatconcentraties op droog zand vergeleken met nat zand.

De gebruiksnormen voor maïsland lijken in de praktijk te hoog om de EU-norm voor de nitraatconcentratie in grondwater te realiseren. Zelfs als het werkelijke N-overschot lager is dan het aangenomen N-overschot, dan nog overschrijdt de nitraatconcentratie de norm van 50 mg/liter. Een oorzaak hiervan is de teelt van maïs in wisselbouw. De gerealiseerde N-overschotten en gemeten nitraatconcentraties zijn 'momentopnamen' in de teelt van maïs in wisselbouw. Bij het bepalen van de gebruiksnorm (en aangenomen N-overschot) is uitgegaan van het gemiddelde van een hele wisselbouwcyclus (drie jaar maïs en drie jaar gras) (Schröder *et al.*, 2005). Uit Figuur 4.2 blijkt dat de werkelijke bemesting hoger is dan het landbouwkundig advies voor de teelt van maïs in wisselbouw. Vooral bij eerstejaars maïs is de werkelijke bemesting een stuk hoger dan het advies. In de uitvoering van de teelt van maïs wordt te weinig rekening gehouden met nalevering van mineralen door het onderploegen van graszoden. Een andere oorzaak van de hoge nitraatconcentraties in maïs is dat in de praktijk het vanggewas bemest wordt en voordat het wordt ondergeploegd eerst nog wordt beweid dan wel geoogst. Uit onderzoek in Koeien & Kansen blijkt dat bemesting van het vanggewas leidt tot 25-30 mg meer nitraatuitspoeling (Oenema *et al.*, 2008).

Tabel 4.4 Vergelijking van de in de periode 2004 - 2007 gerealiseerde N-aanvoer¹, het N-overschot en de nitraatconcentratie per gewas en bodemtype met de aannames die bij de derogatie zijn verondersteld (Tabel 1.1). Het verschil is uitgedrukt als het percentage afwijking t.o.v. de aanname. n is het aantal percelen in dit cluster

Gewas/Bodemtype	n	N-aanvoer (kg N-totaal/ha)			N-overschot (kg N/ha)			Nitraatconcentratie (mg nitraat/l)		
		Aanname	Realisatie	Verschild %	Aanname	Realisatie	Verschild %	EU-norm	Realisatie	Verschild %
Gras										
Klei	24	561	467	-17	240	135	-44	50	1 ²	-98
Löss	8	408	434	6	88	111	27	50	16	-69
Veen	9	427	398	-7	300	25	-92	50	1 ²	-98
Droog zand	14	408	394	-4	88	131	49	50	30	-40
Nat zand	28	449	431	-4	130	95	-27	50	62	25
Mais										
Löss	7	190	178	-6	51	61	20	50	82	64
Droog zand	3	190	177	-7	51	72	42	50	125	150
Nat zand	25	231	165	-29	85	69	-19	50	118	136

¹ De N-aanvoer bestaat uit dierlijke mest inclusief ammoniakverliezen tijdens uitrijden en bewerking, en kunstmest

² De nitraatconcentratie bij de referentiepercelen op klei- en veengrond is alleen gemeten in het eerste meetseizoen (2004-2005)

Tabel 4.5 Het gerealiseerde N-overschot, het gecorrigeerde neerslagoverschot (zie tekst voor uitleg) en de werkelijke uitspoelfracties berekend uit het gerealiseerde N-overschot, het gecorrigeerde neerslagoverschot en de gemeten nitraatconcentratie (zie Tabel 4.4) voor de verschillende zand- en lössclusters

Gewas/Bodemtype	N-overschot (kg N/ha)							Neerslagoverschot (mm)							Uitspoelfractie (kg/kg)			
	2004	2005	2006	2007	2004	2005	2006	2007	2004	2005	2006	2007	Aanname	2004	2005	2006	2007	gem.
Gras																		
Löss	101	101	61	160	424	135	321	366	0.38	0.15	0.17	0.03	0.38	0.06	0.17	0.03	0.10	
Droog zand	196	111	132	128	248	236	293	206	0.38	0.09	0.12	0.08	0.38	0.17	0.12	0.08	0.11	
Nat zand	71	105	116	69	284	93	235	216	0.25	0.37	0.32	0.39	0.25	0.12	0.32	0.39	0.30	
Mais																		
Löss	74	60	25	66	541	172	351	400	0.73	0.86	2.48	1.03	0.73	0.47	2.48	1.03	1.21	
Droog zand	72				330				0.73	0.91			0.73	0.91			0.91	
Nat zand	52	101	69	41	363	148	344	274	0.48	1.21	1.48	1.98	0.48	0.28	1.48	1.98	1.24	

5 Conclusies en aanbevelingen

5.1 Conclusies

Per onderzoeksvraag worden de conclusies besproken.

Leidt strikte toepassing van de gebruiksnormen 2009 op perceelsniveau tot in de wet aangenomen benutting van meststoffen (gewasopbrengsten)?

De referentiepercelen op grasland zijn iets lager bemest dan het maximum van de gebruiksnorm in 2009 toestaat (Figuur 4.1). De verschillen tussen de individuele percelen zijn groot, maar op clusterniveau zijn de verschillen kleiner. De gewasopbrengsten op clusterniveau zijn bij grasland in de meeste gevallen hoger dan de aangenomen opbrengsten (Figuur 4.5). Alleen bij droog zand is de opbrengst iets lager dan de aanname. De benutting van meststoffen op grasland (Tabel 4.3) is iets hoger dan volgens de aanname. Er zijn enkele uitzonderingen; die zijn te verklaren door weer (neerslag, temperatuur) en beheer (herinzaai, wisselbouw).

De referentiepercelen met maïs zijn iets onder de gebruiksnorm bemest maar boven het landbouwkundige advies (Figuur 4.2). De variatie tussen percelen is erg groot. Op eerstejaars en tweedejaars maïspercelen wordt in de bemesting nauwelijks rekening gehouden met nalevering van mineralen uit ondergeploegde graszoden. Daarnaast wordt in de meeste gevallen het vanggewas bemest. Echter voordat het vanggewas wordt ondergeploegd wordt het vaak eerst beweid dan wel geoogst. Uiteindelijk zijn de gewasopbrengsten (Figuur 4.5) iets hoger dan de aannames. De benutting van meststoffen (Tabel 4.3) op maïs is gemiddeld bij nat zand hoger dan de aanname en bij droog zand en löss lager dan de aanname.

