



Gebruiksnormen van meststoffen in de praktijk, getoetst in 2004 en 2005



Maart 2007

Rapport nr. 38
Rapport Plant Research International nr. 134



Colofon

Uitgever

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

Redactie

Koeien & Kansen

Aansprakelijkheid

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

Bestellen

ISSN 0169-3689
Eerste druk 2007/oplage 80
Prijs € 25,-

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

'Koeien & Kansen'

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

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



Gebruiksnormen van meststoffen in de praktijk, getoetst in 2004 en 2005

Jouke Oenema¹, Falentijn Assinck², Koos Verloop¹,
Gerard Velthof² & Frans Aarts¹

¹ Plant Research International

² Alterra

Inhoudsopgave

	pagina
Samenvatting	1
1 Inleiding.....	7
1.1 Achtergrond	7
1.2 Doel van het onderzoek.....	10
1.3 Aanpak.....	11
2 Materiaal & Methoden	13
2.1 Keuze referentiepercelen.....	13
2.2 Behandeling	13
2.3 Bepalingen bemesting en opbrengst	14
2.4 Bepalingen bodem en weer	14
3 Resultaten	17
3.1 Neerslag, neerslagoverschot en grondwaterstand	17
3.2 Bemesting, gebruik en opbrengsten	19
3.3 Perceelsbalansen	21
3.4 N_{\min} -gehalten in de bodem.....	22
3.5 Nitraatconcentraties in grondwater	26
3.6 N_{ts} -concentraties in oppervlaktewater.....	28
4 Discussie en conclusies	29
4.1 Bemesting conform gebruiksnorm?	29
4.2 Verdeling van N over bodem en gewas.....	32
4.3 Minerale stikstof in najaar	34
4.4 Nitraatconcentratie in grondwater.....	36
4.5 Stikstof in oppervlaktewater	38
4.6 Lot van het N-overschot.....	39
4.7 Gebruiksnormen, onderbouwing en realisatie	41
4.8 Voorlopige conclusies.....	47
4.9 Aanbevelingen	48
Literatuur	49
Bijlage 0 Kenmerken per perceel	51
Bijlage I Bemonstering en laboratoriumanalyses	53
Bijlage II Bemonstering grondwater en bodemvocht.....	55
Bijlage III Bemesting en opbrengsten van de referentiepercelen	57
Bijlage IV Perceelsbalansen van de referentiepercelen in 2004 en 2005.....	61
Bijlage V N_{\min} -gehalten in de bodem.....	65
Bijlage VI Nitraatconcentraties in grondwater	69
Bijlage VII $N_{\text{totaal,opgelost}}$ in oppervlaktewater	73
Bijlage VIII Gebruiksnorm en werkelijke bemesting referentiepercelen.....	75
Bijlage IX Toelichting 'Mest-ABC'.....	77

Samenvatting

Doel

Het doel van dit onderzoek is het toetsen van de voor 2009 geldende gebruiksnormen voor meststoffen (dierlijke mest en kunstmest) in praktijksituaties. De gebruiksnormen voldoen in theorie 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 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?

Dit rapport doet verslag van de resultaten van de eerste 2 meetseizoenen. Het onderzoek wordt voortgezet.

Aanpak

Om een antwoord te krijgen op de onderzoeksvragen zijn op 7 'Koeien & Kansen' bedrijven en op proefbedrijf 'De Marke' referentiepercelen aangelegd. De referentiepercelen zijn zo gekozen dat de belangrijkste Nederlandse bodemtypen vertegenwoordigd zijn. Binnen bedrijven is gezocht naar percelen die representatief zijn voor het bedrijf. In 2004 betrof het 22 percelen grasland en 13 percelen maïs. In 2005 zijn 3 referentiepercelen met maïs overgegaan in gras en zijn er 4 nieuwe referentiepercelen maïs aan de lijst toegevoegd.

Op de percelen worden meststoffen aangevoerd volgens de gebruiksnormen. Met een derogatie mag maximaal 250 kg N/ha aan dierlijke mest op landbouwgronden worden toegepast (gebruiksnorm dierlijke mest). De hoeveelheid kunstmest is afhankelijk van gewas, grondsoort en wel of niet beweiden. De percelen op 'De Marke' zijn bemest volgens een afwijkende strategie, die neerkomt op minder bemesten dan de gebruiksnormen toelaten.

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

In meetseizoen 2004-2005 is de bodem van alle percelen vier keer bemonsterd en in meetseizoen 2005-2006 twee keer. Tijdens deze bemonsteringen zijn uit de lagen 0-30, 30-60 en 60-90 cm beneden maaiveld (cm-mv) monsters genomen. De monsters zijn geanalyseerd op het gehalte NO_3 , NH_4 (samen N_{min}) en het gehalte totaal opgelost N (N_{ts}).

In 2005 (maart – april) en in 2006 (juni - juli) is op 12 plekken per perceel het bovenste grondwater of het bodemvocht bemonsterd. Bij een grondwaterstand lager dan 150 cm-mv zijn bodemmonsters genomen. Hieruit is bodemvocht geëxtraheerd. Bij een grondwaterstand hoger dan 150 cm-mv zijn grondwatermonsters genomen. De bodemvocht- en watermonsters zijn geanalyseerd op NO_3 , NH_4 en N_{ts} .

Resultaten en analyse

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 (Schröder et al., 2005) is gemaakt.

Onderscheiden worden:

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

Gemiddeld is op de referentiepercelen grasland 312 kg N-totaal aan dierlijke mest toegediend (drijfmest én weidemest). Dit is ruim 60 kg N/ha boven de gebruiksnorm van dierlijke mest. Maar op maïs is gemiddeld 175 kg N-totaal aan dierlijke mest terecht gekomen, 75 kg N/ha minder dan de gebruiksnorm van dierlijke mest (met derogatie) toelaat. Met uitzondering van 'De Marke' zijn de referentiepercelen met gras in 2004 en 2005 conform de gebruiksnormen voor stikstof bemest (dierlijke mest én kunstmest). Daardoor zijn de referentiepercelen met gras met minder kunstmest bemest dan de maximale gebruiksruijme toestaat.

Maïs wordt zowel in continue-teelt als in wisselbouw geteeld. De gebruiksnormen houden daarmee geen rekening. De veehouder doet dat wel en daarom is de variatie in bemesting groter dan bij gras. Gemiddeld is maïs boven het landbouwkundige advies bemest maar dit advies is lager dan de (generieke) gebruiksnorm voor maïs.

Het (bodem) N-overschot is vergeleken met het toelaatbare overschot volgens de derogatie. Vooral het N-overschot op klei en veen is lager dan wat toelaatbaar is. Gemiddeld is het N-overschot in 2004 op droog zand hoger en op nat zand lager dan wat toelaatbaar is. Dit geldt voor zowel maïs als gras. In 2005 is het N-overschot voor maïs op nat zand hoger dan wat toelaatbaar is.

Het N_{\min} -gehalte in de bodem in het najaar/winter wordt in het algemeen gezien als een grove indicator voor N-verliezen. In de onderbouwing van de gebruiksnormen zijn echter geen normen voor het N_{\min} -gehalte vastgesteld. In het algemeen blijkt dat de hoeveelheid N_{\min} in maïsland hoger is dan op grasland. Op grasland is relatief gezien het meeste N_{\min} aanwezig in de laag 0-30 cm-mv. Van de 3 lagen bevat ook op maïsland de laag 0-30 cm-mv de meeste N_{\min} , al is het relatieve aandeel van deze laag aan de totale hoeveelheid duidelijk lager. In ander woorden: op (niet-gescheurd) grasland zit het meeste N_{\min} in de bovengrond en op maïsland zit veel meer N_{\min} in de ondergrond. Het type gebruik bepaalt mede de hoeveelheid N_{\min} die wordt aangetroffen in de bodem. Onafhankelijk van het gebruik lijkt geconcludeerd te kunnen worden dat de hoeveelheid N_{\min} in veengrond het hoogst is. Verder blijkt dat de hoeveelheid N_{\min} in nat zand hoger is dan in droog zand (met uitzondering van de percelen op 'De Marke'). De hoeveelheid N_{\min} in lössgrond is sterk afhankelijk van het gebruik. De ordegröote ligt vermoedelijk echter dichter in de buurt van zand dan van veen.

Alle cluster-gemiddelde nitraatconcentraties voor (referentie-)graspercelen zijn lager dan de EU-norm van 50 mg/l met uitzondering van het natte zandcluster in meetseizoen 2005-2006 (zie ook Tabel 1). In meetseizoen 2004-2005 voldoet dit cluster net wel aan de EU-norm. De gemiddelde nitraatconcentraties van de maïsclusters zijn in beide meetseizoenen hoger dan de EU-norm. De gemiddelde nitraatconcentraties van alle clusters in meetseizoen 2005-2006 zijn hoger dan van dezelfde clusters in meetseizoen 2004-2005. Redenen die deze constatering kunnen verklaren zijn: het verschil in neerslagoverschot, het verschil in bemonsteringsperiode, het verschil in incubatieperiode en het verschil in het aantal monsters per monstersoort.

Voor het omrekenen van een N-overschot naar milieukwaliteit (nitraatconcentratie) is in de onderbouwing van de derogatie gebruik gemaakt van de methode 'Mest-ABC'. Bij deze methode wordt de stikstofconcentratie in het grondwater berekend 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 (voorlopige) resultaten blijkt dat voor grasland de praktijk overeen komt met de veronderstellingen m.b.t. de hoogte van het N-overschot en de nitraatconcentratie. Alleen op nat zand in meetseizoen 2005-2006 bleek de nitraatconcentratie hoger, mede veroorzaakt door een laag neerslagoverschot. Op droog zand werd een lagere nitraatconcentratie gemeten dan op nat zand, vooral in 2005. Drie van de vier percelen in de cluster droog zand in 2005 werden echter niet beweid.

De gebruiksnormen voor maïsland lijken in de praktijk te hoog om de norm voor de nitraatconcentratie te realiseren. Zelfs als het werkelijke N-overschot lager is dan het veronderstelde N-overschot, dan nog overschrijdt de nitraatconcentratie de norm van 50 mg/liter.

Voorlopige conclusies

Per onderzoeksvraag worden voorlopige conclusies getrokken. Voor hardere conclusies zijn meer meetjaren nodig.

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

Gemiddeld zijn de referentiepercelen op grasland iets minder bemest dan het maximum van de gebruiksnorm in 2009. De gemiddelde gewasopbrengsten zijn in 2004 hoger dan de veronderstelde opbrengsten en in 2005 vergelijkbaar met de veronderstelde opbrengsten. Alleen bij droog zand blijft de opbrengst in beide jaren achter bij de veronderstelling, Uiteindelijk blijkt de gemiddelde benutting van meststoffen op grasland hoger dan in de veronderstelling, met uitzondering van droog zand waarbij de benutting gemiddeld iets onder de veronderstelling blijft.

Gemiddeld zijn de referentiepercelen met maïs bemest conform de maximale gebruiksnorm maar boven het landbouwkundige advies. De variatie tussen percelen is erg groot, met name als gevolg van wisselbouw en het wel of niet bemesten en benutten van het vanggewas. De gewasopbrengsten zijn gemiddeld iets hoger dan de veronderstelling. De benutting van meststoffen op maïs is gemiddeld bij nat zand hoger dan de veronderstelling en bij droog zand en löss lager dan de veronderstelling.

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

De hoeveelheid minerale N op grasland in het najaar/winter in de laag 0-90 cm-mv is het hoogst op veengrond (± 130 kg N/ha) en op kleigrond het laagst (± 35 kg N/ha). Op nat zand wordt meer N in de bodem aangetroffen dan op droog zand en lössgrond. Bij dezelfde bodemsoorten zijn op maïsland de hoeveelheden minerale N in de bodem in het najaar/winter 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).

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

Van de voorraad minerale N in de bodem komt bij grasland op klei- en veengrond bijna niets in het grondwater terecht. Onder grasland op zand- en lössgrond is de werkelijke uitspoelfractie gemiddeld lager dan de aanname. De werkelijke uitspoelfractie varieert tussen 0.12 (löss) en 0.29 (nat zand). Tussen de jaren onderling (2004-2005 en 2005-2006) is de variatie redelijk groot. Gemiddeld is de uitspoelfractie bij maïsland op löss lager dan de aanname (0.91), maar de variatie tussen de jaren is vrij groot (1.18 in 2004-2005 en 0.64 in 2005-2006). Van maïsland op droog zand zijn van één jaar resultaten bekend, welke aangeven dat de gerealiseerde uitspoelfractie (1.30) de aanname (1.06) overschrijdt. Ook de gerealiseerde uitspoelfractie van maïsland op nat zand overschrijdt gemiddeld de aanname, maar de verschillen tussen de jaren zijn erg groot (1.63 versus 0.38). Ondanks het hogere N-overschot in 2005-2006 bij maïs op nat zand spoelt er relatief minder stikstof uit naar het grondwater dan in 2004-2005, onder andere dankzij het lagere neerslagoverschot.

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

De meteorologische omstandigheden en (de hydrologie van) de bodem hebben duidelijk invloed op de nitraatconcentraties in het grondwater. Op klei- en veengrond is weinig gevaar voor 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 toepassen van een vanggewas. Met name bij de teelt van maïs op gescheurd grasland zijn de risico's groot. In dat kader is het opvallend dat de gebruiksnorm van 2009 hoger ligt dan het landbouwkundige advies, met ander woorden: de gebruiksnorm is generiek en het advies niet. Bij het vaststellen van de gebruiksnorm is uitgegaan van het *gemiddelde* van een hele cyclus in wisselbouw (drie jaar maïs en drie jaar gras). Aan de norm voor de nitraatconcentratie in het bovenste grondwater kan op basis van de voorlopige resultaten in dit onderzoek in het algemeen worden voldaan bij grasland met uitzondering van gras op nat zand. Bij maïsland wordt de norm voor de nitraatconcentratie in het bovenste grondwater in dit onderzoek niet gerealiseerd.

Aanbevelingen

Voortzetting van het toetsen van gebruiksnormen

Gezien de resultaten van de eerste twee meetjaren lijkt voortzetting van het toetsen van de gebruiksnormen op referentiepercelen zinvol. Enerzijds vanwege de grote variatie tussen percelen en jaren en anderzijds vanwege het aantal waarnemingen in de clusters. Vaak zijn resultaten op clusterniveau slechts gebaseerd op enkele waarnemingen. De betrouwbaarheid van de resultaten wordt verhoogd door de reeks van waarnemingen te verlengen. Wisselbouw is een andere reden om het toetsen van de gebruiksnormen te verlengen. De gebruiksnormen van gras en maïs in wisselbouw zijn gebaseerd op een complete cyclus.

Teelt van maïs in de praktijk

Uit de resultaten van de eerste twee jaren kwam 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. In het vervolg moet hier bij de uitvoering meer aandacht aan besteed worden. Daarnaast lijkt het omgaan met het vanggewas in de praktijk af te wijken van de veronderstellingen 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). Uit dit onderzoek blijkt dat de nitraatconcentraties onder maïs de norm van 50 mg/l overschrijden. Het is daarom zinvol om de teelt van maïs eens goed onder de loep te nemen en onderzoeken wat de mogelijkheden zijn om binnen de normen te blijven. Daarbij kan gedacht worden aan hoe om te gaan met een vanggewas (soort vanggewas, tijdstip van zaaien, tijdstip van bemesting, drijfmest/kunstmest, wel/niet oogsten).

Normen voor grasland op lössgrond

De resultaten van grasland op lössgrond geven aan dat zowel in 2004-2005 en 2005-2006 ruimschoots aan de norm voor de nitraatconcentratie in het bovenste grondwater wordt voldaan. Aangezien het beschikbare aantal waarnemingen in dit cluster beperkt is, is het wenselijk om eerst meer waarnemingen (in de tijd en ruimte) te verzamelen. Wanneer ook deze waarnemingen de eerder gevonden resultaten bevestigen, lijkt er vanuit milieukundig oogpunt een reden om de gebruiksnorm voor lössgrond te herzien.

Normen voor grasland op nat en droog zand

De eerste resultaten geven aan dat bij grasland op nat zand de nitraatconcentratie in het grondwater hoger is dan bij grasland op droog zand. Dit lijkt toch wel in tegenstelling te zijn met wat er altijd beweerd wordt (droge zandgronden zijn het meest uitspoelinggevoelig) en kan op toeval berusten. In de gebruiksnorm is geen verschil aangebracht tussen droog en nat zand. Nader onderzoek is wenselijk.

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

	N-overschot (kg N/ha)		Nitraatconcentratie (mg/l)		Neerslagoverschot (mm)		aanname	Uitspoelingsfractie (kg/kg)		gem.
	2004	2005	2004	2005	2004	2005		2004	2005	
Gras										
Löss	101	101	18	24	424	135	0.39	0.17	0.07	0.12
Droog zand	196	111	36	42	248	236	0.39	0.10	0.20	0.15
Nat zand	71	105	49	72	284	93	0.23	0.44	0.14	0.29
Mais										
Löss	74	60	72	99	541	172	1.06	1.18	0.64	0.91
Droog zand	72		126		330		1.06	1.30		1.30
Nat zand	52	101	103	117	363	148	0.65	1.63	0.38	1.01

1 Inleiding

1.1 Achtergrond

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

De gebruiksnorm voor meststoffen voor gewassen is afgeleid van de bovenstaande milieunormen en dient te worden onderbouwd met verwachtingen ten aanzien van aan- en afvoer (Anonymus, 1991, Bijlage II.1.3). Het verschil tussen aan- en afvoer, het bodemoverschot, moet aanvaardbaar zijn. Een deel zal immers als nitraat het grond- en oppervlaktewater bereiken. Hoe groot dat deel is hangt vooral af van gewas, grondsoort en waterhuishouding. De Nitraatrichtlijn zegt ook dat de hoeveelheid N die als dierlijke mest op het land terecht komt, gelimiteerd moet zijn. Het teveel aan mest moet worden afgevoerd.

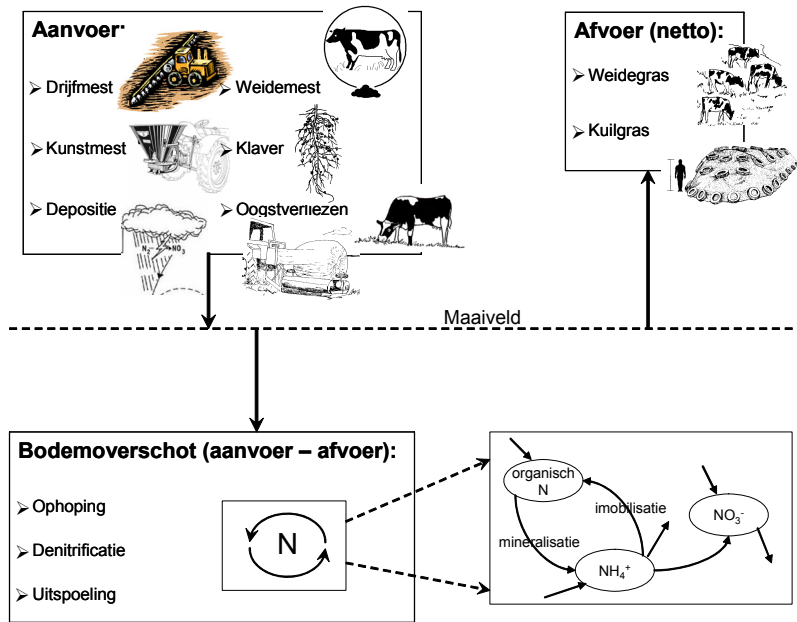
In de onderbouwing van de gebruiksnorm voor meststoffen is uitgegaan van verwachtingen i) over de verdeling van aangevoerde stikstof over bodem en gewas en ii) over het lot van N in de bodem (denitrificatie, uitspoeling en ophoping) (Figuur 1.1, Tabel 1.1)¹. De verwachte verdeling is verschillend voor verschillende teeltomstandigheden. Bij het afleiden van de aangenomen 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. Tevens is bij de aangenomen afvoer onderscheid gemaakt tussen situaties met en zonder beweiding. Zeker op een melkveebedrijf kan een bepaald overschot op verschillende manieren worden gerealiseerd. Een hoge netto afvoer, bijvoorbeeld als gevolg van secuur oogsten of zorgvuldig beweiden maar ook indirect door de zorg voor een goede bodemkwaliteit, rechtvaardigt een relatief hoge aanvoer. Het bodemoverschot en indirect dus de belasting van het milieu is mede afhankelijk van het bodemgebruik. De verdeling van N hangt dan ook niet alleen af van bodemtype en hydrologische situatie, maar ook van het bodemgebruik.

Met deze verschillende factoren wordt tot op zekere hoogte rekening gehouden. Algemeen geldend voor bedrijven met derogatie ('graslandbedrijven' met minimaal 70% grasland) is de gebruiksnorm van 250 kg N/ha uit drijfmest en weidemest. Verschillen zijn aangebracht in de totaal toelaatbare hoeveelheid werkzame N. Dat is dus de hoeveelheid werkzame N uit kunstmest plus de hoeveelheid werkzame N uit de 250 kg N in dierlijke mest (zie Tabel 1.2). De normen verschillen voor gras en maïs en voor de bodemtypes klei, veen en zand. Verder wordt rekening gehouden met eventuele beweiding op een bedrijf. In de vertaling van de verwachte verdeling van N naar de gebruiksnormen in Tabel 1.2 zijn echter ook vereenvoudigingen toegepast om de regelgeving eenvoudig en hanteerbaar te houden. Er wordt geen rekening gehouden 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 de resterende 60% als kuilgras op stal wordt gevoerd. De verschillen tussen de verwachte verdeling van N voor zandgrond met een hoge, middelhoge of lage grondwaterstand (Tabel 1.1) zijn 'platgeslagen' in de gebruiksnormen (Tabel 1.2).

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.

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) gepresenteerde verwachtingen over de verdeling van N juist zijn. Eveneens is het van belang meer inzicht te krijgen in de landbouwkundige consequenties van de overgang van N-management volgens MINAS naar een bemesting volgens gebruiksnormen. Dit onderzoek is bedoeld om te voorzien in de kennisbehoefte die voortvloeit uit de invoering van gebruiksnormen en de derogatie. In paragraaf 1.2 worden doelen en onderzoeksvragen uitvoeriger beschreven.

'Koeien & Kansen'-bedrijven lopen vooruit op de invoering van gebruiksnormen in 2006. Op de bedrijven is met ingang van 2004 bemest volgens de gebruiksnormen 2009. Dit rapport doet verslag van de eerste resultaten van dit onderzoek.



Figuur 1.1 Schematische weergave van de stikstofstromen op grasland op perceelsniveau. In de aanvoer zijn ammoniakverliezen niet meegenomen

Tabel 1.1 De bij de onderbouwning van de derogatie gehanteerde veronderstellingen ten aanzien van aangevoerde hoeveelheid N in mest (dierlijke mest inclusief ammoniakverliezen en kunstmest), afgevoerde gewasopbrengst, bodemoverschot, neerslagoverschot en uitspoelingsfractie. 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 opbrengstderiving tot gevolg heeft). Uitgegaan is van goede groeiomstandigheden, een goed beheer en vermijden van P-accumulatie. De getallen zijn overgenomen uit Tabel 6 en 10 van Schröder *et al.* (2005)

Gewas/ gebruik	Bodemtype	Dierlijke mest (kg N/ha)	Kunstmest (kg N/ha)	Opbrengst (kg N/ha)	Overschot (kg N/ha)	Neerslagoverschot (mm)	Uitspoelingsfractie (kg/kg)
Gras M ¹	Veen	341	103	375	>300	242	0.04
	Klei	341	225	375	273	266	0.11
	Zand, GHG ³ < 0,40 m	340	187	374	165	268	0.18
	Zand, 0,80 < GHG < 0,40 m	336	155	370	134	329	0.28
	Zand/Löss, GHG > 0,80 m	330	123	363	103	355	0.39
M/W ²	Veen	265	175	313	>300	242	0.04
	Klei	282	299	332	273	266	0.11
	Zand, GHG < 0,40 m	274	203	322	165	268	0.18
	Zand, 0,80 < GHG < 0,40 m	275	171	324	134	329	0.28
	Zand/Löss, GHG > 0,80 m	273	139	321	103	355	0.39
Mais	Veen	-	-	-	-	-	-
	Klei	199	119	196	141	387	0.31
	Zand, GHG < 0,40 m	175	53	173	88	387	0.50
	Zand, 0,80 < GHG < 0,40 m	169	41	163	65	434	0.75
	Zand/Löss, GHG > 0,80 m	155	19	154	48	453	1.06

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 stikstof uit kunstmest en dierlijke mest (kg N/ha). De waarden voor 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 maximaal gebruik van kunstmest is uitgegaan van 250 kg N uit dierlijke mest (drijfmest + weidemest) (naar www.hetInvloket.nl)

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

1.2 Doel van het onderzoek

Het doel van dit onderzoek is het toetsen van de voorgestelde gebruiksnormen voor meststoffen (dierlijke mest en kunstmest) in praktijksituaties. Zoals in §1.1 vermeld is, zijn de gebruiksnormen 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 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 en op proefbedrijf 'De Marke' referentiepercelen aangelegd. Op deze percelen wordt mest aangevoerd volgens de gebruiksnormen. 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. Het eerste meetseizoen loopt van de eerste bemesting in 2004 tot en met de bemonstering van het grondwater in 2005 (2004 genoemd als het effect heeft op bemesting en opbrengsten, of 'meetseizoen 2004-2005' als het gaat om bepalingen van bodem, grondwater en weer). Het tweede meetseizoen loopt van de eerste bemesting in 2005 tot en met de bemonstering van het grondwater in 2006 (2005 genoemd als het effect heeft op bemesting en opbrengsten, of 'meetseizoen 2005-2006' als het gaat om bepalingen van bodem, grondwater en weer). Een meetseizoen bestaat dus uit het groeiseizoen van een jaar (inclusief de bijbehorende bemestingen) en uit het daarop volgende 'uitspoelseizoen'. Een uitspoelseizoen eindigt op het moment dat het gewas weer begint te groeien (grofweg in maart). Om praktische redenen wordt hier gekozen voor 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 en in hoofdstuk 4 wordt antwoord gegeven op de onderzoeksvragen. Dit rapport doet alleen verslag van de meetresultaten van de eerste 2 meetseizoenen. Het onderzoek loopt nog door en in een latere rapportage zal een uitgebreide analyse plaats vinden van alle meetresultaten met gegevens van meer jaren.

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 normaal en representatief beeld geven van de omstandigheden op het bedrijf. Tabel 2.1 geeft de geselecteerde percelen in 2004 weer. Gestreefd is naar aanwijzing van 3 percelen per gewas per bedrijf. Uiteindelijk zijn 22 proefpercelen grasland en 13 proefpercelen maïs aangewezen.

Tabel 2.1 Geselecteerde referentiepercelen met het gewas in 2004 en 2005

Bodemtype	Bedrijf	Percelen gras		Percelen maïs	
		2004	2005	2004	2005
Zand	De Marke	2,9,17_2	9,17_2	3,4,22	3,4
	Hoefmans	80,120,160	80,120,160, 55,140,150	55,140,150	20,25
	Pijnenborg – Van Kempen	2,11,12	2,11,12	29,31	29,31
	Schepens	1AB,12	1AB,12	7B,11,13	7B,13
	Van Laarhoven				20+21,22
Löss	Van Hoven	2,24	2,24	18,25	18,25
Klei	Sikkenga – Bleker	J2,J4,O11	J2,J4,O11	-	-
	Van Wijk	8,9,10	8,9,10	-	-
Veen	De Vries	4,11,28	4,11,28	-	-

In 2005 zijn bij Hoefmans de referentiepercelen met maïs (55, 140 en 150) overgegaan in gras. Daarnaast zijn er twee nieuwe referentiepercelen maïs aan de lijst toegevoegd (20 en 25). Op perceel 2 van 'De Marke' is in 2005 een ander onderzoek gestart, hierdoor is het gestopt als referentieperceel. Op perceel 22 van 'De Marke' is in 2005 een ander voedergewas geteeld en daardoor ook gestopt als referentieperceel van maïs. Perceel 11 van Schepens is in 2005 gestopt als referentieperceel in verband met het afgraven van zand. In de loop van meetseizoen 2005-2006 zijn bij het 'Koeien & Kansen'-bedrijf Van Laarhoven twee extra referentiepercelen (maïs) geïntroduceerd (het perceel 20+21 en het perceel 22). In Bijlage 0 zijn de belangrijkste kenmerken per perceel weergegeven.

2.2 Behandeling

Uitgangspunt is dat het hele perceel 'normatief' wordt bemest. De normen voor gras en maïs zijn weergegeven in Tabel 2.2. Omdat de normen in het begin van 2004 nog niet vaststonden, is in dat jaar gewerkt met normen die op grond van de inzichten van dat moment verwacht werden. Het verschil van die inzichten met de uiteindelijke normen blijkt minimaal te zijn.

Tabel 2.2 De behandeling van percelen

Bedrijf	N-bemesting gras ¹		N-bemesting maïs ⁴
	DM ²	KM ³	
De Marke	250	148	150
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, met 205 kg N-totaal als aanvoer uit dierlijke mest

2.3 Bepalingen bemesting en opbrengst

De veehouder registreert per perceel de bemesting, het gebruik en de opbrengst.

De toegediende hoeveelheid dierlijke mest wordt door de veehouder en/of door de loonwerker bepaald. Met de moderne apparatuur voor mestaanwending kan men de hoeveelheden toegediende dierlijke mest nauwkeurig meten. De mest wordt minimaal een keer per jaar geanalyseerd op N- en P-gehalten. De aanvoer van N en P in weidemest wordt niet gemeten maar afgeleid van de mineralenkringloop in het bedrijf volgens een methode beschreven in Oenema *et al.* (2000) en Oenema *et al.* (2002).

Tezamen met de hoeveelheid toegediende mest levert dit de benodigde gegevens op voor de aanvoer van mineralen door mest. De registratie van de toegediende kunstmest kan nauwkeurig gedaan worden.

Opbrengsten van grasland worden samen met de DLV-adviseur per snede geschat net als het aandeel klaver in gras. Een enkele veehouder bepaalt de grasopbrengst met een weegbrug. De opbrengstbepaling van maïs wordt op alle percelen met een weegbrug uitgevoerd. De chemische samenstelling van gewassen wordt geschat door plukmonsters per perceel te analyseren op N- en P-gehalten. In gras worden de bepalingen zoveel mogelijk gedaan per snede, voor maïs op het moment van oogsten.

Een perceelsbalans wordt opgesteld door alle mineralenstromen die door het oppervlak de bodem intreden als aanvoer te beschouwen, en alleen de afvoer van mineralen in gewasproducten als afvoer te beschouwen. De begrenzing tussen aanvoer en afvoer ligt bij het bodemoppervlak. Aanvoer van depositie is per regio afgeleid uit de literatuur (Hey & Schneider, 1995). Biologische N-binding door klaver wordt berekend door een binding van 45 kg N per ton drogestof klaver aan te nemen (Biewinga *et al.*, 1992)

2.4 Bepalingen bodem en weer

Om vast te stellen wat er met het bodemoverschot (ook wel N-overschot genoemd) gebeurt, zijn op alle referentiepercelen diverse gegevens verzameld. Met behulp van een deel van de gegevens is de milieukwaliteit op de referentiepercelen beoordeeld. Daarnaast zijn er ook gegevens verzameld, die behulpzaam kunnen zijn bij het beoordelen en interpreteren van de resultaten. Een deel van die laatste categorie gegevens is al gerapporteerd in Assinck *et al.* (2005). Daarin zijn resultaten beschreven van de bodemkartering, die uitgevoerd is op alle referentiepercelen. Daarnaast geeft Assinck *et al.* (2005) ook resultaten weer van een aantal laboratoriumanalyses, te weten het gehalte totaal koolstof en de potentiële denitrificatie.

In aanvulling op de gegevens uit Assinck *et al.* (2005) zijn op de referentiepercelen gegevens verzameld over onder andere het gehalte N-mineraal (N_{\min}), het gehalte opgelost organisch koolstof (DOC), het gehalte N-totaal (N_t), de nitraatconcentraties, de grondwaterstanden en het weer (met name de neerslag). In Bijlage I zijn de bemonstering en laboratoriumanalyses in detail beschreven.

In meetseizoen 2004-2005 is de bodem van alle percelen vier keer bemonsterd en in meetseizoen 2005-2006 twee keer. Tijdens deze bemonsteringen zijn uit de lagen 0-30, 30-60 en 60-90 cm beneden maaiveld (cm-mv) monsters genomen. De monsters zijn geanalyseerd op het gehalte NO_3 , NH_4 (samen N_{min}) en het gehalte totaal opgelost N (N_{ts}). De mengmonsters van november 2004 zijn ook geanalyseerd op DOC en op N_t (zie Bijlage I).

In 2005 (maart – april; in verband met de natte omstandigheden bij Van Wijk pas in mei) en in 2006 (juni - juli) is op 12 plekken per perceel het bovenste grondwater of het bodemvocht bemonsterd. Bij een grondwaterstand lager dan 150 cm-mv zijn bodemmonsters genomen. Bij een grondwaterstand hoger dan 150 cm-mv zijn grondwatermonsters genomen. De grondwatermonsters zijn geanalyseerd op NO_3 , NH_4 en N_{ts} . De bodemmonsters zijn in het laboratorium nat gemaakt, waarna de bodemoplossing na incubatie is afgecentrifugeerd, gefiltreerd en geanalyseerd op NO_3 , NH_4 en N_{ts} (zie Bijlage I). De bemonsteringsprocedure voor het bovenste grondwater en het bodemvocht is in meer detail beschreven in Bijlage II.

Op alle referentiepercelen zijn in het voorjaar van 2004 grondwaterstandsbuizen geplaatst op een diepte van 2 tot 2.5 meter beneden maaiveld. Met regelmaat is door de boeren en veldmedewerkers de grondwaterstand gemeten. Op elk bedrijf is één van de grondwaterstandsbuizen voorzien van een automatische grondwaterstand-logger (meetfrequentie: 2 maal daags). In een aantal gevallen zijn de meetresultaten van deze loggers tijdens de uitwerking van de resultaten gecorrigeerd, zodat de meetresultaten beter overeenkomen met de handmatige grondwaterstandsmetingen in diezelfde buis. Alleen het niveau van de loggermetingen is daarbij aangepast, niet de dynamiek. Vanwege de zeer diepe grondwaterstanden ($>> 3$ m-mv) zijn op de referentiepercelen van Van Hoven (lössgrond) geen grondwaterstandsbuizen geplaatst. Bij Van Wijk zijn in het kader van het project DOVE-KLEI (Salm *et al.*, 2006) meerdere grondwaterstandsbuizen geplaatst in perceel 9 in een raai loodrecht op de richting van de greppels. De gemeten grondwaterstanden zijn ook representatief voor perceel 8 en 10.

De neerslag is gemeten op het bedrijf zelf of (bij een onvolledige dataset) op een nabijgelegen KNMI neerslagstation (KNMI 2004, 2005, 2006). De referentie-gewasverdamping² voor het bedrijf is bepaald op basis van de referentie-gewasverdamping van nabijgelegen KNMI meteorologische stations (KNMI 2004, 2005, 2006).

Naar aanleiding van wijzigingen in het werkplan en de resultaten uit meetseizoen 2004-2005 is in de loop van meetseizoen 2005-2006 besloten om minder referentiepercelen intensief te blijven monitoren. Deze keus heeft alleen betrekking op de 'ondergrondse' bemonsteringen, zoals beschreven in §2.4. Concreet betekent dit, dat de 'ondergrondse' bemonsteringen alleen voortgezet worden op de zand- en lösspercelen, die bemest worden conform de gebruiksnormen. De bodem en het grondwater op de klei- en veenpercelen (en op de percelen van 'De Marke') worden niet meer volgens het protocol uit §2.4 bemonsterd. Op bedrijfsschaal wordt de nitraatconcentratie in het grondwater echter gewoon door- gemeten door het RIVM, ook op de klei- en veenbedrijven.

² De referentie-gewasverdamping is de evapotranspiratie (verdampingsflux vanuit de bodem en de plant) van een uitgebreid uniform, van buiten droog grasoppervlak met een hoogte van 8-15 cm dat voldoende van water is voorzien.

3 Resultaten

In dit hoofdstuk worden eerst gegevens weergegeven van de neerslaghoeveelheid, het neerslagoverschot en de grondwaterstand (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 resultaten van N_{\min} -gehalten in de bodem staan in paragraaf 3.4 en die van de nitraatconcentraties in het grondwater en de N-concentraties in het oppervlaktewater in respectievelijk paragraaf 3.5 en 3.6. De resultaten hebben betrekking op de meetseizoenen 2004-2005 en 2005-2006.

De gegevens van 'De Marke' worden apart besproken, omdat de percelen op 'De Marke' bemest zijn volgens een afwijkende strategie, die neerkomt op een bemesting die lager uitkomt dan welke de gebruiksnormen maximaal voorschrijft. Uit Bijlage 0 is af te leiden bij welk cluster een perceel hoort.

3.1 Neerslag, neerslagoverschot en grondwaterstand

In Tabel 3.1 is per bedrijf de neerslagsom, de referentie-gewasverdampingssom en het neerslagoverschot weergegeven voor de meetseizoenen 2004-2005 en 2005-2006.

De neerslagsom was in meetseizoen 2004-2005 op 'De Marke' en bij Sikkenga-Bleker lager dan gemiddeld in hun regio's (Heijboer & Nellestijn, 2002). De neerslagsom bij Pijnenborg-Van Kempen, Schepens en Van Hoven was in meetseizoen 2004-2005 aanzienlijk hoger dan gemiddeld in hun regio's. De referentie-gewasverdampingssom is bij alle bedrijven in meetseizoen 2004-2005 hoger dan de gemiddelde jaarlijkse verdamping van de betreffende regio's volgens Heijboer & Nellestijn (2002). Het hoogste neerslagoverschot (i.c. bij Van Hoven) is in meetseizoen 2004-2005 ruim 2 keer groter dan het laagste neerslagoverschot (i.c. op 'De Marke').

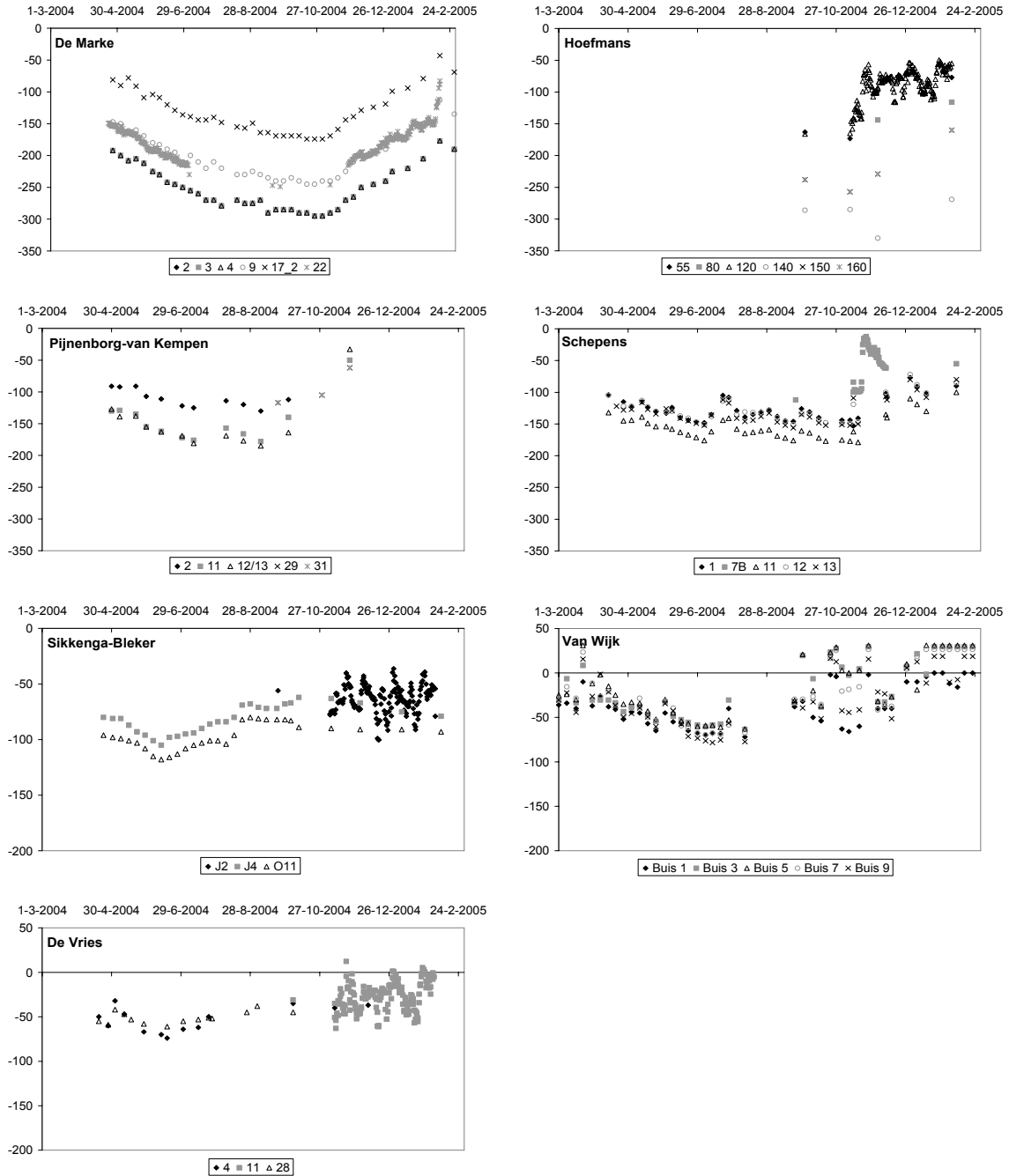
De neerslagsom in meetseizoen 2005-2006 is over het algemeen lager dan in meetseizoen 2004-2005, vooral bij Pijnenborg-Van Kempen en bij Van Hoven (ruim 200 mm minder). Bij deze bedrijven en bij 'De Marke', Schepens en Sikkenga-Bleker ligt de neerslagsom lager dan gemiddeld in hun regio's (Heijboer & Nellestijn, 2002). De referentie-gewasverdampingssom is bij alle bedrijven (behalve bij Sikkenga-Bleker) in meetseizoen 2005-2006 gestegen ten opzichte van het meetseizoen ervoor. Dus zijn de neerslagoverschotten over het algemeen gedaald ten opzichte van het voorgaande meetseizoen. Bij Pijnenborg-Van Kempen is het neerslagoverschot in meetseizoen 2005-2006 zeer klein (slechts 13 mm).