Hoeveel minerale stikstof blijft in de bodem in het najaar achter?

De hoeveelheid minerale stikstof op grasland in het najaar in de laag 0-90 cm-mv is het hoogst op veengrond (± 130 kg N/ha) en het laagst op kleigrond (± 35 kg N/ha) (zie Oenema *et al.*, 2007, Figuur 4.5 en 4.6). Op nat zand wordt meer N in de bodem aangetroffen dan op droog zand en lössgrond (Figuur 4.7). Bij dezelfde bodemtypen zijn op maïsland de hoeveelheden minerale stikstof in de bodem in het najaar hoger dan op grasland. Vooral bij maïspercelen, waarbij enkele jaren oud grasland voorafgaand aan de teelt van maïs is ondergeploegd, kan de hoeveelheid N_{\min} in de laag 0-90 cm-mv zeer hoog zijn (100 - 140 kg N/ha). Op grasland is relatief gezien de meeste N_{\min} aanwezig in de laag 0-30 cm-mv. Ook op maïsland bevat de laag 0-30 cm-mv de meeste N_{\min} , wel is het relatieve aandeel van deze laag aan de totale hoeveelheid lager.

Wat is het lot van N in de bodem? Welk deel komt in het grondwater terecht?

Van de voorraad minerale stikstof in de bodem komt bij grasland op klei- en veengrond volgens de metingen uit Oenema *et al.* (2007) bijna niets in het grondwater terecht. Onder grasland is de werkelijke uitspoelfractie volgens Tabel 4.5 bij droog zand en lössgrond gemiddeld lager en bij nat zand gemiddeld hoger dan de aanname. De werkelijke uitspoelfractie varieert tussen 0.11 (löss en droog zand) en 0.30 (nat zand). Tussen de jaren onderling is de variatie redelijk groot. Gemiddeld is de uitspoelfractie bij maïsland op löss hoger dan de aanname (respectievelijk 1.21 en 0.73), maar de variatie tussen de jaren is vrij groot. Van maïsland op droog zand zijn van één jaar resultaten bekend, welke aangeven dat de gerealiseerde uitspoelfractie (0.91) de aanname (0.73) overschrijdt. Ook de gerealiseerde uitspoelfractie van maïsland op nat zand overschrijdt gemiddeld de aanname, maar de verschillen tussen de jaren zijn erg groot (tussen 0.28 en 1.98). De uitspoelfracties zijn bij grasland lager dan bij maïsland. Met andere woorden: in een evenwichtssituatie is het aandeel denitrificatie aan de totale N-verliezen bij grasland relatief groter dan bij maïsland.

Wat is de invloed van waterhuishouding, grondgebruik, bemesting en graslandgebruik op de nitraatconcentraties in het bovenste grondwater?

De meteorologische omstandigheden en (de hydrologische omstandigheden in) de bodem hebben duidelijk invloed op de nitraatconcentraties in het grondwater. Op klei- en veengrond is weinig risico op het overschrijden van de EU-norm in het grondwater. Op zandgrond is dit risico het grootst. De teelt van maïs is veel gevoeliger voor uitspoeling dan de teelt van gras, ondanks het eventueel toepassen van een vanggewas bij maïs. Met name bij eerste- en tweedejaars maïs zijn de risico's op nitraatuitspoeling groot. In de uitvoering van de teelt van maïs wordt te weinig rekening gehouden met nalevering van mineralen door het onderploegen van graszoden.

Aan de norm voor de nitraatconcentratie in het bovenste grondwater kan op basis van de resultaten uit dit onderzoek worden voldaan bij grasland op löss en droog zand. De lage nitraatconcentraties op droog zand wordt mede veroorzaakt door een geringe beweiding. De nitraatconcentratie onder grasland op nat zand voldoet gemiddeld niet aan de norm, maar lijkt wel een dalende trend te hebben ingezet. Het maakt uit in welke vorm dierlijke mest wordt toegediend. Dierlijke mest in de vorm van weidemest verhoogt het risico op

nitraatuitspoeling meer dan in de vorm van drijfmest. Ter verduidelijking: in dit onderzoek is de nitraatconcentratie bepaald in grondwater of bodemvocht. De EU-norm van 50 mg/l nitraat geldt voor grondwater. Onze resultaten hebben hier dus een indicatief karakter.

Bij maïsland wordt de norm voor de nitraatconcentratie in het bovenste grondwater in dit onderzoek niet gerealiseerd. Naast de hierboven genoemde risicofactoren bij eerste- en tweedejaars maïs is een andere risicofactor bij de teelt van maïs het bemesten van het vanggewas.

5.2 Aanbevelingen

Teelt van maïs in de praktijk

Uit de resultaten komt naar voren dat in de praktijk bij het bemesten van vooral eerstejaars en tweedejaars maïs onvoldoende rekening wordt gehouden met nalevering van mineralen uit ondergeploegde graszoden. Voor de landbouwvoorlichting en andere communicatiekanalen ligt er op dit gebied nog een taak om de praktijk te overtuigen dat op dit gebied nog veel winst te behalen is.

Daarnaast lijkt het omgaan met het vanggewas in de praktijk af te wijken van de inzichten bij de onderbouwing van de gebruiksnormen. In de onderbouwing wordt het vanggewas niet bemest en volledig ondergeploegd. In de praktijk wordt het vanggewas wel bemest maar ook geoogst (weiden/maaïen). De regelgeving vermeldt hierover niets. Uit dit onderzoek blijkt dat de nitraatconcentraties onder maïs de norm van 50 mg/l overschrijden. De landbouwvoorlichting kan een belangrijke rol spelen door de boeren te wijzen op de risico's van het bemesten van vanggewassen voor het milieu. De mest, die toegediend wordt aan het vanggewas kan waarschijnlijk beter elders in het bedrijf benut worden.

Verder is het zinvol om de teelt van maïs eens goed onder de loep te nemen en te onderzoeken wat de mogelijkheden zijn om toch binnen de normen te blijven. Daarbij kan gedacht worden aan hoe om te gaan met een vanggewas (soort vanggewas, tijdstip van zaaien) en het toedienen van dierlijke mest in de rij voor een betere en efficiëntere opname door het gewas.