Gezien de definitie van referentie-gewasverdamping (zie voetnoot 2) wordt er vanuit gegaan dat de in Tabel 3.1 weergegeven neerslagoverschotten representatief zijn voor grasland op zand met een GHG < 0.4 m beneden maaiveld. Deze neerslagoverschotten zijn dus niet gecorrigeerd voor het 'werkelijke' gebruik, de bodem en GHG ter plekke. De neerslagoverschotten moeten vergeleken worden met het neerslagoverschot (uit Tabel 1.1) behorende bij grasland op zand met een GHG < 0.4 m beneden maaiveld oftewel 268 mm. Het gemiddelde neerslagoverschot is in beide meetseizoenen beduidend lager dan deze 268 mm. Alleen bij Pijnenborg-Van Kempen en Van Hoven is in één meetseizoen (2004-2005) het neerslagoverschot hoger. Het effect van lage neerslagoverschotten op de N-verliezen is niet precies aan te geven. Een lager neerslagoverschot zal leiden tot hogere concentraties, maar ook tot langere verblijftijden. Langere verblijftijden betekent langer onderhevig zijn aan (omzettings)processen.

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	
	2004-2005	2005-2006	2004-2005	2005-2006	2004-2005	2005-2006
De Marke	719	671	568	584	151	87
Hoefmans	765	774	578	595	187	178
Pijnenborg-Van Kempen	857	611	586	598	270	13
Schepens	798	689	587	606	211	83
Van Laarhoven		815		595		219
Van Hoven	925	719	605	616	320	102
Sikkenga-Bleker	787	738	582	568	205	171
Van Wijk	791	779	592	606	199	173
De Vries	841	833	589	601	251	232
Gemiddelde (stdev)	810 (63)	737 (72)	586 (11)	597 (14)	224 (53)	140 (72)

In Figuur 3.1 zijn de grondwaterstanden in de tijd weergegeven voor de verschillende percelen van de 'Koeien & Kansen'-bedrijven voor het meetseizoen 2004-2005.



Figuur 3.1 Gemeten grondwaterstanden in de tijd voor de verschillende percelen van de 'Koeien & Kansen'-bedrijven (meetseizoen 2004-2005). De grondwaterstanden zijn weergegeven in cm-mv, bij Van Wijk is het maaiveld net naast de greppel als referentie aangehouden. De gepresenteerde buizen bij Van Wijk staan 8 m uit elkaar. Let op de verschillende schalen van de Y-as

De diepte van de gemeten grondwaterstanden verschilt sterk tussen de diverse percelen. Op enkele zandpercelen (bijvoorbeeld 'De Marke' perceel 4 en Hoefmans perceel 140) zijn grondwaterstanden rond 3 m beneden maaiveld gemeten, terwijl de grondwaterstanden bij De Vries en Van Wijk ruim binnen de eerste meter onder het maaiveld blijven.

Uit de meetresultaten van de automatische grondwaterstand-loggers (te herkennen aan de symbolen van hetzelfde type, die zeer dicht bij elkaar liggen) blijkt dat ook de dynamiek in de tijd sterk kan verschillen tussen de percelen. Zo verandert de grondwaterstand op perceel 22 van 'De Marke' gelijkmatig in de tijd. Op perceel J2 van Sikkenga-Bleker daarentegen kan de grondwaterstand binnen enkele dagen tientallen centimeters stijgen of dalen.

Opvallend bij 'De Marke' is dat de grondwaterstanden van de verschillende percelen nagenoeg parallel aan elkaar lopen. De meetresultaten van Schepens en Sikkenga-Bleker laten zien dat door vaker meten (met behulp van automatische grondwaterstand-loggers) pieken en dalen waargenomen kunnen worden die bij de minder frequente handmetingen gemist worden. Tijdens de winterperiode (van meetseizoen 2004-2005) komt bij De Vries de grondwaterspiegel zo nu en dan tot aan het maaiveld. Bij Van Wijk staan grondwaterstandsbuizen op verschillende afstanden van de greppel. De percelen bij Van Wijk zijn rondgelegd, waardoor het maaiveld tussen de greppels ongeveer 25 à 30 cm hoger ligt dan net naast de greppels. De meetresultaten zijn weergegeven in centimeters ten opzichte van de hoogte van het maaiveld net naast de greppel. Uit Figuur 3.1 blijkt dat bij Van Wijk de grondwaterstand tijdens de winter (van meetseizoen 2004-2005) gestegen is tot aan het maaiveld. Vanwege de zeer diepe grondwaterstanden zijn bij Van Hoven geen grondwaterstandsmetingen uitgevoerd.

De beschikbare meetresultaten van meetseizoen 2005-2006 geven in essentie vergelijkbare resultaten en zijn in dit rapport verder niet gepresenteerd.

Het effect van de grondwaterstand op de N-verliezen is niet precies aan te geven. Hoge grondwaterstanden zullen leiden tot nattere omstandigheden in de bodem en in potentie dus tot meer denitrificatie. Denitrificatie is echter afhankelijk van nog meer factoren. Hoge grondwaterstanden betekenen ook vaak dat de afstand tussen het grondwater en de stikstofrijke bodemlagen (meestal bovenin het bodemprofiel) kleiner is. En dit houdt mogelijk een kortere verblijftijd in.

Op basis van boringen en Gt-kaarten (zie Assinck *et al.*, 2005) is voor elk perceel de meest dominante Gt-klasse bepaald. Over het algemeen komen de gemeten grondwaterstanden redelijk overeen met deze meest dominante Gt-klasse. Verschillen ontstaan onder andere wanneer (i) volgens de Gt-kaart aan de locatie van de grondwaterstandsbuis een andere Gt-klasse toegekend wordt dan de meest dominante horende bij het perceel en (ii) de meetwaarden en de daaruit volgende GHG en GLG op de grens van twee Gt-klassen 'liggen'.

In dit rapport worden de meest dominante Gt-klassen gebruikt, die op basis van boringen en Gt-kaarten zijn bepaald. Op basis van de grondwaterstandsmetingen zijn nog geen betrouwbare Gt-klassen vast te stellen. Hiervoor is de duur van de meetreeks te kort en zijn de metingen te onregelmatig in de tijd uitgevoerd. De grondwaterstandsmetingen worden vooral gebruikt bij de interpretatie van de overige meetresultaten. Deze analyse wordt later in het project uitgevoerd wanneer de beschikking is over een uitgebreidere dataset (meetresultaten uit nog meer jaren).

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 grasland voor de jaren 2004 en 2005. Van 'De Marke' zijn de gegevens apart weergegeven. De resultaten zijn per perceel weergegeven in de Tabellen III.1 (2004) en III.2 (2005) van Bijlage III. Bij de resultaten van 2004 valt het volgende op. Op de percelen van 'De Marke' (2, 9, 17_2) is geen kunstmest toegediend. Met uitzondering van twee percelen (één bij Van Hoven en één op 'De Marke') zijn alle percelen beweid. De opbrengst van de weidesnedes varieert sterk. In de meeste gevallen is eenderde van de opbrengst opgenomen door weidend vee, in enkele gevallen de helft of zelfs meer. De percelen worden gemiddeld tussen de 3 en 4 keer gemaaid. Gemiddeld per grondsoort variëren de opbrengsten in 2004 van 8450 kg ds/ha ('De Marke') tot 12790 kg ds/ha (löss). Deze variatie is ook in 2005 waargenomen, al zijn de verschillen tussen grondsoort kleiner. In 2005 is gemiddeld op de 'Koeien & Kansen' bedrijven meer gras 'geogst' via beweiding als in 2004 en meer dan één ton ds minder geogst door maaien. Op 'De Marke' en op de bedrijven van Hoefmans en Sikkenga-Bleker kwamen in 2005 onbeweide percelen voor.

Tabel 3.2 De bemesting, het gebruik en de opbrengsten per grondsoort van de referentiepercelen met grasland in 2004 en 2005. Gegevens van 'De Marke' zijn apart weergegeven

	n	Maaifreq.	Bemesting			Opbrengsten (kg ds/ha)		
			m ³ /ha	N-dm ¹ (kg/ha)	N-km (kg/ha)	Maaien	Weiden	Totaal
2004								
De Marke	3	3.0	76	262	0	6738	1711	8449
Zand	8	2.9	57	238	116	7697	4130	11827
Löss	2	4.0	58	250	128	8800	3991	12791
Klei	6	3.7	56	225	198	9274	2738	12012
Veen	3	3.0	44	194	125	7410	3433	10843
Gem K&K ²			53	227	142	8295	3573	11868
2005								
De Marke	2	4.0	83	287	0	7997	1396	9393
Zand	11	3.4	57	239	129	7510	2975	10485
Löss	2	3.0	53	208	133	5650	5130	10780
Klei	6	3.3	65	258	169	8323	3612	11936
Veen	3	2.3	49	212	129	6180	5502	11682
Gem K&K ²			56	229	140	6916	4305	11221

¹ Inclusief ammoniakverliezen tijdens uitrijden² Gemiddeld, zonder de 'De Marke'

Tabel 3.3 geeft per grondsoort een overzicht van de bemesting en de opbrengsten van de referentiepercelen met maïs voor de jaren 2004 en 2005. Van 'De Marke' zijn de gegevens apart weergegeven. De resultaten zijn per perceel weergegeven in de Tabellen III.3 (2004) en III.4 (2005) van Bijlage III. In deze tabellen zijn de gegevens van de bemesting apart voor maïs en het vanggewas weergegeven. Net als bij grasland is te zien dat de behandeling van de percelen van 'De Marke' afwijkend is. Eerstejaarsmaïs wordt op 'De Marke' nagenoeg niet bemest omdat rekening gehouden wordt met nalevering van mineralen uit de ondergeploegde graszode. In het daarop volgende jaar 2005 zijn deze percelen wel bemest, hoewel nog steeds op een gereduceerd niveau. In 2004 waren de gemiddelde opbrengsten op 'De Marke' één ton ds en in 2005 bijna 2,5 ton ds lager vergeleken met de referentiepercelen op zandgrond. De opbrengsten op zandgrond zijn gelijk in beide jaren terwijl op lössgrond in 2005 de opbrengsten 2 ton lager waren. Ook de bemesting was in 2005 op deze grond lager.

In 2004 is bij Schepens op twee percelen geen drijfmest vlak voor de maïs toegediend (Bijlage III, Tabel III.3). Wel was de gift met kunstmest vrij hoog (65 kg N/ha). Daarnaast was het vanggewas voorafgaand aan de teelt van maïs bemest met 39 m³/ha drijfmest. Op één perceel na (Schepens) is in 2004 bij alle percelen op zandgrond het vanggewas bemest. Bovendien is op alle percelen op zandgrond met een vanggewas een snede geoogst (of beweid). Bij Van Hoven (löss) is het vanggewas niet bemest en niet geoogst. Dit beeld geldt grotendeels ook voor het vanggewas in 2005 (Bijlage III, Tabel III.4). Alleen is de bemesting van het vanggewas in dit jaar verschoven naar meer kunstmest en minder drijfmest. In 2005 was de totale bemesting op zandgrond hoger dan in 2004.

Tabel 3.3 De bemesting en de opbrengsten per grondsoort van de referentiepercelen met maïs in 2004 en 2005

	n	Bemesting			Opbrengsten (kg ds/ha)	
		m ³ /ha	N-dm ¹ (kg/ha)	N-km (kg/ha)	Maïs	Vanggewas
2004						
De Marke	3	10	33	0	12603	0
Zand	8	35	148	48	13625	2575
Löss	2	50	200	33	15000	0
2005						
De Marke	2	15	56	0	11325	
Zand	8	41	165	75	13789	1585
Löss	2	33	164	24	13000	0

¹ Inclusief ammoniakverliezen tijdens uitrijden

3.3 Perceelsbalansen

Tabel 3.4 geeft per grondsoort een overzicht van de perceelsbalans van N van de referentiepercelen met grasland in 2004 en 2005. Van 'De Marke' is de perceelsbalans van N apart weergegeven. De resultaten zijn per perceel weergegeven in de Tabellen IV.1 (2004) en IV.2 (2005) van Bijlage IV.

Opvallend aan de resultaten van 2004 is het verschil in N-aanvoer bij gras op lössgrond (Van Hoven). Eén perceel werd alleen gemaaid en het andere werd intensief beweid. Op het perceel bij Van Hoven waarop niet beweid is, is de N-afvoer flink lager dan op het zwaar beweidde perceel maar is het N-overschot wel hoger, door ook een veel lagere N-afvoer. Het gemiddelde N-overschot op kleigrond is 111 kg/ha, maar de variatie is groot. Het N-overschot op de referentiepercelen bij Van Wijk ligt onder de 30 kg/ha, bij Sikkenga – Bleker boven de 160 kg/ha.

De oorzaak van dit verschil is vooral de beweiding. De hoeveelheid weidemest (bij Sikkenga-Bleker) is namelijk niet gecompenseerd door minder drijfmest uit te rijden. De referentiepercelen op veengrond (De Vries) realiseren het laagste N-overschot (tussen -58 en 32 kg N/ha), met een gemiddelde van -26 kg N/ha. Het gemiddelde N-overschot op zandgrond is vergelijkbaar met die op klei- en lössgrond (namelijk 102 kg N/ha). Ook hier is de variatie tussen de percelen groot (tussen 48 en 264 kg N/ha). Beide uitersten betreffen percelen bij Hoefmans, waarbij opvalt dat het verschil komt door de N-afvoer (396 versus 238 kg N/ha), en N-aanvoer (444 versus 501). Op het perceel met het hoge N-overschot is bij de bemesting geen rekening gehouden met de N-binding door klaver.

In 2005 is op zand- en lössgrond het gemiddelde N-overschot op de perceelsbalans gelijk aan die in 2004. Op 'De Marke' en op klei- en veengrond is het overschot in 2005 hoger dan in 2004. In alle gevallen is de N-afvoer lager en alleen de N-aanvoer op veengrond hoger. Ook in 2005 is de variatie tussen de percelen erg groot (zie Tabel IV.2; Bijlage IV).

Tabel 3.4 Gemiddelde perceelsbalans van N (kg/ha) van de referentiepercelen met grasland in 2004 en 2005. Onderscheid is gemaakt tussen de verschillende grondsoorten

	2004					2005				
	De Marke (n=3)	Zand (n=8)	Löss (n=8)	Klei (n=6)	Veen (n=3)	De Marke (n=2)	Zand (n=11)	Löss (n=2)	Klei (n=6)	Veen (n=3)
Aanvoer										
- kunstmest	0	116	128	198	125	0	129	133	169	129
- drijfmest ¹	262	221	224	199	162	287	222	187	228	177
- weidemest ¹	37	88	124	59	78	30	52	86	57	131
- klaver	17	11	0	4	0	0	4	0	1	0
- depositie	49	54	39	44	29	49	52	39	44	29
Totaal	365	489	515	504	394	367	459	444	500	466
Afvoer										
- maaaien	194	241	251	296	286	172	243	154	239	195
- weiden	53	146	163	97	134	43	109	189	123	176
Totaal	247	387	414	393	420	216	351	343	362	371
Overschot	118	102	101	111	-26	151	107	101	138	95

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

Tabel 3.5 geeft per grondsoort een overzicht van de perceelsbalans van N van de referentiepercelen met maïs in 2004 en 2005. Van 'De Marke' is de perceelsbalans van N apart weergegeven. De resultaten zijn per perceel weergegeven in de Tabellen IV.3 (2004) en IV.4 (2005) van Bijlage IV.

Het gemiddelde N-overschot op zandgrond bedraagt in 2004 59 kg/ha. De hoeveelheid aangevoerde N is redelijk constant met uitzondering van twee percelen van Schepens en (in mindere mate) een perceel van Hoefmans. Op deze percelen is het vanggewas afgeweid (weidemest). Bij Schepens zien we de hoge N-aanvoer niet terug in een hoge N-afvoer, met als consequentie dat N-overschotten op deze percelen hoog zijn. Bij het perceel van Hoefmans gaat de iets hogere N-aanvoer wel samen met een hoge N-afvoer (en dus een laag N-overschot). Lössgrond (Van Hoven) heeft gemiddeld de hoogste N-

afvoer in de maïs gerealiseerd. Het gemiddelde N-overschot op 'De Marke' is -75 kg/ha. Dit is het gevolg van het feit dat alle drie maïspercelen op 'De Marke' in 2004 eerstejaars-maïs zijn en dat deze op 'De Marke' niet of nauwelijks bemest worden (zie paragraaf 3.2).

In 2005 is het N-overschot op zandgrond en 'De Marke' hoger en op lössgrond lager dan in 2004. Het hogere N-overschot op 'De Marke' is te verklaren doordat tweedejaars-maïs vergeleken met eerstejaars-maïs (in 2004) meer wordt bemest en in deze gevallen minder N afvoeren. Op zandgrond was de gemiddelde N-aanvoer in 2005 38 kg N/ha hoger dan in 2004, terwijl de N-afvoer gelijk bleef.

Tabel 3.5 Gemiddelde perceelsbalans van N (kg/ha) van de referentiepercelen met maïs in 2004 en 2005. Onderscheid is gemaakt tussen de verschillende grondsoorten

	2004			2005		
	De Marke (n=3)	Zand (n=8)	Löss (n=2)	De Marke (n=3)	Zand (n=8)	Löss (n=2)
Aanvoer						
- kunstmest	0	48	33	0	75	24
- drijfmest ¹	33	137	179	56	153	147
- weidemest ¹	0	15	0	0	12	0
- depositie	49	54	39	49	52	39
Totaal	82	254	251	105	292	210
Afvoer						
- maïs	157	142	176	122	155	150
- vanggewas	0	52	0	0	36	0
Totaal	157	194	176	122	191	150
Overschot	-75	59	74	-17	101	60

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

3.4 N_{min}-gehalten in de bodem

Dit rapport beperkt zich tot het presenteren en waar mogelijk verklaren van de gemeten N_{min}-gehalten in de bodem. Een uitgebreide analyse van de N_{min}-gehalten in relatie tot andere metingen wordt later in het project uitgevoerd, wanneer er beschikking is over voldoende meetresultaten.

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. Relatief hoge N_{min}-gehalten in de bodem in het najaar zullen in zijn algemeenheid leiden tot meer verliezen (uitspoeling, denitrificatie) dan relatief lage N_{min}-gehalten in de bodem in het najaar. De hoeveelheid N_{min}, die in het najaar aanwezig is in de bodem, geeft dus een grove indicatie van de mogelijke verliezen, die op kunnen treden tot aan de start van het volgende groeiseizoen.

In Bijlage V is de hoeveelheid N_{min} weergegeven voor alle onderzochte referentiepercelen. Per perceel is onderscheid gemaakt tussen de lagen 0-30, 30-60 en 60-90 cm-mv en tussen de bemonstermomenten. In Figuur 3.2 en 3.3 is de gemiddelde hoeveelheid N_{min} van het najaar en voorjaar weergegeven voor respectievelijk meetseizoen 2004-2005 en meetseizoen 2005-2006 (per perceel en per laag). Figuur 3.2 en 3.3 geven slechts een grove indruk van het verloop van de hoeveelheid N_{min} in de tijd. Voor een betere indruk van dit verloop wordt verwezen naar de daadwerkelijke meetresultaten (van meetseizoen 2004-2005, Tabel V.1) in Bijlage V.

Uit Figuur 3.2 en 3.3 blijkt dat op veengrond gemiddeld gezien de grootste hoeveelheid N_{min} in het profiel (de laag 0-90 cm-mv) aangetroffen wordt. Het merendeel hiervan (ongeveer 2/3^{de}) bevindt zich in de bovenste 30 cm. De gemiddelde hoeveelheden N_{min} in het totale profiel en in de verschillende lagen zijn bij zand- en lössgrond vergelijkbaar. Bij beide gronden zit in het najaar ongeveer de helft van de N_{min} in de laag 0-30 cm-mv. De rest is verdeeld over de lagen 30-60 en 60-90 cm-mv. De hoeveelheid N_{min} in kleigrond is gemiddeld gezien het laagst. Bij de onderzochte kleigronden zit ruim 50% van de totale hoeveelheid N_{min} in het profiel (laag 0-90 cm-mv) in de bovenste 30 cm.

Opvallend is dat de variatie tussen de zandpercelen onderling en lösspercelen onderling (zelfs binnen hetzelfde bedrijf) duidelijk groter is dan bij klei of veen.

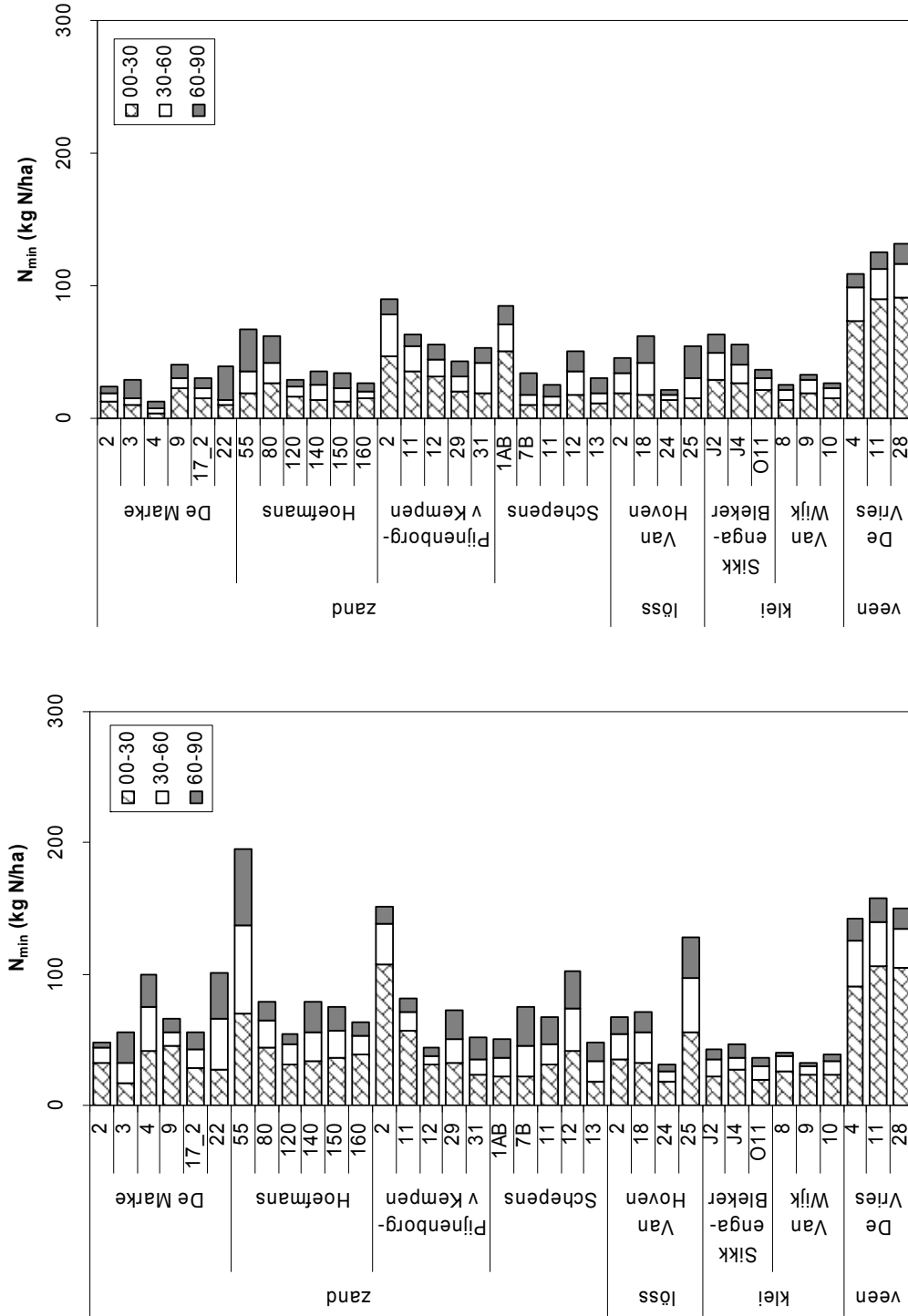
Naast de percelen op veen zijn er nog een aantal percelen, die in één of beide meetseizoenen veel N_{\min} in de bovenste 90 cm van hun profiel bevatten. De hoeveelheid N_{\min} (in het najaar) in het profiel van perceel 55 van bedrijf Hoefmans is in meetseizoen 2004-2005 2 keer hoger dan van de andere referentiepercelen van dit bedrijf. Uit Assinck *et al.* (2005) blijkt echter dat de bodem van dit perceel vergelijkbaar is. Een mogelijke verklaring voor de hoeveelheid N_{\min} op dit perceel is het feit dat dit maïspaneel het jaar ervoor grasland was. In het voorjaar van meetseizoen 2004-2005 en in meetseizoen 2005-2006 is de hoeveelheid N_{\min} in het profiel van perceel 55 vergelijkbaar aan de hoeveelheid van de andere graspercelen van het bedrijf Hoefmans. In meetseizoen 2005-2006 bevatten echter de maïspaneelen 20 en 25 (van Hoefmans) grote hoeveelheden N_{\min} in de laag 0-90 cm-mv. Beide maïspaneelen waren in de voorafgaande jaren grasland, waarbij de graszode in het voorjaar van 2005 is ondergeploegd. Het is bekend is dat in het eerste jaar na scheuren van grasland er een sterke mineralisatie plaats vindt in de bodem en dat de kans op uitspoeling en denitrificatie hoog is (Aarts *et al.*, 2002).

Perceel 2 van Pijnenborg-Van Kempen bevat in het najaar van meetseizoen 2004-2005 ongeveer 2 keer zo veel N_{\min} dan de andere referentiepercelen van dit bedrijf. Uit Assinck *et al.* (2005) blijkt dat een mogelijke verklaring hiervoor de aanwezigheid van een sterk humeuze bovengrond en een veenlaag onder de bouwvoor is. Deze sterk humeuze bovengrond en veenlaag komen ook voor in delen van perceel 11 en 12, maar zijn minder verbreid dan in perceel 2 (getuige ook het totaal-koolstofgehalte uit Assinck *et al.*, 2005). In meetseizoen 2005-2006 is de gemiddelde hoeveelheid N_{\min} in perceel 11 en 12 toegenomen ten opzichte van het meetseizoen ervoor, maar nog steeds lager dan in perceel 2. De hoeveelheden N_{\min} in perceel 29 en 31 van Pijnenborg-Van Kempen zijn in meetseizoen 2005-2006 ten opzichte van meetseizoen 2004-2005 verdubbeld. Waarschijnlijk een gevolg van de hogere N-aanvoer in 2005 vergeleken met 2004 (gemiddeld 292 kg N/ha versus 229 kg N/ha; zie Tabellen IV.3 en IV.4 van Bijlage IV).

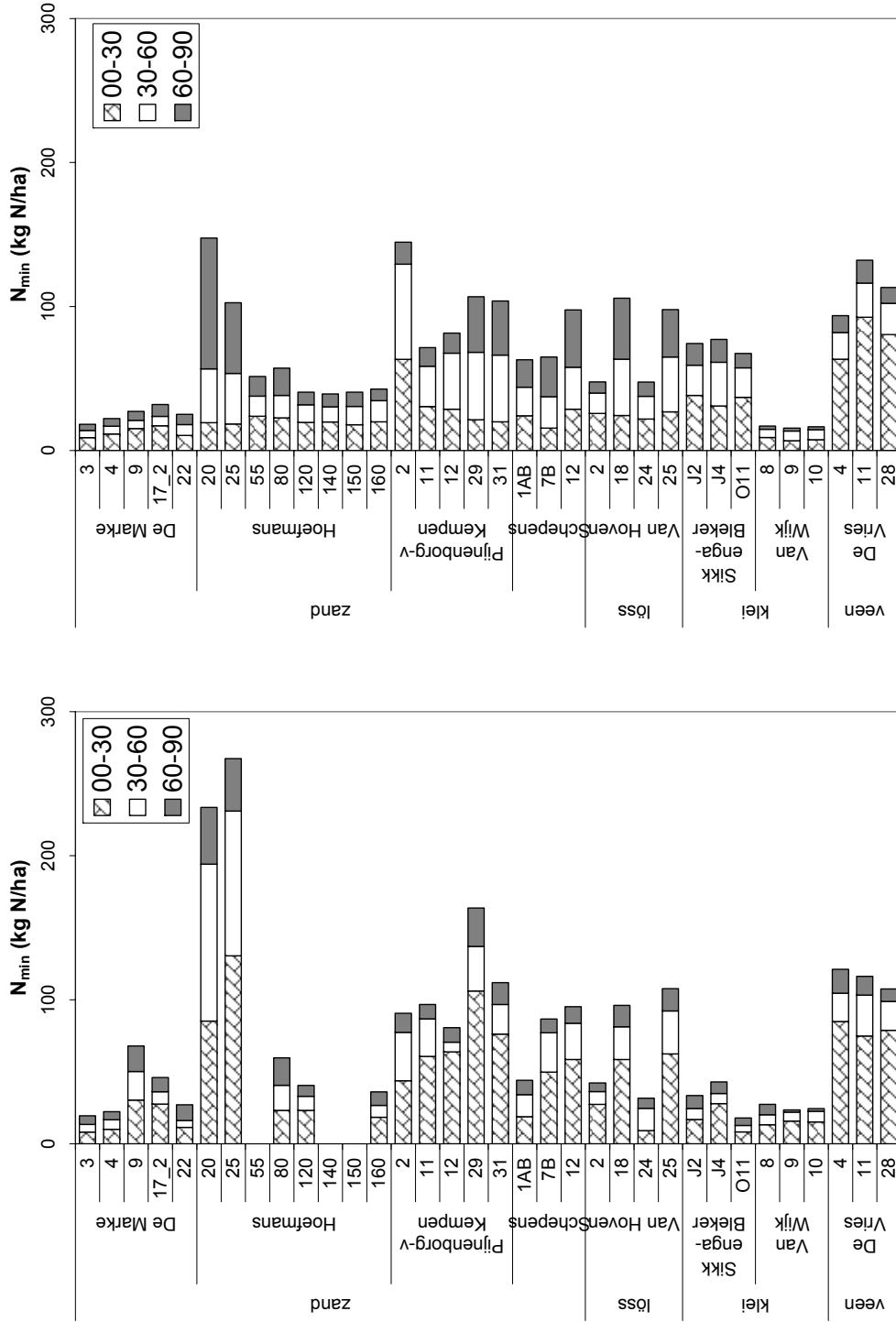
Op basis van de bodemkartering en laboratoriumanalyses uit Assinck *et al.* (2005) is geen verklaring te geven voor de verhoogde hoeveelheid N_{\min} in perceel 25 in het najaar van meetseizoen 2004-2005 ten opzichte van de overige referentiepercelen van bedrijf Van Hoven. Ook het gebruik (bemesting) geeft geen verklaring voor de hoge N_{\min} -waarde, behalve dan dat hier om een maïspaneel gaat. In meetseizoen 2005-2006 is de hoeveelheid N_{\min} in perceel 25 vergelijkbaar hoog gebleven. Nu bevat het andere maïspaneel (nr. 18) echter eenzelfde hoeveelheid N_{\min} .

In meetseizoen 2004-2005 bevatten de percelen van de kleibedrijven Sikkenga-Bleker en Van Wijk vergelijkbare hoeveelheden N_{\min} in het profiel. In meetseizoen 2005-2006 vertonen deze beide bedrijven echter een duidelijk verschil. Dit verschil treedt vooral op in het voorjaar en niet in het najaar.

In Bijlage V zijn de N_{\min} -meetresultaten van alle bemonstermomenten gepresenteerd en is aan de hand hiervan het verloop van N_{\min} in de tijd kort besproken.



Figuur 3.2 Gemiddelde hoeveelheid N_{min} per perceel en per laag (in kg N/ha) in het najaar (links) en voorjaar (rechts). Het gemiddelde voor het najaar is berekend over de eerste drie bemonstermomenten van meetseizoen 2004-2005. Het gemiddelde voor het voorjaar is gebaseerd op het laatste bemonstermoment van meetseizoen 2004-2005.



Figuur 3.3 Gemiddelde hoeveelheid N_{min} per perceel en per laag (in kg N/ha) in het najaar (links) en voorjaar (rechts). Het gemiddelde voor het najaar is gebaseerd op het eerste bemonstermoment van meetseizoen 2005-2006. Het gemiddelde voor het voorjaar is gebaseerd op het laatste bemonstermoment van meetseizoen 2005-2006.

3.5 Nitraatconcentraties in grondwater

In Bijlage VI zijn voor de gemeten nitraatconcentraties in het grondwater gemiddelde, standaardafwijking, mediaan, minimum en maximum per perceel weergegeven. De concentratie van nitraat is scheef verdeeld rond het gemiddelde. Daarom zijn perceelsmedianen gebruikt in plaats van perceelsgemiddelden. In Bijlage VI is dat uitvoeriger beargumenteerd.

In Figuur 3.4 en 3.5 zijn de mediaan nitraatconcentraties in het grondwater (dan wel bodemvocht) weergegeven voor meetseizoen 2004-2005 en 2005-2006. Uit de figuren en Bijlage VI blijkt dat er een zeer groot verschil zit tussen de hoogste en laagste nitraatconcentraties. Bovendien blijkt uit de geconstateerde standaardafwijkingen (zie Bijlage VI) dat de variatie binnen een perceel ook aanzienlijk kan zijn. De mediaan nitraatconcentraties op zandgrond variëren tussen 1 en 204 mg/l en op de lössgrond tussen 8 en 119 mg/l. Met uitzondering van perceel J4 zijn de mediaan nitraatconcentraties in het grondwater van de klei- en veengronden laag (<3 mg/l).

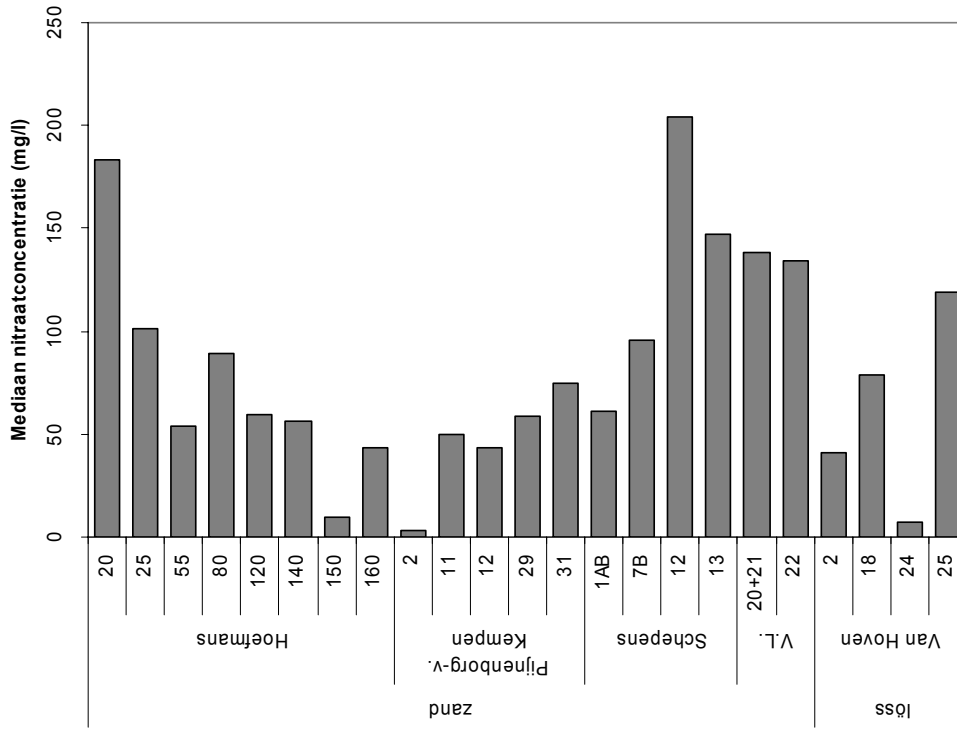
De gemeten nitraatconcentraties in de kleigrond van perceel J4 (Sikkenga-Bleker) in meetseizoen 2004-2005 zijn zeer hoog. Opvallend is dat de gemeten $\text{NH}_4\text{-N}$ -concentraties in alle grondwatermonsters van dit perceel iets lager maar wel van dezelfde zeer hoge orde zijn als de gemeten $\text{NO}_3\text{-N}$ -concentraties in de grondwatermonsters. Aangezien er tijdens de periode van monsternamen (na het plaatsen van de grondwaterstandsbuizen en voor de daadwerkelijke bemonstering van het grondwater) bemest is met KAS (kalkammonsalpeter), bestaat het sterke vermoeden dat deze grondwatermonsters vervuild zijn (KAS bevat namelijk gelijke hoeveelheden $\text{NH}_4\text{-N}$ en $\text{NO}_3\text{-N}$). In de clusteranalyse zal dit perceel dan ook niet meegenomen worden.

De hoge mediaan nitraatconcentratie in perceel 4 van 'De Marke' in meetseizoen 2004-2005 is voor een deel toe te schrijven aan een zeer hoge nitraatconcentratie in één van de bodemvochtmonsters (>700 mg/l; ruim 2 keer hoger dan de daaropvolgende hoogste waarde). Zonder dit bodemvochtmonster zakt de mediaan nitraatconcentratie tot 162 mg/l. Vergelijkbare (iets minder extreme) situaties doen zich voor bij andere percelen (o.a. bij Hoefmans perceel 55 in meetseizoen 2004-2005 en bij Hoefmans perceel 20 in meetseizoen 2005-2006, beide eerstejaars maïs).