Normen voor grasland op nat en droog zand

De resultaten geven aan dat bij grasland op nat zand de nitraatconcentratie in het grondwater hoger is dan bij grasland op droog zand. Dit lijkt in tegenspraak te zijn met wat er altijd beweerd wordt (droge zandgronden zijn het meest uitspoelinggevoelig). Een oorzaak wordt gevonden in de beweiding. Daarnaast moet gerealiseerd worden dat alle waarnemingen van het cluster grasland op droog zand afkomstig zijn van één bedrijf. In de gebruiksnorm is geen verschil aangebracht tussen droog en nat zand. Om te beoordelen of dit terecht is, is het wenselijk om meer onderzoek te doen naar verschillen in de hydrologie en andere kenmerken zoals organische stof, leemgehalten, diepte van organische stof, enzovoort.

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.
- Anonymous, 2002.
Adviesbasis bemesting grasland en voedergewassen. Commissie Bemesting Grasland en Voedergewassen. PraktijkBoek 22, Praktijkonderzoek Veehouderij.
- Anonymous, 2008.
Ontwerp-wijziging Uitvoeringsregeling Meststoffenwet. Brief van de minister van LNV aan de voorzitter van de Tweede Kamer, TRJZ/2008/2152, 29 juli.
- Aarts, H.F.M., D.W. Bussink, I.E. Hoving, H.G. van der Meer, R.L.M. Schils & G.L. Velthof, 2002.
Milieutechnische en landbouwkundige effecten van graslandvernieuwing. Een verkenning aan de hand van praktijksituaties. Rapport 41A, Plant Research International, Wageningen.
- Assinck, F.B.T., T. van Steenberg, F. Brouwer & G.L. Velthof, 2005.
De bodemgesteldheid van de referentiepercelen. Resultaten van veld- en laboratoriumonderzoek. Koeien & Kansen-rapport 31, Animal Sciences Group, Lelystad.
- Dijk, W. van & J.J. Schröder, 1997.
Adviezen voor stikstofgebruiksnormen voor akker- en tuinbouwgewassen op zand- en lössgrond bij verschillende uitgangspunten. Rapport 371, Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, Lelystad.
- Fraters, B., L.J.M. Boumans, T.C. van Leeuwen & J.W. Reijs, 2007.
De uitspoeling van het stikstofoverschot naar grond- en oppervlaktewater op landbouwbedrijven. RIVM rapport 680716002, Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Bilthoven.
- Heijboer, D. & J. Nellestijn, 2002.
Klimaatatlas van Nederland. De normaalperiode 1971-2000. Elmar, Rijswijk.
- KNMI, 2006, 2007 & 2008.
Maandoverzicht neerslag en verdamping in Nederland. Jaargang 75, 76 en 77, Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut, De Bilt.
- Oenema, J., F.B.T. Assinck, J. Verloop, G.L. Velthof & H.F.M. Aarts.
Gebruiksnormen van meststoffen in de praktijk, getoetst in 2004 en 2005. Rapport nr. 134, Plant Research International, Wageningen, 78 pp.
- Oenema, J., S.L.G.E. Burgers, A. Hooyboer & H.F.M. ten Berge, 2008.
Sturen op nitraat: waar zitten de knoppen. V-focus. December. pp. 30-31.
- 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.
- Schröder, J.J., H.F.M. Aarts, J.C. van Middelkoop, G.L. Velthof, J.W. Reijs & B. Fraters, 2009.
Nitrates directive requires limited inputs of manure and mineral fertilizer in dairy farming systems. Report 222, Plant Research International, Wageningen.
- Smits, M.C.J., Monteny, G.J., Oenema, J., Aarts, H.F.M. 2000.
Monitoring ammonia emissions on dairy farms in the framework of Dutch nutriënt policy. In: K. Amaha & K. Ichito (Eds), Proceedings of the 2nd Dutch-Japanese Workshop on Precision Dairy Farming. Nishinasuno, Japan, pp. 81-89.

Velthof, G.L. & B. Fraters, 2007.

Nitraatuitspoeling in duinzand en lössgrond. Rapport 54, Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu, Wageningen.

Verloop, J.J., Boumans, L.J.M., Van Keulen, H., Oenema, J., Hilhorst, G.J., Aarts, H.F.M., 2006.

Reducing nitrate leaching to groundwater in an intensive dairy farming system. Nutr. Cycling Agroecosyst 74: 59-74.

Wiegers, H.J.J., 2006. Bepaling van het nitraatgehalte in bodemvocht van veldvochtige grond.

Standaardwerkvoorschrift, Alterra, Wageningen.

www.hetInVloket.nl, 2006.

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

Bijlage I Bemesting en opbrengsten van de referentiepercelen 2006 en 2007**Tabel I.1** De bemesting, het gebruik en de opbrengsten van de referentiepercelen met grasland in 2006. Dm is dierlijke mest, km is kunstmest, ds is droge stof

Bedrijf	Perceel	Maalfreq.	Bemesting		Opbrengsten (kg ds/ha)		Totaal	
			Drijfmest (m ³ /ha)	N-dm ¹ (kg/ha)	N-km (kg/ha)	Maaien		Weiden
Hoefmans	120	5	42	167	147	9121	0	9121
	140	5	60	237	146	8941	0	8941
	150	5	60	237	146	8941	0	8941
	160	5	60	237	146	8941	0	8941
	55	4	49	194	159	7681	1750	9431
Pijnenborg - van Kempen	80	5	48	189	146	9481	1000	10481
	11	3	45	176	72	5300	1702	7002
	12	3	30	117	123	7300	2642	9942
Schepens	2	2	40	156	24	3600	1550	5150
	12	3	51	257	181	7965	4003	11968
	1	3	50	252	177	4815	3250	8065
	7B	3	49	246	155	6773	3505	10278
Van Hoven	2	2	20	78	101	2300	7451	9751
	24	5	55	215	122	10600	0	10600
Sikkenga - Bleker	J2	2	25	92	216	4770	3700	8470
	J4	4	50	206	189	9630	0	9630
	O11	5	40	175	223	8910	1300	10210
	10	5	70	294	178	10800	0	10800
Van Wijk	8	4	70	294	178	9450	687	10137
	9	5	70	294	178	10800	0	10800
De Vries	11	4	44	182	101	5591	3665	9256
	28	4	31	132	73	6131	1915	8046
	4	3	46	174	137	5051	6365	11416
Gem K&K			48	200	144	7517	1934	9451

¹ Inclusief ammoniakverliezen tijdens uitrijden

Tabel I.2 De bemesting, het gebruik en de opbrengsten van de referentiepercelen met grasland in 2007.

Bedrijf	Perceel	Maaifreq.	Bemesting		Opbrengsten (kg ds/ha)		Totaal
			Drijfmest (m ³ /ha)	N-dm ¹ (kg/ha)	Maaien	Weiden	
Hoefmans	120	2	70	283	5940	3700	9640
	140	5	73	295	12015	0	12015
Pijnenborg - Van Kempen	150	5	73	295	12015	0	12015
	160	5	73	295	12015	0	12015
Schepens	55	5	45	182	12240	500	12740
	80	4	68	275	9540	3450	12990
Van Hoven	11	3	65	258	8925	4480	13405
	12	3	45	179	8925	5785	14710
Sikkenga - Bleker	2	3	37	146	8925	2505	11430
	24	4	50	235	8370	5152	13522
Van Wijk	7B	4	44	207	11205	4090	15295
	2	1	20	81	2550	6672	9222
Gem K&K	24	5	72	293	10710	0	10710
	J2	2	62	233	4950	1500	6450
Van Wijk	J4	3	77	287	7110	3200	10310
	O11	3	77	273	6525	2250	8775
Gem K&K	10	5	69	269	12208	1500	13708
	8	5	69	269	12208	450	12658
Gem K&K	9	5	69	269	12208	1500	13708
			61	243	9399	2460	11859

¹ Inclusief ammoniakverliezen tijdens uitrijden
 Dm is dierlijke mest, km is kunstmest, ds is droge stof

Tabel I.3 De bemesting en de opbrengsten van mais en het vanggewas in 2006 op de referentiepercelen

Bedrijf	Perceel	Grondsoort	Vanggewas				Mais					
			Gewas	Eerste tijdstip bemesten	m ³ /ha mest	N-km (kg/ha)	Opbrengst (ds/ha)	Gewasfase (jaren)	m ³ /ha mest	N-km (kg/ha)	Opbrengst (ds/ha)	
Hoefmans	20	zand	Italiaans raaigras		0	0	0	0	2	44	38	14000
	25	zand	Italiaans raaigras		0	0	0	0	2	44	38	14000
Van Laarhoven	22	zand	Italiaans raaigras	7-Feb	22	32	2700	14	14	25	27	14553
	20+21	zand	Italiaans raaigras	7-Feb	22	32	2700	14	14	25	27	14553
Pijnenborg - van Kempen	29	zand	BG3		0	0	0	9	9	45	20	12360
	31	zand	BG3		0	0	0	9	9	45	20	12360
Van Hoven	25	löss	-		0	0	0	7	7	40	30	14000
Gem K&K					6	9	771			38	28	13689

Tabel I.4 De bemesting en de opbrengsten van mais en het vanggewas in 2007 op de referentiepercelen

Bedrijf	Perceel	Grondsoort	Vanggewas				Mais					
			Gewas	Eerste tijdstip bemesten	m ³ /ha mest	N-km (kg/ha)	Opbrengst (ds/ha)	Gewasfase (jaren)	m ³ /ha mest	N-km (kg/ha)	Opbrengst (ds/ha)	
Hoefmans	20	zand	Italiaans raaigras		0	0	1000	3	3	30	32	13000
	25	zand	Italiaans raaigras		0	0	1000	3	3	30	32	13000
Van Laarhoven	22	zand	Italiaans raaigras	29-Mar	25	43	3500	15	15	24	41	12000
	20+21	zand	Italiaans raaigras	29-Mar	13	25	3500	15	15	24	41	12000
Pijnenborg - van Kempen	31	zand	Bladrogge 1/2 + Italiaans raaigras 1/2	28-Mar	0	48	5500	10	10	45	26	16682
	1	zand	-		0	0	0	1	1	0	0	15766
Van Hoven	18	löss	-		0	0	0	17	17	45	41	15425
	25	löss	-		0	0	0	8	8	45	41	15425
Gem K&K					5	14	1813			30	32	14162

Bijlage II Perceelsbalansen van de referentiepercelen in 2006 en 2007**Tabel II.1** De stikstofbalans op grasland (kg N/ha) in 2006 van de referentiepercelen

Bedrijf	Hoefmans					Pijnenborg - van Kempen					Schepens			
	120	140	150	160	160	55	80	11	12	12	2	12	1	7B
Aanvoer														
- kunstmest	147	146	146	146	146	159	146	72	123	24	181	177	155	
- drijfmest ¹	157	222	222	222	177	182	177	162	108	144	237	232	227	
- weidemest ¹	0	0	0	0	9	14	9	36	49	35	66	70	79	
- klaver	49	41	0	0	49	49	0	0	0	0	0	0	17	
- depositie	46	46	46	46	46	46	46	59	59	59	58	58	58	
Totaal	398	454	414	414	378	450	378	329	339	261	542	537	536	
Afvoer														
- maaien	301	284	280	287	320	260	320	163	215	132	272	174	203	
- weiden	0	0	0	0	40	58	40	66	98	56	144	115	132	
Totaal	301	284	280	287	359	318	359	229	313	188	416	288	334	
N-overschot	96	170	134	127	18	132	18	100	25	73	126	249	202	

¹ Exclusief berekende ammoniakverliezen, afhankelijk van grondsoort, hoogte van gift en methode van toediening (Smits et al., 2000)

Tabel II.1 (vervolg) De stikstofbalans op grasland (kg N/ha) in 2006 van de referentiepercelen

Bedrijf	Van Hoven			Sikkenga - Bleker				Van Wijk			De Vries		
	2	24	J2	J4	O11	10	8	9	11	28	4		
Aanvoer													
- kunstmest	101	122	216	189	223	178	178	178	101	73	137		
- drijfmest ¹	70	192	84	187	159	252	252	252	152	111	145		
- weidemest ¹	199	0	64	0	17	0	12	0	44	25	111		
- klaver	0	0	10	10	10	0	0	0	0	0	0		
- depositie	39	39	34	34	34	53	53	53	29	29	29		
Totaal	409	353	408	420	443	483	495	483	326	238	422		
Afvoer													
- maaien	69	285	142	267	253	361	316	359	182	167	182		
- weiden	285	0	128	0	54	0	29	0	127	71	230		
Totaal	354	285	270	267	307	361	345	359	309	237	412		
N-overschot	55	68	137	153	136	122	150	124	17	1	9		