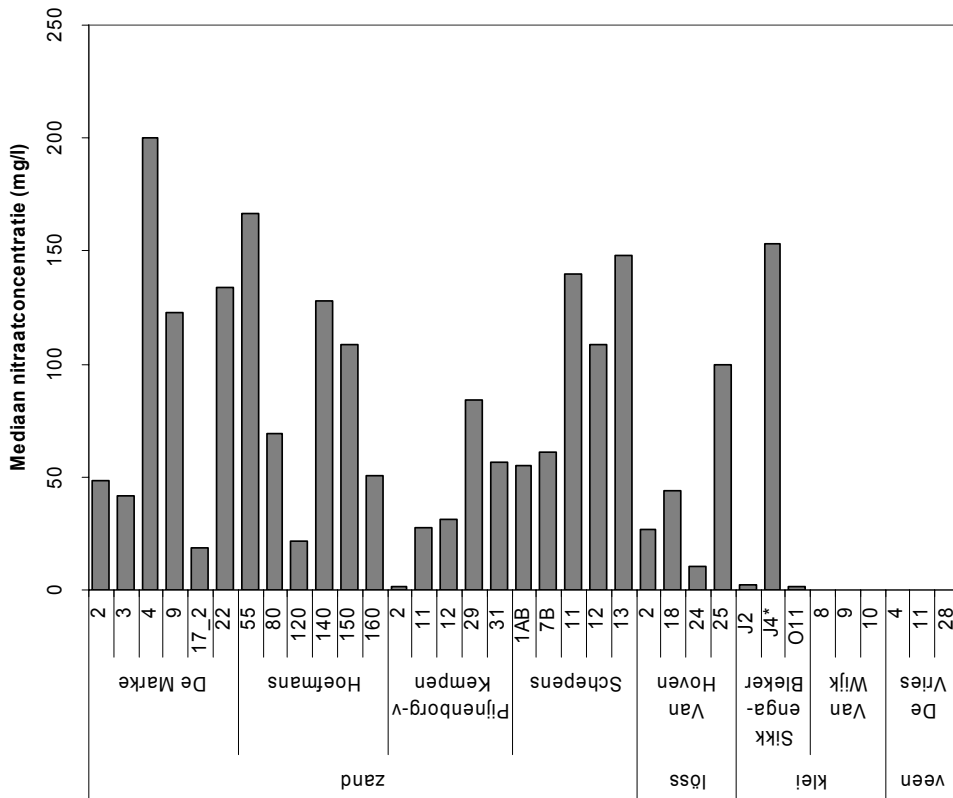
In de Figuren 3.4 en 3.5 (respectievelijk meetseizoen 2004-2005 en 2005-2006) vallen een aantal zaken op. Bij Hoefmans is in 4 van de 6 percelen (die in beide meetseizoenen meedoen) de mediaan nitraatconcentratie gedaald. De daling is bij perceel 55 en 140 groot en bij perceel 150 zeer groot. Alle drie deze percelen waren in meetseizoen 2004-2005 maïsland en in meetseizoen 2005-2006 grasland. Bij Pijnenborg-Van Kempen, Schepens en Van Hoven zijn de mediaan nitraatconcentraties van de percelen (die in beide meetseizoenen meedoen) op enkele uitzonderingen na gestegen. Bij perceel 12 van Schepens is de mediaan nitraatconcentratie bijna verdubbeld.

In de Figuren 3.4 en 3.5 kan geconstateerd worden dat perceel 2 van Pijnenborg-Van Kempen en perceel 24 van Van Hoven percelen zijn met 'structureel' lage mediaan nitraatconcentraties. De lage mediaan nitraatconcentratie bij perceel 2 van Pijnenborg-Van Kempen zal te danken zijn aan de aanwezigheid van de sterk humeuze bovengrond, de veenlaag onder de bouwvoor en de relatief hoge potentiële denitrificatiecapaciteit van de bouwvoor (Assinck *et al.*, 2005). Bij perceel 24 van Van Hoven zal het toegepaste management (alleen maaien) een belangrijke rol gespeeld hebben in de lage mediaan nitraatconcentratie.

De mediaan nitraatconcentraties in meetseizoen 2005-2006 zijn over het algemeen hoger dan in meetseizoen 2004-2005 voor dezelfde percelen. Naast het lagere neerslagoverschot in meetseizoen 2005-2006 ten opzichte van meetseizoen 2004-2005 is een andere belangrijke reden het feit dat het grondwater (dan wel bodemvocht) in meetseizoen 2005-2006 later in het seizoen bemonsterd is dan in meetseizoen 2004-2005 (juni-juli respectievelijk maart-april). Hierdoor waren de percelen in meetseizoen 2005-2006 al volop in gebruik, hetgeen mogelijk een toename van de nitraatconcentraties in het grondwater deels kan verklaren. Het bemonsteren van grondwater (dan wel bodemvocht) in de periode februari-april verdient sterk de voorkeur. Een andere reden is het verschil in analysemethode. In 2005 is in het laboratorium een analysemethode toegepast, waarbij bodemvochtmonsters 48 uur geïncubeerd zijn. Het is niet ondenkbaar dat in de tussentijd omzettingen (van o.a. nitraat) plaatsgevonden hebben. Daarom is in 2006 een analysemethode toegepast met een incubatieperiode van 1 uur. Dit is waarschijnlijk lang genoeg voor nitraat om in oplossing te komen zonder dat er al te veel omzettingen plaatsvinden. Een laatste verschil tussen de beide meetseizoenen is het feit dat tijdens de bemonstering van meetseizoen 2005-2006 de omstandigheden zeer droog waren, waardoor er relatief meer bodemvochtmonsters genomen zijn dan in meetseizoen 2004-2005. Het mag niet worden uitgesloten dat er een verschil bestaat in nitraatconcentratie tussen bodemvocht en grondwater. Hoe groot de invloed is geweest van de bovengenoemde verschillen is niet te kwantificeren. Daarvoor is een specifiek vergelijkend onderzoek noodzakelijk.



Figuur 3.5 Mediaan nitraatconcentraties in het grondwater (dan wel bodemvocht) van meetseizoen 2005-2006 per perceel (in mg NO₃/l). V.L. staat voor bedrijf Van Laarhoven. In paragraaf 2.4 is reeds beargumenteerd, dat in dit meetseizoen het grondwater van de klei- en veenpercelen niet is bemonsterd



Figuur 3.4 Mediaan nitraatconcentraties in het grondwater (dan wel bodemvocht) van meetseizoen 2004-2005 per perceel (in mg NO₃/l). * Perceel J4 van Sikkenga-Bleker doet in de clusteranalyse van de resultaten niet mee

3.6 N_{ts} -concentraties in oppervlaktewater

In Bijlage VII zijn de gemeten $N_{\text{totaal,opgelost}}$ -concentraties (N_{ts}) in het oppervlaktewater van meetseizoen 2004-2005 per perceel weergegeven. Alleen oppervlaktewater dat grenst aan een perceel is bemonsterd. Drainwater is niet bemonsterd omdat tijdens de monsternamen geen 'actieve' afwaterende drains waargenomen zijn. Het oppervlaktewater dat grenst aan de percelen van Van Wijk is niet bemonsterd, omdat bekend was dat voor de monsternamen (gebiedsvreemd) water ingelaten was.

De geconstateerde mediaan N_{ts} -concentratie in het oppervlaktewater is 4.4 mg/l. De laagst en hoogst gemeten waarden zijn respectievelijk 1.2 en 34 mg/l. De variatie tussen de verschillende percelen (in aantal gevallen van hetzelfde bedrijf) is relatief groot.

Een punt dat de kwalitatieve beoordeling van de resultaten uit Bijlage VII bemoeilijkt, is het feit dat de herkomst van het oppervlaktewater zeer lastig te achterhalen is. Om het goed kwalitatief te kunnen beoordelen, is het oppervlaktewater dat grenst aan een perceel idealiter ook daadwerkelijk afkomstig van dat perceel. In de praktijk is oppervlaktewater een mix van neerslag, grondwater afkomstig van de aangrenzende percelen en eventueel water afkomstig van elders. In meetseizoenen 2005-2006 is het oppervlaktewater niet bemonsterd.

4 Discussie en conclusies

In dit hoofdstuk worden de in hoofdstuk 3 weergegeven resultaten nader geanalyseerd. Het doel is om de gebruiksnormen en de veronderstellingen 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 wordt 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)?
- Hoeveel N zit in het oppervlaktewater (paragraaf 4.5)?
- Wat is het lot van het N-overschot (paragraaf 4.6)?
- Hoe verhouden de gebruiksnormen zich t.o.v. de onderbouwing en wat is de realisatie op de referentiepercelen (paragraaf 4.7)?
- Wat zijn de eerste, voorlopige, conclusies (paragraaf 4.8) en aanbevelingen (paragraaf 4.9)?

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:

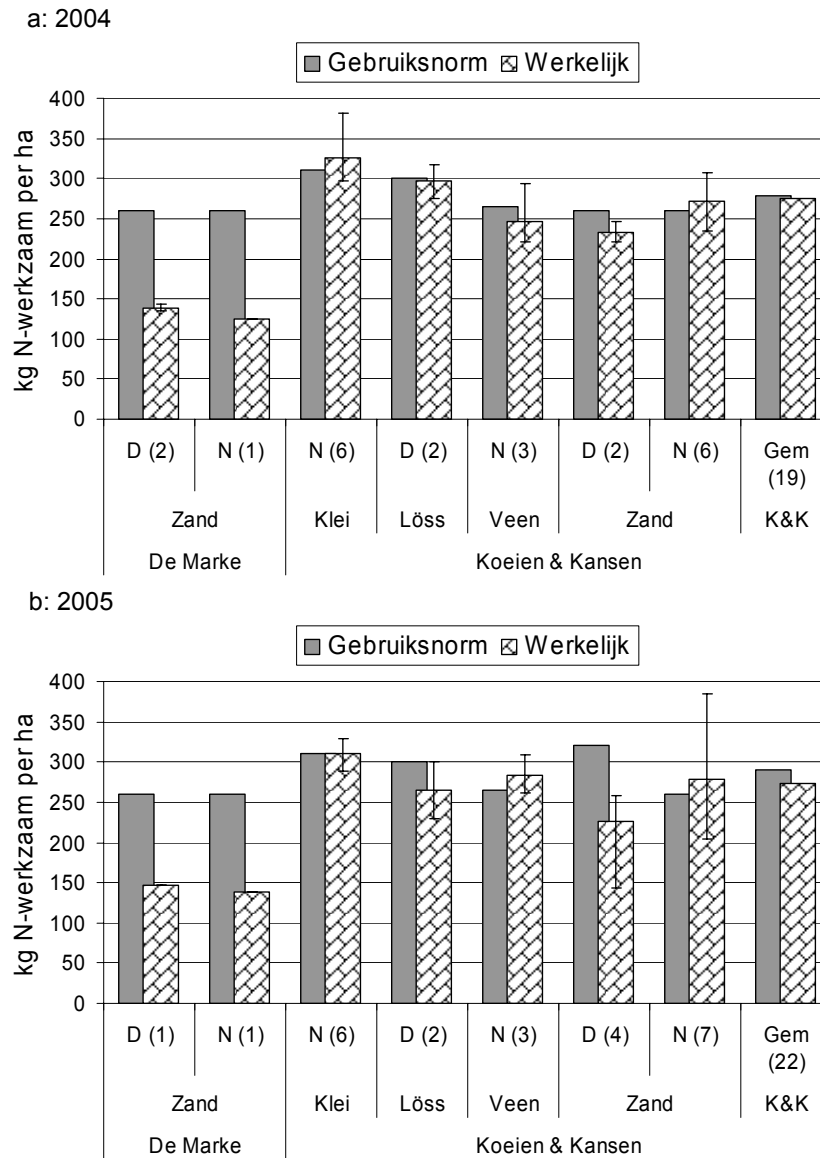
- gras en maïs
- zand, löss, klei en veen
- natte (Gt I – VI) en droge percelen (Gt VII – VIII)

De gegevens van 'De Marke' worden apart besproken, omdat de percelen op 'De Marke' bemest zijn volgens een afwijkende strategie, die neerkomt op een bemesting die lager uitkomt dan welke de gebruiksnormen maximaal voorschrijft. Uit Bijlage 0 is af te leiden bij welk cluster een perceel hoort.

4.1 Bemesting conform gebruiksnorm?

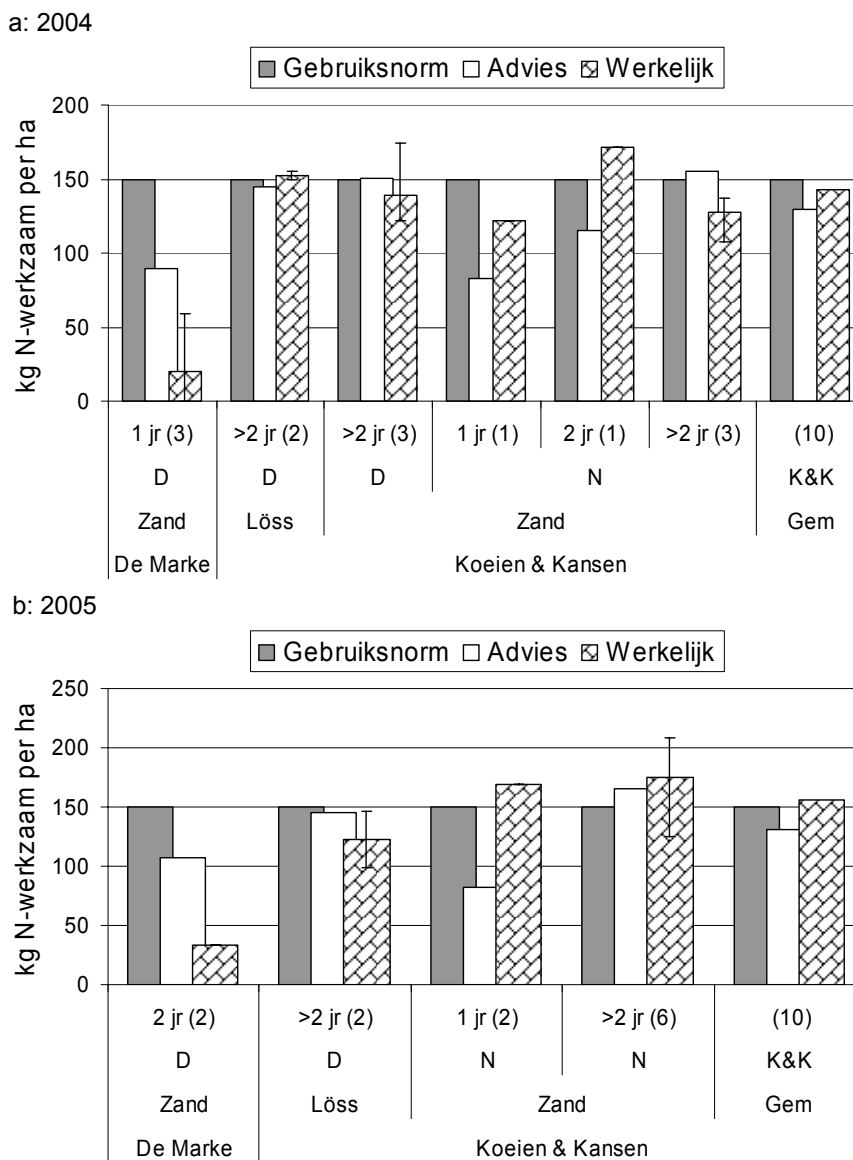
Met uitzondering van 'De Marke' zijn de referentiepercelen met gras in 2004 en 2005 conform de gebruiksnormen bemest (Figuur 4.1). De N-bemesting is de som van de hoeveelheid werkzame N in drijfmest, weidemest en kunstmest, berekend volgens de regels in Tabel 1.2. De gemiddelde behandeling (laatste staaf) laat zien dat de bemesting in 2004 gelijk is aan de norm. De werkelijke bemestingen op clusterniveau liggen zowel hoger als lager dan de gebruiksnorm. De resultaten per perceel staan in de Figuren VIII.1 en VIII.2 van Bijlage VIII. Als de percelen op 'De Marke' buiten beschouwing worden gelaten, dan zijn de grootste uitschieters de gemiddeld lagere bemesting op lössgrond en droog zand in 2005. Van dit laatste cluster zijn drie van de vier percelen alleen gemaaid (deze hebben dus een hogere gebruiksnorm) en onder de gebruiksnorm bemest. Ook het vierde, beweide perceel, is lager bemest dan de gebruiksnorm.

Mais 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 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 in teelt (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 staan in de Figuren VIII.3 en VIII.4 van Bijlage VIII. De variatie in bemesting is groter dan bij gras, als gevolg van de teelt van maïs in wisselbouw. Dit is ook de reden waarom in Figuur 4.2 de bemesting niet alleen wordt vergeleken met de (generieke) norm, maar ook met het landbouwkundige bemestingsadvies. Vooral eerste en tweedejaars maïs wordt boven het advies bemest. Gemiddeld is de maïs boven het landbouwkundige advies bemest. Het landbouwkundige advies is lager dan de (generieke) norm.



Figuur 4.1 Clustergemiddelde N-bemesting op referentiepercelen met gras in 2004 (a) en 2005 (b) en de N-bemesting volgens de gebruiksnormen van 2009. Bij de clustering (tussen haakjes het aantal percelen per cluster) is onderscheid gemaakt tussen:

- 'Koeien & Kansen'-percelen en percelen van bedrijf 'De Marke'
- 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 2004 (a) en 2005 (b), de N-bemesting volgens de gebruiksnormen van 2009 en de adviesbemesting (kg N-werkzaam/ha). Bij de clustering (tussen haakjes het aantal percelen per cluster) is onderscheid gemaakt tussen:

- 'Koeien & Kansen'-percelen en percelen van bedrijf 'De Marke'
- zand, löss, klei en veen
- **N**atte (Gt I – VI) en **D**roge percelen (Gt VII – VIII)
- jaar in rotatie (1 jr, 2 jr of >2 jr)

Met een derogatie mag maximaal aan dierlijke mest 250 kg N/ha op landbouwgronden worden toegepast (gebruiksnorm dierlijke mest). Een voorwaarde is dat minimaal 70% van het bedrijfsareaal bestaat uit grasland. Hoe een veehouder de dierlijke mest (drijfmest en weidemest) verdeeld over de percelen is volgens 'de goede landbouwpraktijk'. Tabel 4.1 geeft per grondsoort een overzicht van de bemesting van dierlijke mest op de referentiepercelen met gras en maïs voor de jaren 2004 en 2005. Uitgangspunt op de referentiepercelen is dat deze zo goed mogelijk 'normatief' worden bemest (zie paragraaf 2.2). Gemiddeld is op de referentiepercelen in 'Koeien & Kansen' met gras 312 kg N-totaal aan dierlijke mest toegediend. Dit is ruim 60 kg N/ha boven de gebruiksnorm van dierlijke mest. Maar op maïs is gemiddeld 175 kg N-totaal aan dierlijke mest terecht gekomen, 75 kg N/ha minder dan de gebruiksnorm van dierlijke mest.

Uit de Figuren 4.1 en 4.2 bleek dat de referentiepercelen met gras gemiddeld bemest zijn volgens de gebruiksnorm voor N (dierlijke mest én kunstmest). Tabel 4.1 laat zien dat de dierlijke mestgift hoger is dan de gebruiksnorm van 250 kg N/ha. Daardoor zijn de referentiepercelen met gras met minder kunstmest bemest dan de maximale gebruiksruijme toestaat.