¹ Exclusief berekende ammoniakverliezen, afhankelijk van grondsoort, hoogte van gift en methode van toediening (Smits *et al.*, 2000)

Tabel II.2 De stikstofbalans op grasland (kg N/ha) in 2007 van de referentiepercelen

Bedrijf	Hoefmans					Pijnenborg - van Kempen					Schepens	
	120	140	150	160	55	80	11	12	2	12	7B	
Aanvoer												
- kunstmest	133	133	133	133	141	117	229	196	199	147	147	
- drijfmest ¹	265	276	276	276	170	257	238	165	134	217	191	
- weidemest ¹	58	0	0	0	8	120	92	117	53	92	66	
- klaver	51	38	0	0	51	0	0	0	0	20	14	
- depositie	46	46	46	46	46	46	59	59	59	58	58	
Totaal	552	493	455	455	415	540	617	537	444	534	476	
Afvoer												
- maaien	167	377	377	401	399	321	238	231	233	362	399	
- weiden	122	0	0	0	16	113	142	196	81	192	159	
Totaal	289	377	377	401	415	435	379	426	313	553	558	
N-overschot	263	116	77	54	0	106	238	110	131	-20	-82	

¹ Exclusief berekende ammoniakverliezen, afhankelijk van grondsoort, hoogte van gift en methode van toediening (Smits *et al.*, 2000)

Tabel II.2 (vervolg) De stikstofbalans op grasland (kg N/ha) in 2007 van de referentiepercelen

Bedrijf	Van Hoven			Sikkenga - Bleker				Van Wijk		
	2	24	J2	J4	O11	10	8	9		
Aanvoer										
- kunstmest	122	194	130	130	130	201	201	201	201	201
- drijfmest ¹	73	263	212	261	248	231	231	231	231	231
- weidemest ¹	210	0	18	64	32	34	14	34	34	34
- klaver	0	0	10	10	10	0	0	0	0	0
- depositie	39	39	34	34	34	53	53	53	53	53
Totaal	443	496	404	499	454	518	498	518	518	518
Afvoer										
- maaien	77	321	136	209	165	352	349	340	340	340
- weiden	221	0	45	83	65	49	15	49	49	49
Totaal	298	321	181	292	230	402	364	389	389	389
N-overschot	145	175	222	206	224	117	134	129	129	129

¹ Exclusief berekende ammoniakverliezen, afhankelijk van grondsoort, hoogte van gift en methode van toediening (Smits et al., 2000)

Tabel II.3 De stikstofbalans op maisland (kg N/ha) in 2006 van de referentiepercelen

Bedrijf	Hoefmans		Van Laarhoven		Pijnenborg - van Kempen		Van Hoven
	20	25	20+21	22	29	31	
Aanvoer							
- kunstmest	38	38	59	44	20	20	30
- drijfmest ¹	163	163	156	156	162	162	140
- weidemest ¹	0	0	0	0	0	0	0
- klaver	0	0	0	0	0	0	0
- depositie	46	46	46	46	59	59	39
Totaal	246	246	261	246	241	241	209
Afvoer							
- maïs	158	158	164	164	156	156	184
- vanggewas	0	0	54	54	0	0	0
Totaal	158	158	218	218	156	156	184
N-overschot	88	88	43	28	84	84	25

¹ Exclusief berekende ammoniakverliezen, afhankelijk van grondsoort, hoogte van gift en methode van toediening (Smits *et al.*, 2000)

Tabel II.4 De stikstofbalans op maisland (kg N/ha) in 2007 van de referentiepercelen

Bedrijf	Hoefmans		Van Laarhoven		Pijnenborg - van Kempen		Schepens		Van Hoven	
	20	25	20+21	22	31	31	1	18	25	
Aanvoer										
- kunstmest	32	32	65	83	74	74	0	41	41	
- drijfmest ¹	113	113	144	191	165	165	0	164	164	
- weidemest ¹	64	64	0	0	0	0	0	0	0	
- klaver	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
- depositie	46	46	46	46	59	59	58	39	39	
Totaal	256	256	255	321	297	297	58	244	244	
Afvoer										
- maïs	148	148	120	120	184	184	187	177	177	
- vanggewas	20	20	70	70	110	110	0	0	0	
Totaal	168	168	190	190	294	294	187	177	177	
N-overschot	88	88	65	131	3	3	-129	66	66	

¹ Exclusief berekende ammoniakverliezen, afhankelijk van grondsoort, hoogte van gift en methode van toediening (Smits *et al.*, 2000)

Bijlage III N_{min}-gehalten in de bodem

In deze bijlage is voor elk perceel en elke bemonstering de hoeveelheid N_{min} weergegeven in de lagen 0-30, 30-60 en 60-90 cm-mv (in kg N/ha). Ook is de totale hoeveelheid N_{min} in de laag 0-90 cm-mv weergegeven. Het is mogelijk dat deze totale hoeveelheid door afronding niet gelijk is aan de som van de individuele lagen. In Tabel III.1 staan de resultaten, horende bij respectievelijk meetseizoenen 2006-2007 en 2007-2008.

Tabel III.1 N_{min}-gehalten per perceel en laag voor meetseizoenen 2006-2007 en 2007-2008 (in kg N/ha)

N _{min} (kg N/ha)	Perceel	okt-nov 2006				okt-nov 2007				
		00-30	30-60	60-90	Totaal	00-30	30-60	60-90	Totaal	
Bedrijf	Hoefmans	20	54	44	49	147	33	54	58	145
		25	54	44	49	147	33	54	58	145
		55	31	13	26	69	30	13	16	59
		80	36	17	31	84	45	12	13	70
		120	24	4	7	35	30	5	3	37
		140	16	3	5	24	34	4	4	42
		150	19	6	3	28	18	9	7	34
		160	35	7	5	48	27	7	8	42
Pijnenborg-Van Kempen	2	97	46	7	150	74	72	38	184	
	11	46	12	11	68	41	15	23	79	
	12	52	5	9	66	48	25	19	92	
	29	81	25	28	134					
	31	57	11	17	84	96	34	12	142	
Schepens	1AB	29	26	21	76	44	37	41	123	
	7B	27	10	9	46	31	6	10	46	
	12	111	12	20	143	63	22	15	100	
Van Laarhoven	20+21	21	19	10	50	46	40	34	119	
	22	33	13	13	58	31	36	37	104	
Van Hoven	2	89	82	24	196	39	10	6	54	
	18					44	60	29	133	
	24	24	6	5	34	20	4	3	26	
	25	45	27	8	80	34	55	53	142	

Bij het berekenen van de N_{min}-gehalten in kg N/ha zijn dezelfde droge bulkdichtheden gebruikt als door Oenema *et al.* (2007). De droge bulkdichtheden voor zand en löss zijn in Tabel III.2 weergegeven.

Tabel III.2 Droge bulkdichtheden (in kg/m³) voor de diverse lagen (in cm-mv). Bij zand hangt de droge bulkdichtheid van de bouwvoor af van het gebruik, bij löss niet

Bodemsoort (gebruik)	00-30	30-60	60-90
Zand (gras)	1500	1600	1600
Zand (maïs)	1300	1600	1600
Löss	1400	1400	1400

Bijlage IV Nitraatconcentraties in grondwater

In meetseizoen 2006-2007 en 2007-2008 zijn op 12 plekken per perceel grondwater- of bodemvochtmonsters genomen bij de referentiepercelen op zand- en lössgrond. De grondwatermonsters zijn per drie gemengd en vervolgens geanalyseerd op onder andere het nitraatgehalte. De bodemvochtmonsters zijn elk apart ter analyse aangeboden omdat deze monsters niet goed gemengd kunnen worden. Per perceel zijn dus minimaal 4 (grondwater-) en maximaal 12 (bodemvocht)monsters dan wel analyseresultaten beschikbaar. Op basis van deze analyseresultaten zijn per perceel diverse statistische kengetallen bepaald, onder andere:

- de mediaan: de middelste waarde, oftewel 50% van de meetwaarden ligt onder deze waarde en 50% ligt er boven;
- het gemiddelde;
- de standaardafwijking: dit is een maat voor de spreiding rond het gemiddelde;
- het maximum;
- het minimum.

In de Tabellen IV.1 en IV.2 zijn deze kengetallen per perceel voor de nitraatconcentratie weergegeven voor respectievelijk meetseizoen 2006-2007 en 2007-2008.

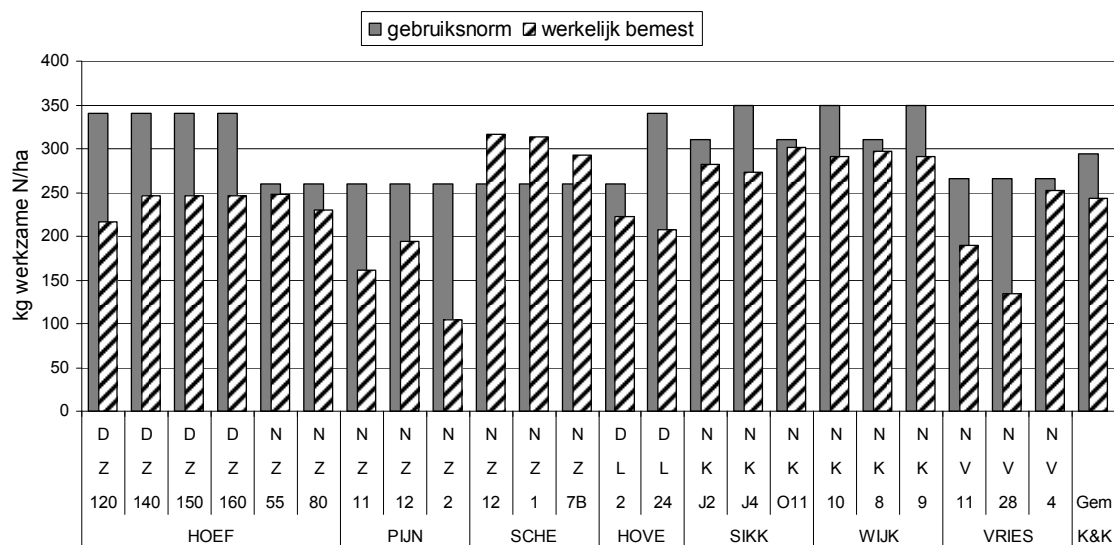
Tabel IV.1 Nitraatconcentratie-kengetallen per perceel voor meetseizoen 2006-2007

NO ₃ -concentratie (mg/l)		Aantal monsters	Mediaan mg/l	Gemiddelde mg/l	Standaardafwijking mg/l	Maximum mg/l	Minimum mg/l
Bedrijf	Perceel						
Hoefmans	20	12	176	188	87	336	85
	25	12	149	131	56	207	27
	55	12	72	96	75	281	34
	80	12	69	73	23	115	44
	120	12	30	40	21	93	21
	140	12	21	24	12	57	13
	150	12	21	22	8	39	14
	160	12	23	30	21	84	15
Pijnenborg-Van Kempen	2	4	5	5	2	6	3
	11	4	52	76	57	161	41
	12	4	46	44	22	69	15
	29	4	94	111	46	180	78
	31	4	44	48	12	65	39
Schepens	1AB	4	93	101	48	158	61
	7B	4	34	44	38	98	11
	12	4	194	201	68	289	125
Van Laarhoven	20+21	12	120	123	17	164	95
	22	12	113	119	28	169	73
Van Hoven	2	12	17	51	102	370	9
	24	12	10	17	25	93	4
	25	12	78	81	33	137	39