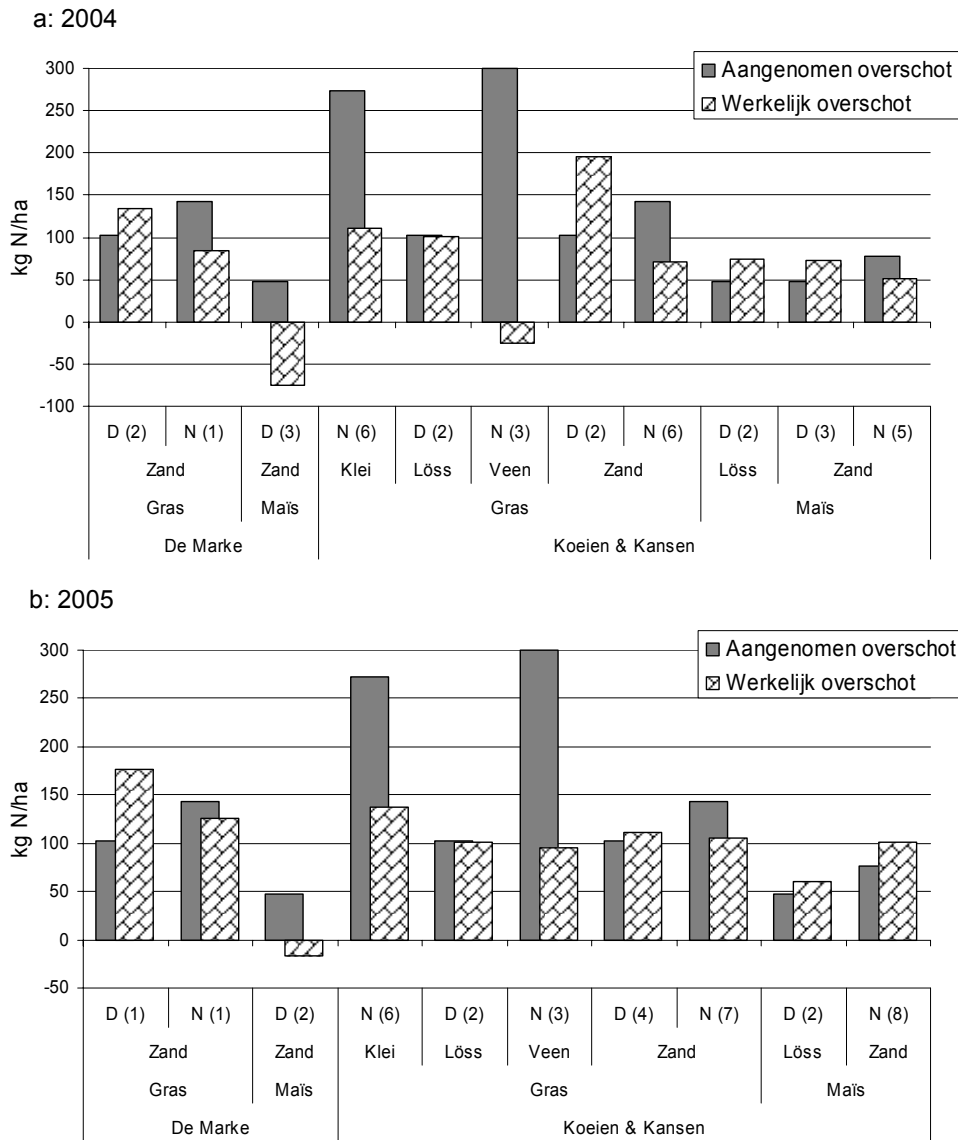
Tabel 4.1 Gemiddelde aanvoer van dierlijke mest (kg N-totaal/ha) per grondsoort op de referentiepercelen met gras en maïs in 2004 en 2005

	Gras		Maïs	
	2004	2005	2004	2005
De Marke	299	318	33	56
Zand	326	291	163	178
Loss	373	294	200	164
Klei	284	315		
Veen	272	343		
Gem. K&K ¹	314	311	181	171

¹ Gemiddeld, zonder de 'De Marke'

4.2 Verdeling van N over bodem en gewas

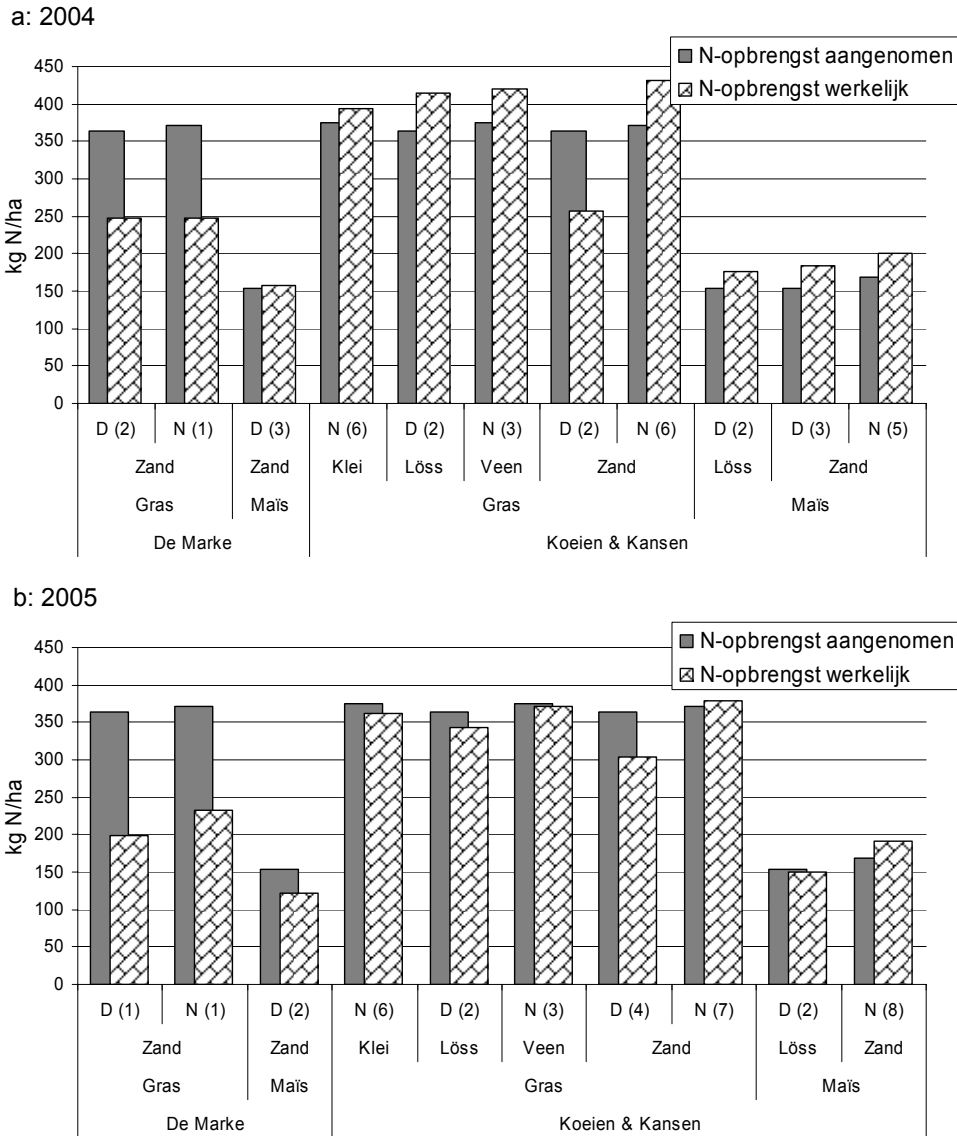
In de onderbouwing van de derogatie (Tabel 1.1) is een veronderstelling gemaakt van de N-opbrengst in het gewas en van het aangenomen N-overschot op de bodem waarbij minimaal wordt voldaan aan de norm (van 11,3 mg N/l). Het resultaat van de clustering voor het N-overschot op de bodem is weergegeven in 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. Gemiddeld is het werkelijke N-overschot in 2004 op droog zand hoger en op nat zand lager dan wat aangenomen is. Dit geldt voor zowel maïs als gras. In 2005 is het N-overschot voor maïs op nat zand hoger dan wat aangenomen is.



Figuur 4.3 Clustergemiddeld N-overschot (werkelijk en aangenomen) (in kg N/ha) in 2004 (a) en in 2005 (b). Bij de clustering (tussen haakjes het aantal percelen per cluster) is onderscheid gemaakt tussen:

- 'Koeien & Kansen'-percelen en percelen van bedrijf 'De Marke'
- gras en maïs
- zand, löss, klei en veen
- Natte (Gt I – VI) en Droge percelen (Gt VII – VIII)

In Figuur 4.4 is het resultaat van de N-opbrengst in het gewas weergegeven. De werkelijke N-opbrengst is vergeleken met de naar aanleiding van de derogatie aangenomen N-opbrengst. In 2004 is naast de N-opbrengst van gras op 'De Marke' alleen de N-opbrengst van gras op de droge zandgrond lager dan de norm-opbrengst. In 2005 is in het algemeen de N-opbrengst van gras lager dan in 2004. In 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 volg-gewas. Op de 'Koeien & Kansen' -referentiepercelen op zandgrond wordt echter het vanggewas eerst geoogst en worden dus alleen de stoppels ondergeploegd. De N-opbrengst van het vanggewas is als afvoerpost meegerekend. Alleen de N-opbrengst van maïsland op 'De Marke' is in 2005 lager dan de aangenomen opbrengst.



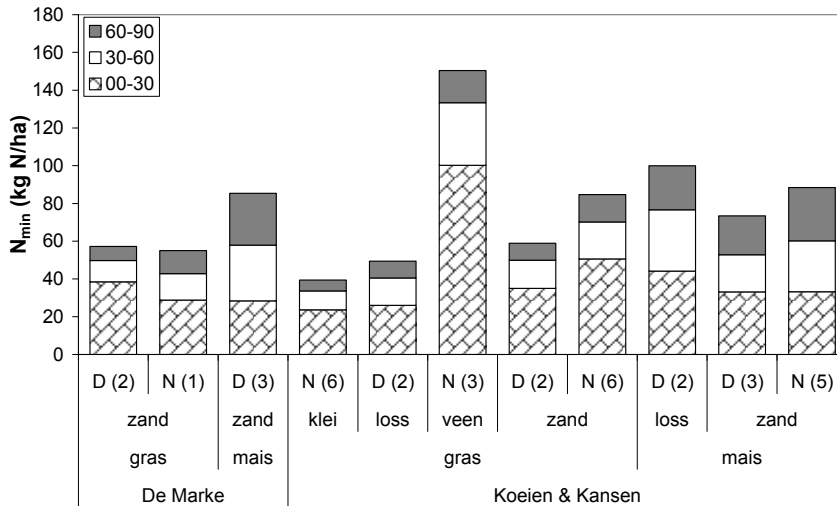
Figuur 4.4 Clustergemiddelde N-opbrengst (werkelijk en aangenomen) (in kg N/ha) in 2004 (a) en in 2005 (b). Bij de clustering (tussen haakjes het aantal percelen per cluster) is onderscheid gemaakt tussen:

- 'Koeien & Kansen'-percelen en percelen van bedrijf 'De Marke'
- gras en maïs
- zand, löss, klei en veen
- Natte (Gt I – VI) en Droge percelen (Gt VII – VIII)

4.3 Minerale stikstof in najaar

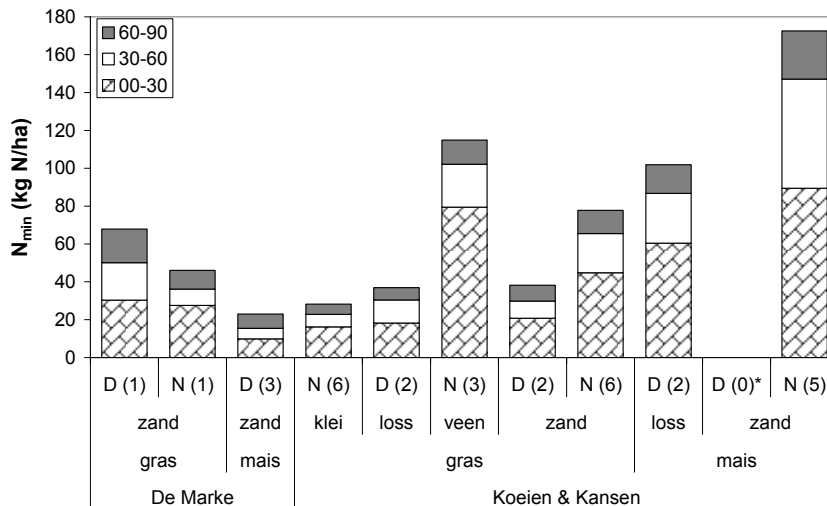
Het N_{\min} -gehalte in de bodem in het najaar/winter wordt in het algemeen gezien als een grove indicator voor N-verliezen, onder andere de nitraatuitspoeling. In de onderbouwing zijn echter geen normen voor het N_{\min} -gehalte vastgesteld.

Het resultaat van de clustering van de N_{\min} -gehalten in het najaar van meetseizoen 2004-2005 en meetseizoen 2005-2006 (gebaseerd op de gegevens uit Bijlage V) is weergegeven in respectievelijk Figuur 4.5 en 4.6. In deze figuren is het gemiddelde N_{\min} -gehalte van elk cluster weergegeven van de najaarsbemonsteringen, respectievelijk 3 in meetseizoen 2004-2005 en 1 in meetseizoen 2005-2006.



Figuur 4.5 Clustergemiddelde N_{min} -gehalte van meetseizoen 2004-2005 voor de lagen 0-30, 30-60 en 60-90 cm-mv (in kg N/ha). Bij de clustering (tussen haakjes het aantal percelen per cluster) is onderscheid gemaakt tussen:

- 'Koeien & Kansen'-percelen en percelen van bedrijf 'De Marke'
- gras en maïs
- zand, löss, klei en veen
- Natte (Gt I – VI) en Droge percelen (Gt VII – VIII)



Figuur 4.6 Clustergemiddelde N_{min} -gehalte van meetseizoen 2005-2006 voor de lagen 0-30, 30-60 en 60-90 cm-mv (in kg N/ha). De clustering is op dezelfde manier uitgevoerd als bij Figuur 4.5 (met tussen haakjes het aantal percelen per cluster). * In dit meetseizoen zijn geen 'Koeien & Kansen'-maïspcelen op droog zand beschikbaar

De N_{min} -gehalten in de droge graspercelen van 'De Marke' zijn in meetseizoen 2004-2005 redelijk vergelijkbaar met de gehalten in de droge graslanden van de 'Koeien & Kansen'-percelen. De N_{min} -gehalten van de natte graspercelen van 'De Marke' zijn in alle lagen lager dan het gemiddelde van hetzelfde cluster K&K-percelen. Op het droge maïsland van 'De Marke' treedt in meetseizoen 2004-2005 een andere verdeling van de hoeveelheid N_{min} met de diepte op dan gemiddeld bij hetzelfde cluster K&K-percelen. Bij de K&K-percelen neemt de hoeveelheid N_{min} namelijk af met de diepte, terwijl bij 'De Marke' zo'n afname niet aanwezig is. In meetseizoen 2005-2006 is de hoeveelheid N_{min} in dit cluster bij 'De Marke' beduidend lager dan in meetseizoen 2004-2005. In meetseizoen 2004-2005 waren de maïspcelen op 'De Marke' eerstejaars en is in het voorjaar van 2004 de graszode (van derdejaars gras) ondergeploegd (sterke mineralisatie). In 2005 zijn er geen K&K-maïspcelen op droog zand beschikbaar.

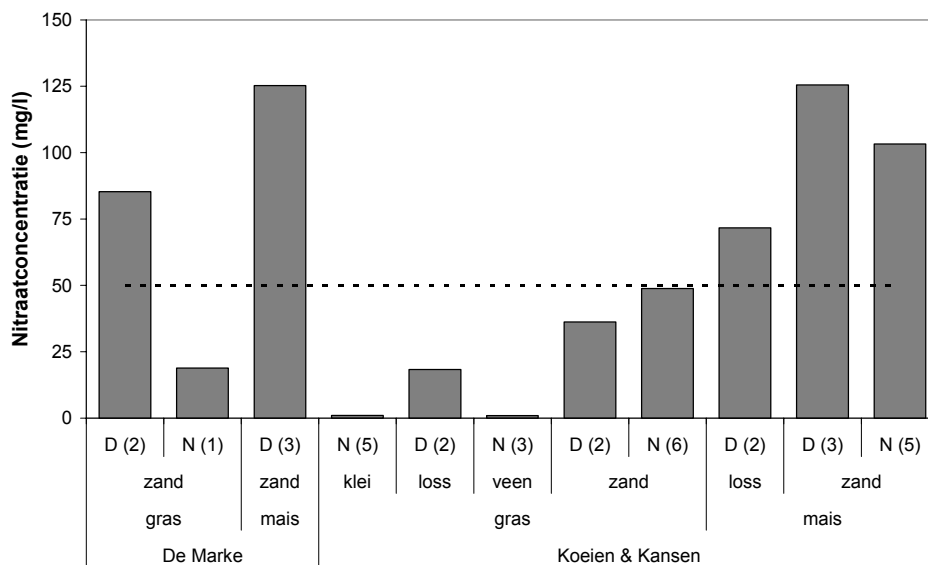
De N_{\min} -gehalten in het cluster K&K-maïspcelen op nat zand zijn in meetseizoen 2005-2006 veel hoger dan in meetseizoen 2004-2005. Dit is voor een belangrijk deel toe te schrijven aan de hoge gehalten in de eerstejaars-maïspcelen 20 en 25 van Hoefmans. Bij beide percelen is (enkele jaren oud) grasland in het voorjaar van 2005 ondergeploegd. Het is bekend is dat in het eerste jaar na scheuren van grasland er een sterke mineralisatie plaats vindt in de bodem (Aarts *et al.*, 2002).

In het algemeen blijkt uit Figuur 4.5 en 4.6 dat (bij vergelijkbare clusters K&K-percelen) de hoeveelheid N_{\min} in maïspanld hoger is dan op grasland. Hack-Ten Broeke *et al.* (2004) hebben ook grotere hoeveelheden N_{\min} gemeten op maïspanld dan op grasland. Op grasland is relatief gezien het meeste N_{\min} aanwezig in de laag 0-30 cm-mv. Van de 3 lagen bevat ook op maïspanld de laag 0-30 cm-mv de meeste N_{\min} , al is het relatieve aandeel van deze laag aan de totale hoeveelheid duidelijk lager. In andere woorden: op (niet-gescheurd) grasland zit het meeste N_{\min} in de bovengrond en op maïspanld zit veel meer N_{\min} in de ondergrond.

Het type gebruik bepaalt mede de hoeveelheid N_{\min} die wordt aangetroffen in de bodem. Onafhankelijk van het gebruik lijkt geconcludeerd te kunnen worden dat de hoeveelheid N_{\min} in veengrond het hoogst is. Verder blijkt uit de Figuren 4.5 en 4.6 dat de hoeveelheid N_{\min} in nat zand hoger is dan in droog zand (met uitzondering van de percelen op 'De Marke'). De hoeveelheid N_{\min} in lössgrond is op basis van de Figuren 4.5 en 4.6 sterk afhankelijk van het gebruik. De orde grootte ligt vermoedelijk echter dichter in de buurt van zand dan van veen.

4.4 Nitraatconcentratie in grondwater

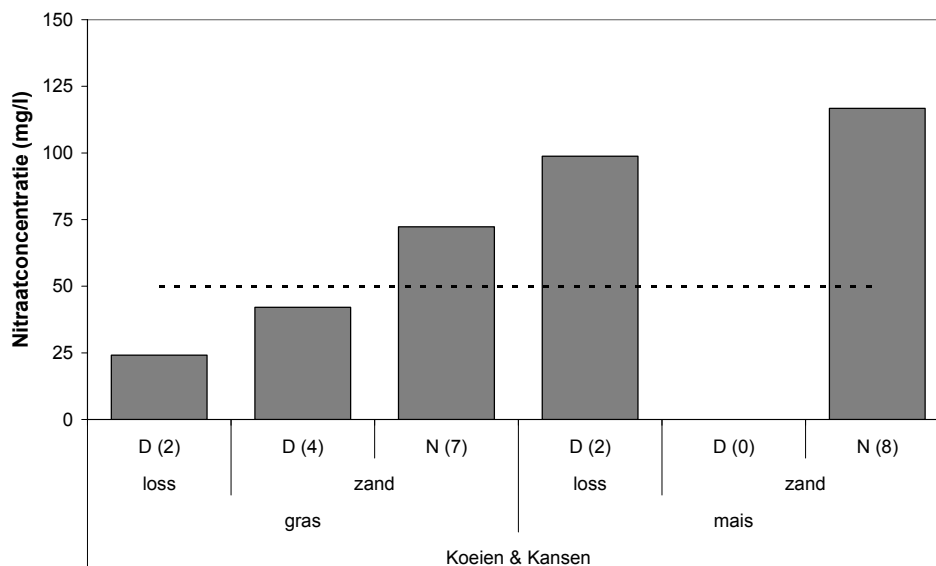
Het resultaat van de clustering van de nitraatconcentraties (gebaseerd op gegevens uit Bijlage VI) is weergegeven in de Figuren 4.7 en 4.8. In deze figuren is de gemiddelde nitraatconcentratie in het grondwater van elk cluster weergegeven. Ter verduidelijking: het clustergemiddelde is berekend op basis van de perceelsmedianen.