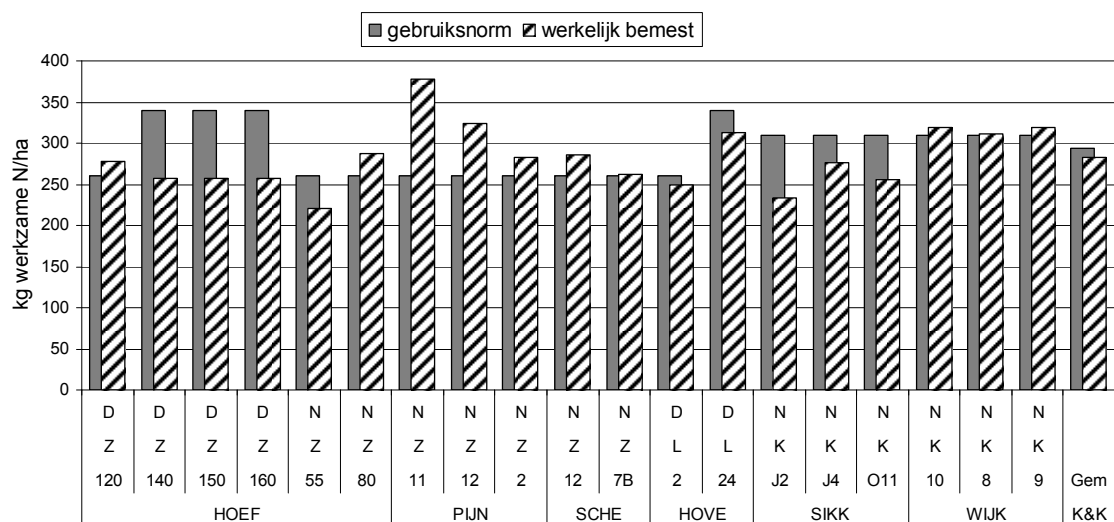
Tabel IV.2 Nitraatconcentratie-kengetallen per perceel voor meetseizoen 2007-2008

NO ₃ -concentratie (mg/l)		Aantal monsters	Mediaan mg/l	Gemiddelde mg/l	Standaard- afwijking mg/l	Maximum mg/l	Minimum mg/l
Bedrijf	Perceel						
Hoefmans	20	12	146	136	76	246	21
	25	12	148	162	38	238	118
	55	12	100	125	84	347	44
	80	12	70	73	23	127	38
	120	12	22	26	16	71	8
	140	12	21	26	13	48	10
	150	12	20	32	26	76	7
	160	12	20	31	26	91	10
Pijnenborg- Van Kempen	2	4	2	2	2	5	1
	11	4	23	38	37	92	14
	12	4	20	21	7	30	15
	31	4	54	61	22	93	45
Schepens	1AB	4	183	176	34	207	132
	7B	4	25	29	21	58	9
	12	4	144	143	38	179	105
Van Laarhoven	20+21	12	134	140	31	211	106
	22	12	126	131	22	173	107
Van Hoven	2	12	8	10	8	28	1
	18	12	61	64	19	97	38
	24	12	5	6	5	17	1
	25	12	92	106	45	195	60

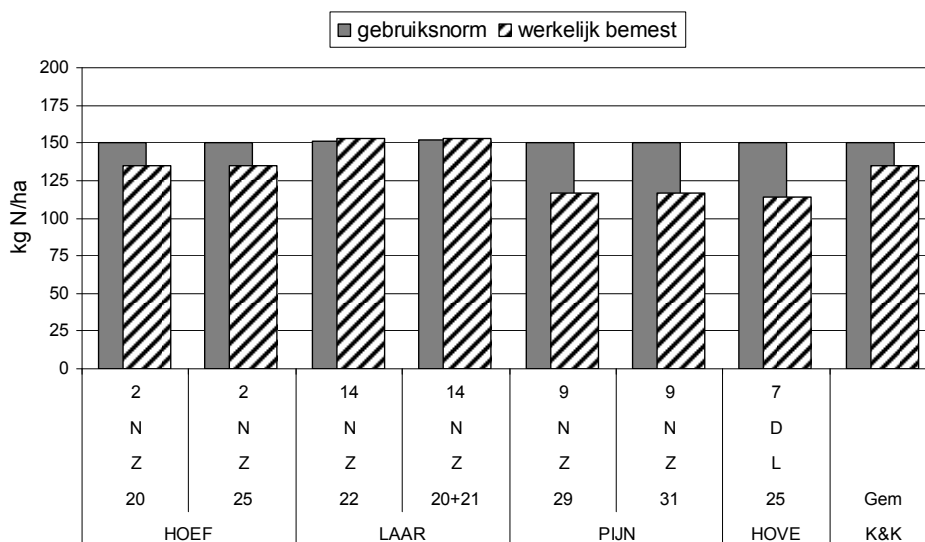
Bijlage V Gebruiksnorm en werkelijke bemesting referentiepercelen 2006 en 2007



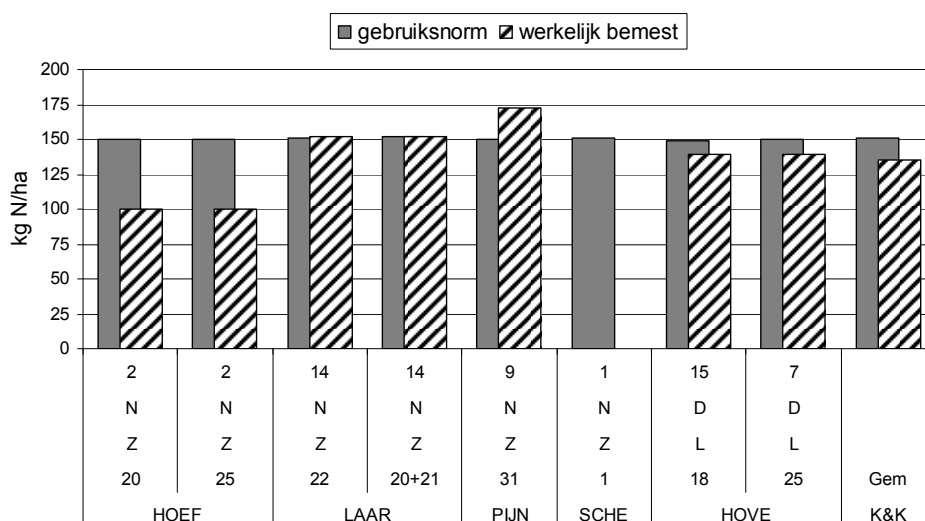
Figuur V.1 N-bemesting per referentieperceel op grasland in 2006. De legenda op de X-as geeft van boven naar beneden het volgende aan: Droog of Nat, bodemtype (Zand, Löss, Klei, Veen), perceelnummer en als laatste de code van het bedrijf



Figuur V.2 N-bemesting per referentieperceel op grasland in 2007. De legenda op de X-as geeft van boven naar beneden het volgende aan: Droog of Nat, bodemtype (Zand, Löss, Klei, Veen), perceelnummer en als laatste de code van het bedrijf

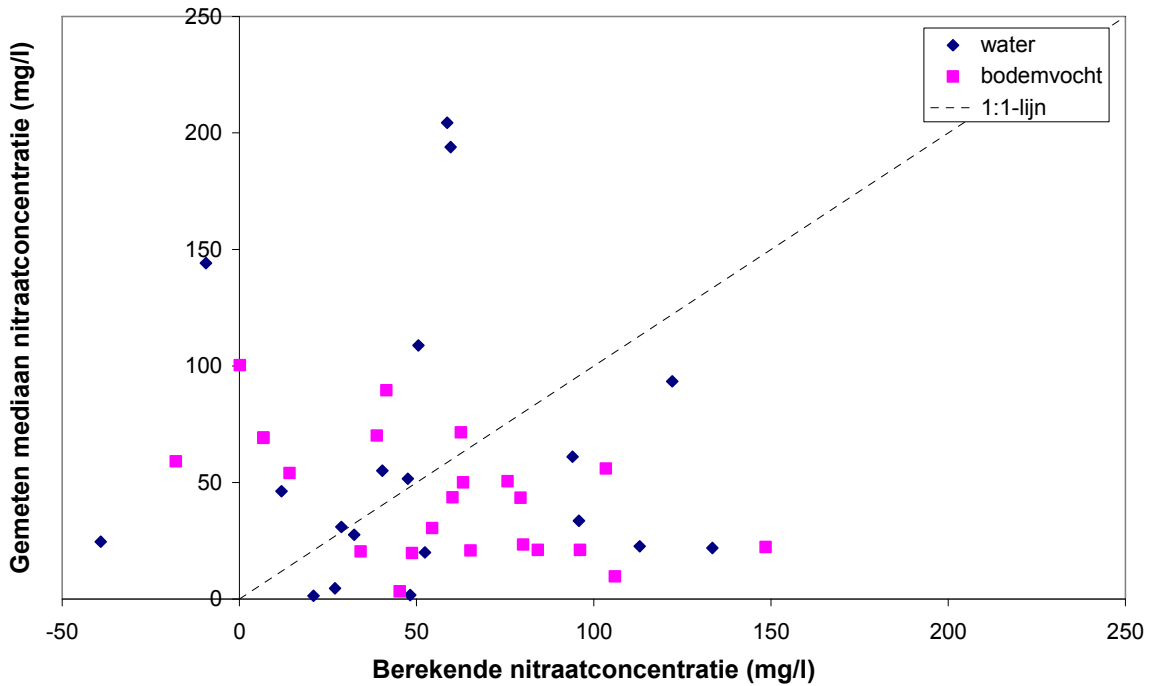


Figuur V.3 N-bemesting per referentieperceel op maïslaan in 2006. De legenda op de X-as geeft van boven naar beneden het volgende aan: aantal jaren aaneengesloten maïsteelt, **D**roog of **N**at, bodemtype (**Z**and, **L**öss), perceelnummer en als laatste de code van het bedrijf

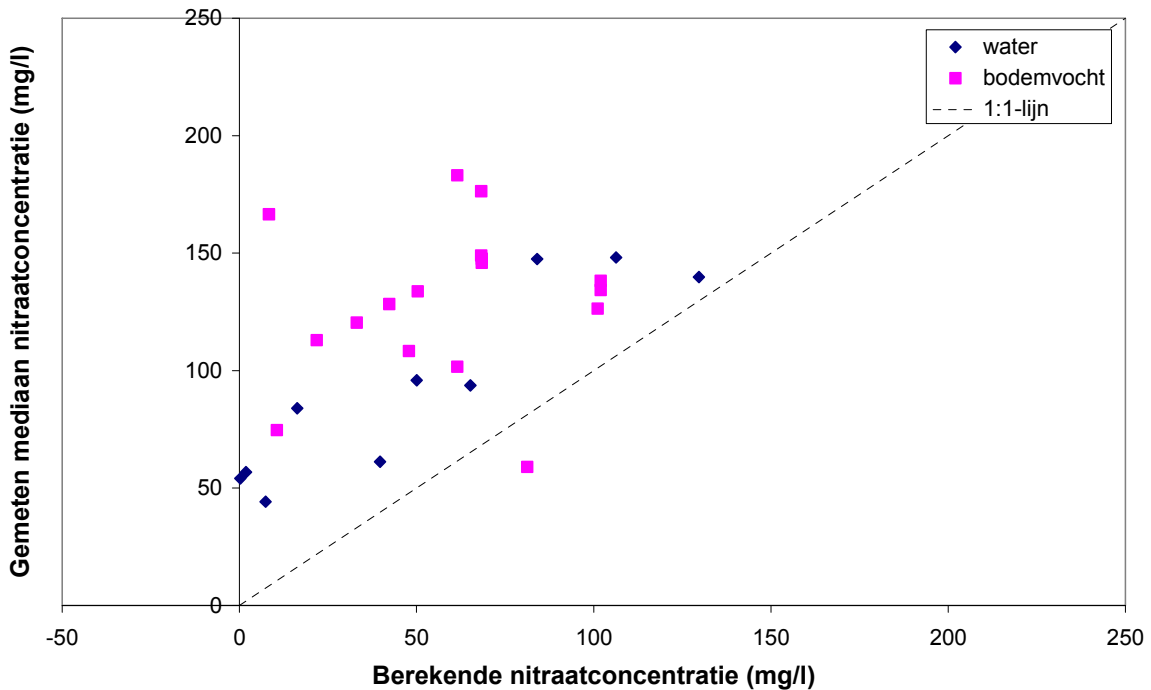


Figuur V.4 N-bemesting per referentieperceel op maïslaan in 2007. De legenda op de X-as geeft van boven naar beneden het volgende aan: aantal jaren aaneengesloten maïsteelt, **D**roog of **N**at, bodemtype (**Z**and, **L**öss), perceelnummer en als laatste de code van het bedrijf

Bijlage VI Grondwater of bodemvocht



Figuur VI.1 Berekende nitraatconcentratie ten opzichte van de gemeten mediaan nitraatconcentratie voor de graspercelen op zand en de vier meetseizoenen. Onderscheid is gemaakt tussen nitraatconcentraties, die gemeten zijn in bodemvocht en grondwater



Figuur VI.2 Berekende nitraatconcentratie ten opzichte van de gemeten mediaan nitraatconcentratie voor de maïspcelen op zand en de vier meetseizoenen. Onderscheid is gemaakt tussen nitraatconcentraties, die gemeten zijn in bodemvocht en grondwater