Figuur 4.7 Clustergemiddelde nitraatconcentratie in het grondwater dan wel bodemvocht voor meetseizoen 2004-2005 (in mg/l). Bij de clustering (tussen haakjes het aantal percelen per cluster) is onderscheid gemaakt tussen:

- 'Koeien & Kansen'-percelen en percelen van bedrijf 'De Marke'
- gras en maïs
- zand, löss, klei en veen
- Natte (Gt I – VI) en Droge percelen (Gt VII – VIII)

De norm uit de EU-nitraatrichtlijn van 50 mg/l is weergegeven met behulp van een streepjeslijn



Figuur 4.8 Clustergemiddelde nitraatconcentratie in het grondwater dan wel bodemvocht voor meetseizoen 2005-2006 (in mg/l). De clustering is op dezelfde manier uitgevoerd als bij Figuur 4.7 (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. In dit meetseizoen zijn geen 'Koeien & Kansen'-maïspcelen op droog zand beschikbaar

De gemiddelde nitraatconcentraties van de droge maïspcelen van de 'De Marke' (i.c. eerstejaars maïs met een ondergeploegde graszode en een negatief N-overschot) en van de K&K-percelen zijn nagenoeg hetzelfde. De gemiddelde nitraatconcentratie van de droge graspercelen op 'De Marke' is ruim 2 keer zo hoog als van hetzelfde cluster K&K-percelen. De gemiddelde nitraatconcentratie van de natte graspercelen van 'De Marke' is juist veel lager dan van hetzelfde cluster K&K-percelen. In meetseizoen 2005-2006 zijn geen nitraatconcentraties gemeten op 'De Marke'.

Alle gemiddelde nitraatconcentraties horende bij K&K-graspercelen zijn lager dan de EU-norm van 50 mg/l met uitzondering van het natte zandcluster in meetseizoen 2005-2006. In meetseizoen 2004-2005 voldoet dit cluster net wel aan de EU-norm. De gemiddelde nitraatconcentraties van de maïsclusters zijn in beide meetseizoenen hoger dan de EU-norm.

Tussen de verschillende grondsoorten zijn structurele verschillen waarneembaar. De nitraatconcentraties van de klei- en veengronden zijn veruit het laagst en van de zandgronden het hoogst. De nitraatconcentraties in de lössclusters zijn lager dan in de zandclusters, maar zeker niet zo laag als bij klei en veen.

Tussen de droge en natte zandgronden zijn ook duidelijke, maar geen eenduidige verschillen waarneembaar. Soms resulteren de droge zandgronden in de hoogste clustergemiddelde nitraatconcentraties, in andere gevallen de natte zandgronden. Over het algemeen wordt aangenomen dat de nitraatconcentraties in droge zandgronden hoger zijn dan in natte zandgronden. Meetresultaten uit het project 'Sturen Op Nitraat' bevestigen dit beeld (Hack-ten Broeke *et al.*, 2004). Er is geen duidelijke oorzaak aan te geven waarom juist bij de K&K-graspercelen de natte zandgronden leiden tot de hoogste gemiddelde nitraatconcentraties. De hogere N-bemesting (Figuur 4.1) en de grotere hoeveelheid N_{\min} in de bodem in het najaar (Figuur 4.5 en 4.6) bij de natte zandgronden (ten opzichte van de droge zandgronden) 'passen' bij de hogere nitraatconcentraties. Aan de andere kant 'passen' de lagere N-overschotten (Figuur 4.3) en de hogere N-opbrengsten (Figuur 4.4) bij de natte zandgronden (ten opzichte van de droge zandgronden) juist niet bij de hogere nitraatconcentraties. De combinatie relatief laag N-overschot (plus hoge N-opbrengst) en een relatief grote hoeveelheid N_{\min} in de bodem in het najaar wijst op de aanwezigheid van een dominante N-bron in de bodem (bijv. mineralisatie) en/of op de afwezigheid van een dominante N-verliespost (bijv. denitrificatie).

De gemiddelde nitraatconcentraties van alle clusters in meetseizoen 2005-2006 zijn hoger dan van dezelfde clusters in meetseizoen 2004-2005. In paragraaf 3.5 zijn een aantal redenen gegeven, die deze constatering deels kunnen verklaren, te weten: het verschil in neerslagoverschot, het verschil in bemonsteringsperiode, het verschil in incubatieperiode en het verschil in het aantal monsters per monstersoort.

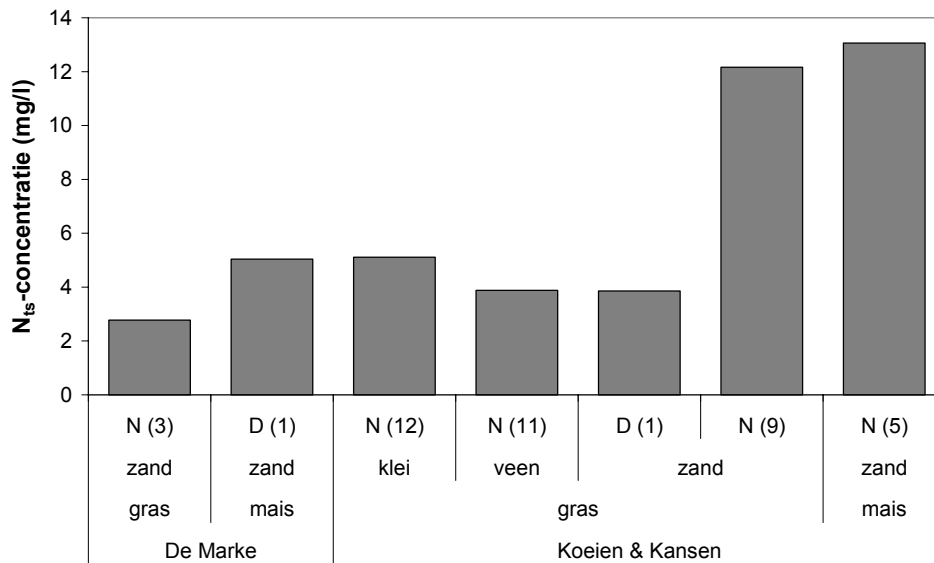
4.5 Stikstof in oppervlaktewater

Het resultaat van de clustering van de $N_{\text{totaal,opgelost}}$ -concentraties (N_{ts}) uit meetseizoen 2004-2005 (zie Bijlage VII) is weergegeven in Figuur 4.9. In deze figuur is de gemiddelde N_{ts} -concentratie in het oppervlaktewater voor elk cluster weergegeven. Ter verduidelijking: het clustergemiddelde is vanwege het geringe aantal monsters berekend op basis van alle meetresultaten horende in een cluster en dus niet op basis van perceelsmedianen.

Uit Figuur 4.9 blijkt dat het aantal oppervlaktewatermonsters, waarop de clustergemiddelden gebaseerd zijn, klein is (maximaal 12). (Ter info: perceelsmedianen voor grondwater zijn gebaseerd op 12 monsterplekken per perceel, en clustergemiddelden voor grondwater dus op een veelvoud daarvan.) Een ander punt dat de kwalitatieve beoordeling van de resultaten bemoeilijkt, is het reeds eerder beschreven feit dat de herkomst van het oppervlaktewater zeer lastig te achterhalen is.

Het Maximaal Toelaatbaar Risico (MTR-waarde) voor N_{totaal} in oppervlaktewater bedraagt 2,2 mg/l (ter info: $N_{\text{totaal,opgelost}} < N_{\text{totaal}}$). Deze MTR-waarde geldt echter als zomergemiddelde voor stagnante eutrofiëringsevoelige oppervlaktewateren (Vos *et al.*, 2003). De monsternamen in het kader van dit project betreft echter een momentopname in het voorjaar. Bij de onderbouwing van de derogatie (Schröder *et al.*, 2005) is uitgegaan van een streefwaarde van 11,3 mg/l N_{totaal} in drain- of slootwater. Deze streefwaarde geldt alleen voor de klei- en veengronden.

Uit Figuur 4.9 blijkt dat de gemiddelde (gemeten) N_{ts} -concentraties in het oppervlaktewater bij alle clusters hoger zijn dan de MTR-waarde, maar bij 5 clusters lager dan de streefwaarde (horende bij de onderbouwing van de derogatie). Gezien het geringe aantal monsters, de onduidelijke herkomst van het oppervlaktewater en het feit dat het hier een momentopname in het voorjaar betreft, wordt aan de in Figuur 4.9 gepresenteerde resultaten vooral een indicatieve waarde toegekend.



Figuur 4.9 Clustergemiddelde N_{ts} -concentratie in het oppervlaktewater van meetseizoen 2004-2005 (in mg/l). Bij de clustering is onderscheid gemaakt tussen:

- referentiepercelen en percelen van bedrijf 'De Marke'
- gras en maïs
- zand, löss, klei en veen
- **N**atte (Gt I – VI) en **D**roge percelen (Gt VII – VIII)

De cijfers tussen haakjes geven aan op hoeveel monsters het gemiddelde is gebaseerd.

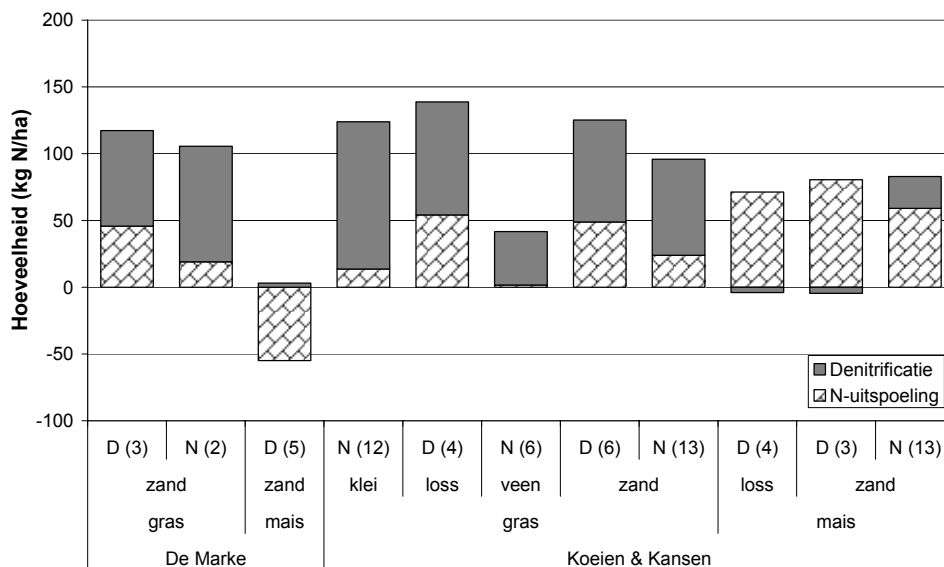
4.6 Lot van het N-overschot

Deze paragraaf besteedt aandacht aan de vraag 'Wat gebeurt er met het N-overschot?'. Met andere woorden: hoe wordt het N-overschot uiteindelijk verdeeld over de diverse balansposten. Onze interesse gaat hierbij vooral uit naar de balansposten:

- uitspoeling van N naar het grondwater
- omzetting van N door denitrificatie
- verandering van de totale voorraad N in de bodem

Net als bij de onderbouwing van de derogatie (Schröder *et al.*, 2005) is ook bij het beantwoorden van deze vraag de methode 'Mest-ABC' gebruikt. In Bijlage IX is deze methode toegelicht.

In Figuur 4.10 zijn de met de 'Mest-ABC' berekende hoeveelheden stikstofuitspoeling en denitrificatie weergegeven per cluster van referentiepercelen. De som van de beschouwde posten is gelijk aan het N-overschot, die (op basis van de meetresultaten uit dit rapport) gemiddeld gezien hoort bij de betreffende clusters. De gebruikte uitspoelfracties en neerslagoverschotten zijn afkomstig uit Schröder *et al.* (2005) en staan ook in Tabel 1.1. In deze resultaten zijn alle referentiepercelen meegenomen uit de meetseizoenen 2004-2005 en 2005-2006.



Figuur 4.10 Met methode 'Mest-ABC' berekende hoeveelheden stikstofuitspoeling en denitrificatie per cluster van referentiepercelen voor de meetseizoenen 2004-2005 en 2005-2006 (samen). Bij de clustering (tussen haakjes het aantal percelen per cluster) is onderscheid gemaakt tussen:

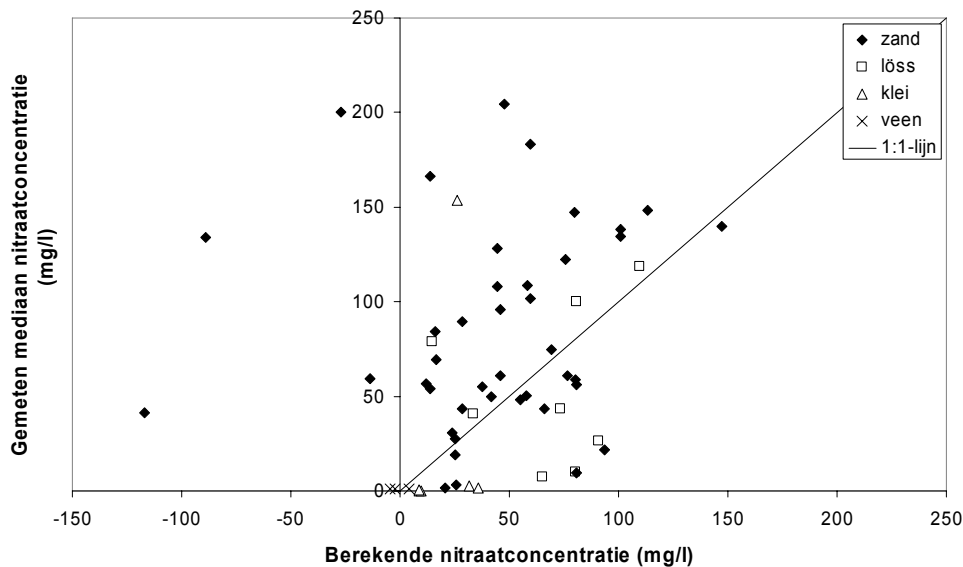
- 'Koeien & Kansen'-percelen en percelen van bedrijf 'De Marke'
- gras en maïs
- zand, löss, klei en veen
- **N**atte (Gt I – VI) en **D**roge percelen (Gt VII – VIII)

Uit Figuur 4.10 blijkt dat het N-overschot voor het cluster 'De Marke'-percelen met maïs op droog zand negatief is. Hierdoor wordt een negatieve stikstofuitspoeling (en dus een negatieve nitraatconcentratie) berekend. Gemeten nitraatconcentraties zijn echter (per definitie) positief. De methode 'Mest-ABC' is dan ook niet geschikt voor (clusters van) percelen met negatieve N-overschotten.

Inherent aan de bij deze methode gebruikte uitspoelfracties is op clusterniveau denitrificatie het belangrijkste proces op grasland en stikstofuitspoeling het belangrijkste proces op maïsland. Tussen de verschillende bodemsoorten zijn wel enige verschillen. Bij klei en veen is het relatieve aandeel denitrificatie hoger dan bij zand of löss. En nat zand kent weer relatief meer denitrificatie dan droog zand.

Bij de methode 'Mest-ABC' wordt aangenomen wordt dat de voorraad stikstof in de bodem niet veranderd (en dus dat de som van N-uitspoeling en denitrificatie gelijk is aan het N-overschot). Over meerdere jaren en meerdere percelen gezien zal deze aanname gemiddeld wel kloppen, maar bij een beschouwing over 1 jaar van 1 perceel lijkt deze aanname minder juist te zijn.

Op basis van het N-overschot is met behulp van de 'Mest-ABC' ook de nitraatconcentratie van elk referentieperceel en beide meetseizoenen berekend. Deze berekende nitraatconcentratie is in Figuur 4.11 per perceel weergegeven ten opzichte van de daadwerkelijk gemeten nitraatconcentratie (mediaanwaarde). De mate van spreiding van de puntenwolk rond de 1:1-lijn is een maat voor het 'voorspellende karakter' van de methode 'Mest-ABC'. De methode is als 'voorspeller' van de nitraatconcentratie beter, naarmate de puntenwolk beter rond de 1:1-lijn is geconcentreerd. Figuur 4.11 geeft dus een indruk van hoe goed de methode 'Mest-ABC' de werkelijkheid benaderd.

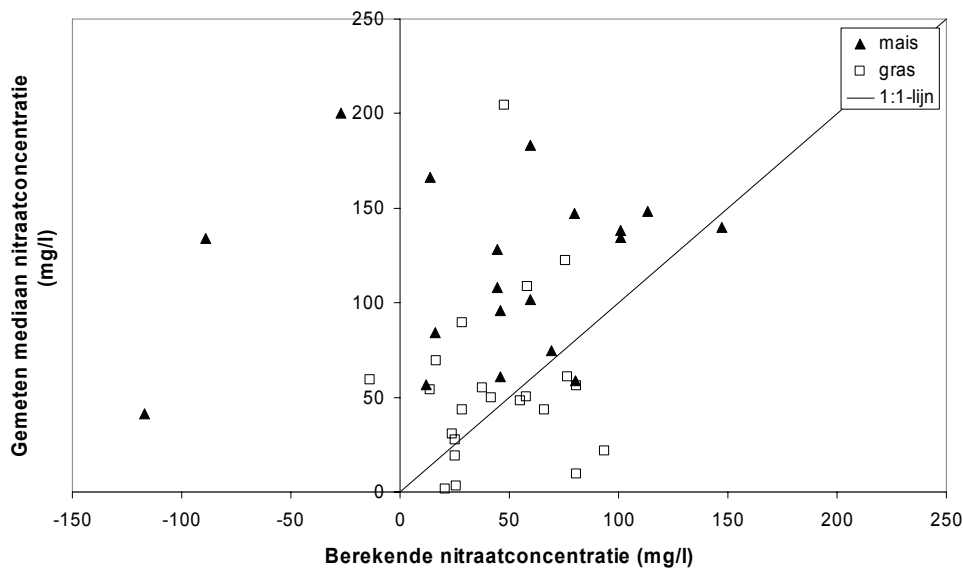


Figuur 4.11 Met methode 'Mest-ABC' berekende nitraatconcentratie ten opzichte van de gemeten mediaan nitraatconcentratie voor elk referentieperceel en beide meetseizoenen. Hierbij is onderscheid gemaakt tussen de diverse bodemtypen

Als gevolg van de negatieve N-overschotten worden met de 'Mest-ABC' negatieve nitraatconcentraties berekend, terwijl de gemeten nitraatconcentraties (per definitie) positief zijn. Wanneer de berekende negatieve nitraatconcentraties worden weggelaten, blijkt dat bij zand de gemeten nitraatconcentraties over het algemeen hoger zijn dan de berekende nitraatconcentraties - de meeste punten liggen namelijk boven de 1:1-lijn. De gemeten nitraatconcentraties bij löss-, klei- en veengrond zijn daarentegen juist lager dan de berekende nitraatconcentraties.

De zeer hoge gemeten nitraatconcentratie van het reeds eerder besproken kleiperceel J4 van Sikkenga-Bleker is duidelijk in Figuur 4.11 te herkennen. Twee van de vier zeer hoge gemeten nitraatconcentraties op zand (>150 mg/l) zijn toe te schrijven aan maispercelen, die in het voorafgaande jaar bestonden uit grasland en voor de maïsteelt zijn gescheurd. Deze percelen zijn zeker niet 'in evenwicht', hier is de methode 'Mest-ABC' dus eigenlijk niet toepasbaar.

In Figuur 4.12 zijn alleen de zandgronden uit Figuur 4.11 weergegeven, en is onderscheid gemaakt tussen de gras- en maispercelen op zand.



Figuur 4.12 Als Figuur 4.11, maar dan alleen de referentiepercelen op zandgrond. Hierbij is onderscheid gemaakt tussen gras- en maïspercelen

Uit Figuur 4.12 blijkt dat de met de 'Mest-ABC' berekende nitraatconcentraties en de gemeten nitraatconcentraties van de graspercelen redelijk gegroepeerd zijn rond de 1:1-lijn. Uit Figuur 4.12 blijkt ook dat de gemeten nitraatconcentraties op de maïspercelen duidelijk hoger zijn dan de met de 'Mest-ABC' berekende nitraatconcentraties. Voor grasland op zand is de 'Mest-ABC' dus een betere voorspeller dan voor maïsland op zand.

Verschillen tussen berekende en gemeten nitraatconcentraties zijn deels toe te schrijven aan de aanname van de 'Mest-ABC' dat de totale voorraad N in de bodem van de percelen niet veranderd. Zoals reeds eerder vermeld, is deze aanname minder juist wanneer individuele percelen en jaren beschouwd worden. Om met name met deze aanname van de 'Mest-ABC' verantwoord om te kunnen gaan, is het dus wenselijk om te beschikken over een uitgebreidere dataset (bestaande uit metingen van nog meer jaren).

4.7 Gebruiksnormen, onderbouwning en realisatie

De eerste onderzoeksvraag van dit rapport moet antwoord geven op de vraag of strikte toepassing van de gebruiksnormen 2009 op perceelsniveau de in de wet aangenomen benutting van meststoffen oplevert. Om hierop een antwoord te geven wordt eerst een overzicht gegeven per grondsoort van de bemesting volgens de gebruiksnormen 2009 en de bemesting en de aangenomen opbrengst volgens de onderbouwning van de derogatie (Tabel 4.2). Deze worden vergeleken met de resultaten van 'Koeien & Kansen' uit het verleden (MINAS 2000-2003) en met de eerste resultaten (2004 en 2005) van het toepassen van gebruiksnormen op de referentiepercelen van 'Koeien & Kansen'.

De gebruiksnorm 2009 voor grasland op zand- en lössgrond is vergelijkbaar met de bemesting van droge zandgrond in de onderbouwning van de derogatie, en lager dan de gerealiseerde gemiddelde bemesting op de 'Koeien & Kansen'-bedrijven in de periode 2000-2003. De referentiepercelen in 2004 en 2005 zijn gemiddeld minder bemest dan het maximum van de gebruiksnorm. Zowel de op zandgrond gerealiseerde opbrengsten in het verleden als die van de referentiepercelen in 2004 en 2005 zijn hoger dan de aangenomen opbrengst volgens de onderbouwning. De gerealiseerde opbrengst in 2005 was lager dan in 2004. Voor klei- en veengrond zijn de gebruiksnormen 2009 lager dan de onderbouwning en hoger dan de in het verleden gerealiseerde bemesting in 'Koeien & Kansen' (MINAS 2000-2003). Op kleigrond zijn de referentiepercelen in 2004 en 2005 grofweg bemest volgens de gebruiksnorm, terwijl op veengrond in 2004 en 2005 onder de norm is bemest. De opbrengsten in het verleden (MINAS 2000-2003) zijn op klei- en veengrond iets hoger dan de veronderstelling mét een lagere bemesting. Op de referentiepercelen valt de opbrengst nog hoger uit, vooral die op veengrond in 2004.

De gebruiksnorm 2009 voor maïsland op zand- en lössgrond is hoger dan de onderbouwing van de derogatie. Vooral de bemestingsnorm op droog zand is in de onderbouwing lager. De gerealiseerde gemiddelde bemesting op de 'Koeien & Kansen' bedrijven is in de periode 2000-2003 7 kg werkzame N/ha hoger dan de gebruiksnorm. De referentiepercelen zijn in 2004 minder en in 2005 meer bemest dan wat de gebruiksnorm maximaal voorschrijft (-10 kg in 2004 en +14 in 2005). Zowel de gerealiseerde opbrengst in het verleden als die van de referentiepercelen is hoger dan de aangenomen opbrengst. De gerealiseerde opbrengst in het verleden en die van de referentiepercelen zijn 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 de in de wet aangenomen benutting van meststoffen (onderbouwing) vergeleken met de eerste resultaten in 'Koeien & Kansen' op de referentiepercelen.

Behalve op droog zand en maïs op löss zijn in alle clusters de gerealiseerde benutting van meststoffen in 2004 hoger dan in Schröder *et al.* (2005). Dit is het gevolg van iets lagere bemestingen dan de gebruiksnorm en hogere opbrengsten dan in de veronderstelling. Het groeizame weer in 2004 (veel zonuren en voldoende neerslag) heeft hieraan bijgedragen. De hoge verwachtingen van de benutting van meststoffen op droog zand worden echter (nog) niet waargemaakt. Behalve op droog zand is in 2005 op gras de gerealiseerde benutting van meststoffen lager dan in 2004, maar nog steeds hoger dan in de onderbouwing. Bij gras op droog zand is de benutting nu ook hoger dan in de onderbouwing. In 2005 waren voor maïs geen referentiepercelen op droog zand beschikbaar. De benutting van meststoffen door maïs op nat zand was lager dan in 2004 en ook lager dan in de onderbouwing.

Tabel 4.2 De bemesting (kg werkzame N/ha) volgens de gebruiksnorm 2009, de bemesting en de aangenomen opbrengsten (kg N/ha) volgens de onderbouwing van de derogatie (Tabel 1.1), resultaten uit het verleden van 'Koeien & Kansen' (MINAS 2000-2003) en de resultaten uit 2004 en 2005 op de referentiepercelen van 'Koeien & Kansen' na toepassen van de gebruiksnormen

	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		310		265	
Onderbouwing ²	262-326	321-324	426	332	294	313
MINAS 2000-2003	291	385	262	352	205	322
Referentiepercelen						
- 2004	253	392	319	393	234	420
- 2005	255	350	307	362	255	371
Maïs						
Gebruiksnorm 2009	150	165				
Onderbouwing ²	112-154	154-173				
MINAS 2000-2003	157	188				
Referentiepercelen						
- 2004	140	191				
- 2005	164	183				

¹ Bij de gebruiksnorm is de hoeveelheid werkzame (wz.) N in dierlijke mest op 45% werkzaam en bij kunstmest op 100% werkzaam verondersteld. De gerealiseerde bemesting in het verleden (MINAS 2000-2003) en die van de referentiepercelen zijn berekend als de hoeveelheid werkzame N in uitgereden dierlijke mest op grasland (50% werkzaam) en maïsland (60% werkzaam), weidemest (15% werkzaam) en kunstmest (100% werkzaam).

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.

Tabel 4.3 De benutting per cluster volgens Schröder *et al.* (2005) en de benutting die is waargenomen op de referentiepercelen van 'Koeien & Kansen' bedrijven in 2004 en 2005. De percelen op 'De Marke' zijn niet meegenomen

Gewas/gebruik	Bodemtype	Benutting (%) Onderbouwning	K&K	
			2004	2005
Gras	Veen	71	106	79
	Klei	57	82	75
	Droog zand	78	66	80
	Löss	78	83	80
	Nat zand	68	94	85
Maïs	Veen			
	Klei	62		
	Droog zand	89	84	
	Löss	89	76	80
	Nat zand	78	97	76

Een samenvatting van de toetsing van de gebruiksnormen in de praktijk is weergegeven in de Tabellen 4.3 en 4.4. In Tabel 4.4 zijn de resultaten van de 'Koeien & Kansen'-percelen in 2004 en 2005 vergeleken met de veronderstellingen in de onderbouwning van de derogatie (Tabel 1.1). Deze vergelijking is gedaan voor de aanvoer, het N-overschot en de nitraatconcentratie.

Het verschil in N-aanvoer op grasland varieert van 17% onder de norm (droog zand in 2005) tot 11% boven de norm (löss in 2004). Het verschil in N-overschot op grasland is nog groter: van 90% boven de norm (droog zand in 2004) tot meer dan 100% onder de norm (veen in 2004). De nitraatconcentratie bij grasland op klei-, löss- en veengrond is meer dan 50% lager dan de norm van de EU-nitraatrichtlijn, terwijl op lössgrond zowel de aanvoer als het N-overschot ongeveer gelijk is aan de 'norm'. Ook bij gras op (droog en nat) zand is de nitraatconcentratie in meetseizoen 2004-2005 lager dan de norm (bij nat zand nog maar net). Alleen de nitraatconcentratie onder grasland op nat zand zit in meetseizoen 2005-2006 boven de norm.

Het verschil in N-aanvoer op maïsland varieert van 8% onder de norm (nat zand 2004) tot 34% boven de norm (löss in 2004). Het verschil in N-overschot varieert van 33% onder de norm (nat zand 2004) tot 55% boven de norm (löss in 2004). Alleen bij maïsland op nat zand is de aanvoer en het overschot lager dan de norm. In alle maïsclusters overschrijdt de nitraatconcentratie de norm van 50 mg/l. Op zandgrond geldt dat de mate van overschrijding een gelijke trend volgt als die van het N-overschot.

Voor het omrekenen van een N-overschot naar milieukwaliteit (nitraatconcentratie) is in de onderbouwning van de derogatie gebruik gemaakt van de methode 'Mest-ABC' (zie Bijlage IX). In § 4.6 is met deze methode 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 clusterniveau 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 (gras, maïs) en de GHG. De gebruikte correctiefactoren zijn per cluster berekend door het neerslagoverschot uit Tabel 1.1 (norm) te delen door het neerslagoverschot behorende bij grasland op zand met een GHG < 0.4 m beneden maaiveld. De verschillen in N-overschot tussen de jaren binnen een cluster zijn groot. Dit geldt ook voor het neerslagoverschot, 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 op grasland lager dan of ongeveer gelijk aan de aangenomen uitspoelfracties. Gemiddeld is de uitspoelfractie onder maïsland op löss (0.91) lager dan de aanname (1.06), maar de variatie tussen de jaren is groot (1.18 en 0.64). 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 (1.30 versus 1.06). Ook de berekende uitspoelfractie van maïsland op nat zand overschrijdt gemiddeld de aanname, maar de verschillen tussen de jaren zijn erg groot (1.63 versus 0.38). Ondanks het hogere N-overschot in 2005 spoelt er relatief minder stikstof uit naar het grondwater dan in 2004, onder andere dankzij het lagere neerslagoverschot.

Uit deze (voorlopige) 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 in meetseizoen 2005-2006 bleek de nitraatconcentratie hoger dan de norm, mede veroorzaakt door een laag neerslagoverschot. Op droog zand werd een lagere nitraatconcentratie gemeten dan op nat zand, vooral in 2005. Drie van de vier percelen in de cluster droog zand in 2005 werden alleen gemaaid en niet beweid. Beweiding levert een grote bijdrage aan nitraatuitspoeling zo blijkt uit onderzoek, o.a. op 'De Marke' (Verloop *et al.*, 2006). Dit kan een reden zijn van de relatief lagere nitraatconcentraties op droog zand vergeleken met nat zand. Andere redenen kunnen zijn wisselbouw, maar dat is nog niet onderzocht. Ook moet kritisch gekeken worden naar de representativiteit van de referentiepercelen in een cluster.

De gebruiksnormen voor maïsland lijken in de praktijk te hoog om de norm voor de nitraatconcentratie 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 cyclus in wisselbouw (drie jaar maïs en drie jaar gras) (Schröder *et al.*, 2005). Daarnaast zijn de werkelijke uitspoelfracties van maïsland op zandgrond voor de betreffende jaren hoger dan aangenomen. De oorzaak hiervan moet vooral gevonden worden in de uitvoering van de teelt van maïs en de hoogte van de gebruiksnorm. Uit Figuur 4.2 blijkt namelijk dat de gebruiksnorm hoger is dan het landbouwkundig advies van de teelt van maïs in wisselbouw. Ook in de uitvoering van de teelt van maïs wordt te weinig rekening gehouden met nalevering van mineralen door het onderploegen van graszoden. Daarnaast wordt in de praktijk het vanggewas bemest en voordat het wordt ondergeploegd beweid dan wel geogst.

Tabel 4.4 Vergelijking van de in 2004 en 2005 gerealiseerde aanvoer (dierlijke mest inclusief ammoniakverliezen tijdens uitrijden en beweiding, en kunstmest), het N-overschot en de nitraatconcentratie per gewas en bodemtype met de aanname die bij de derogatie zijn verondersteld (Tabel 1.1). Het verschil is uitgedrukt als het percentage afwijking t.o.v. de aanname/norm. De percelen van 'De Marke' zijn buiten dit overzicht gelaten

Gewas/Bodemtype	n	Aanvoer (kg N-totaal/ha)			Overschot (kg N/ha)			Nitraatconcentratie (mg nitraat/l)		
		aanname	realisatie	verschil%	aanname	realisatie	verschil%	norm	realisatie	verschil%
Gras										
Klei 2004	6	566	482	-15	273	111	-60	50	1	-98
Klei 2005	6	566	484	-14	273	138	-50	50	18	-64
Löss 2004	2	453	502	11	103	101	-2	50	24	-52
Löss 2005	2	453	427	-6	103	101	-1	50	1	-98
Veen 2004	3	444	397	-11	300	-26	-109	50		
Veen 2005	3	444	472	6	300	95	-68	50	36	-28
Droog zand 2004	2	453	388	-14	103	196	90	50	42	-16
Droog zand 2005	4	453	378	-17	103	111	7	50	49	-2
Nat zand 2004	6	509	460	-10	143	71	-50	50	72	44
Nat zand 2005	7	509	444	-13	143	105	-26	50		
Mais										
Löss 2004	2	174	233	34	48	74	55	50	72	44
Löss 2005	2	174	188	8	48	60	25	50	99	98
Droog zand 2004	3	174	206	18	48	72	51	50	126	152
Droog zand 2005										
Nat zand 2004	5	206	190	-8	77	52	-33	50	103	106
Nat zand 2005	8	206	240	17	77	101	32	50	117	134

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

	N-overschot (kg N/ha)		Neerslagoverschot (mm)		aanname	Uitspoelingsfractie (kg/kg)			gem.
	2004	2005	2004	2005		2004	2005	2005	
Gras									
Löss	101	101	424	135	0.39	0.17	0.07	0.12	
Droog zand	196	111	248	236	0.39	0.10	0.20	0.15	
Nat zand	71	105	284	93	0.23	0.44	0.14	0.29	
Mais									
Löss	74	60	541	172	1.06	1.18	0.64	0.91	
Droog zand	72		330		1.06	1.30		1.30	
Nat zand	52	101	363	148	0.65	1.63	0.38	1.01	

4.8 Voorlopige conclusies

Per onderzoeksvraag worden voorlopige conclusies getrokken. Voor hardere conclusies zijn meer meetjaren nodig.

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

Gemiddeld zijn de referentiepercelen op grasland iets lager bemest dan het maximum van de gebruiksnorm in 2009 (Figuur 4.1). De verschillen tussen de individuele percelen zijn groot, maar op cluster-niveau zijn die veel minder. De gemiddelde gewasopbrengsten op clusterniveau zijn in 2004 hoger dan de aangenomen opbrengsten en in 2005 vergelijkbaar met de aangenomen opbrengsten (Figuur 4.4). Alleen bij droog zand blijft de opbrengst in beide jaren achter bij de veronderstelling. Uiteindelijk blijkt de gemiddelde benutting van meststoffen op grasland hoger dan in de veronderstelling, met uitzondering van droog zand waarbij de benutting gemiddeld iets onder de veronderstelling blijft (Tabel 4.3).

Gemiddeld zijn de referentiepercelen met maïs bemest conform de maximale gebruiksnorm maar boven het landbouwkundige advies (Figuur 4.2). De variatie tussen percelen is erg groot. Vooral op eerstejaars en tweedejaars maïspcelen 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 4.4) iets hoger dan de veronderstelling. De benutting van meststoffen (Tabel 4.3) op maïs is gemiddeld bij nat zand hoger dan de veronderstelling en bij droog zand en löss lager dan de veronderstelling.

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

De hoeveelheid minerale N op grasland in het najaar/winter in de laag 0-90 cm-mv (Figuur 4.5 en 4.6) is het hoogst op veengrond (± 130 kg N/ha) en op kleigrond het laagst (± 35 kg N/ha). Op nat zand wordt meer N in de bodem aangetroffen dan op droog zand en lössgrond. Bij dezelfde bodemsoorten zijn op maïsland de hoeveelheden minerale N in de bodem in het najaar/winter 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 (100 – 140 kg N/ha).

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

Van de voorraad minerale N in de bodem komt bij grasland op klei- en veengrond bijna niets in het grondwater terecht. Onder grasland op zand- en lössgrond is de werkelijke uitspoelfractie volgens Tabel 4.5 gemiddeld lager dan de aanname. De werkelijke uitspoelfractie varieert tussen 0.12 (löss) en 0.29 (nat zand). Tussen de jaren onderling (2004-2005 en 2005-2006) is de variatie redelijk groot. Gemiddeld is de uitspoelfractie bij maïsland op löss lager dan de aanname (0.91), maar de variatie tussen de jaren is vrij groot (1.18 in 2004-2005 en 0.64 in 2005-2006). Van maïsland op droog zand zijn van één jaar resultaten bekend, welke aangeven dat de gerealiseerde uitspoelfractie (1.30) de aanname (1.06) overschrijdt. Ook de gerealiseerde uitspoelfractie van maïsland op nat zand overschrijdt gemiddeld de aanname, maar de verschillen tussen de jaren zijn erg groot (1.63 versus 0.38). Ondanks het hogere N-overschot in 2005-2006 bij maïs op nat zand spoelt er relatief minder stikstof uit naar het grondwater dan in 2004-2005, onder andere dankzij het lagere neerslagoverschot.

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

De meteorologische omstandigheden en (de hydrologie van) 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 toepassen van een vanggewas. Met name tijdens het eerstejaar van de maïsteelt zijn de risico's groot. In dat kader is het opvallend dat de gebruiksnorm van 2009 hoger ligt dan het landbouwkundige advies, met ander woorden: de gebruiksnorm is generiek en houdt geen rekening met het verleden voorafgaand aan de maïsteelt, het advies wel. Bij het bepalen van de gebruiksnorm is uitgegaan van het *gemiddelde* van een hele cyclus in wisselbouw (drie jaar maïs en drie jaar gras). Aan de norm voor de nitraatconcentratie in het bovenste grondwater kan op basis van de voorlopige resultaten in dit onderzoek in het algemeen worden voldaan bij grasland met uitzondering van gras op nat zand. Bij maïsland wordt de norm voor de nitraatconcentratie in het bovenste grondwater in dit onderzoek niet gerealiseerd.

4.9 Aanbevelingen

Voortzetting van het toetsen van gebruiksnormen

Gezien de resultaten van de eerste twee meetjaren lijkt voortzetting van het toetsen van de gebruiksnormen op referentiepercelen zinvol. Enerzijds vanwege de grote variatie tussen percelen en jaren en anderzijds vanwege het aantal waarnemingen in de clusters. Vaak zijn resultaten op clusterniveau slechts gebaseerd op enkele waarnemingen. De betrouwbaarheid van de resultaten wordt verhoogd door de reeks van waarnemingen te verlengen met meerdere jaren. Wisselbouw is een andere reden om het toetsen van de gebruiksnormen te verlengen met meerdere jaren. De gebruiksnormen van gras en maïs in wisselbouw zijn gebaseerd op een complete cyclus. De resultaten tot nu toe ('moment-opnamen' in de complete cyclus) geven onvoldoende inzicht of de gebruiksnormen voor dit systeem gemiddeld voldoen aan de milieukwaliteitseisen.

Teelt van maïs in de praktijk

Uit de resultaten van de eerste twee jaren kwam 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. In het vervolg moet hier bij de uitvoering meer aandacht aan besteed worden. 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 niets hierover. Uit dit onderzoek blijkt dat de nitraatconcentraties onder maïs de norm van 50 mg/l overschrijden. Het is daarom zinvol om de teelt van maïs eens goed onder de loep te nemen en te onderzoeken wat de mogelijkheden zijn om binnen de normen te blijven. Daarbij kan gedacht worden aan hoe om te gaan met een vanggewas (soort vanggewas, tijdstip van zaaien, tijdstip van bemesten, drijfmest/kunst, wel/niet oogsten).

Normen voor grasland op lössgrond

De resultaten van grasland op lössgrond geven aan dat zowel in 2004-2005 en 2005-2006 ruimschoots aan de norm voor de nitraatconcentratie in het bovenste grondwater wordt voldaan. Aangezien het beschikbare aantal waarnemingen in dit cluster beperkt is, is het wenselijk om eerst meer waarnemingen (in de tijd en ruimte) te verzamelen. Wanneer ook deze waarnemingen de eerder gevonden resultaten bevestigen, lijkt er vanuit milieukundig oogpunt een reden om de gebruiksnorm voor lössgrond te herzien.

Normen voor grasland op nat en droog zand

De eerste resultaten geven aan dat bij grasland op nat zand de nitraatconcentratie in het grondwater hoger is dan bij grasland op droog zand. Dit lijkt toch wel in tegenstelling te zijn met wat er altijd beweerd wordt (droge zandgronden zijn het meest uitspoelingsgevoelig) en kan op toeval berusten. In de gebruiksnorm is geen verschil aangebracht tussen droog en nat zand. Om te beoordelen of dit terecht is geweest is het wenselijk om meer onderzoek te doen naar andere verschillen dan de hydrologie tussen droog en nat zand, zoals organische stof, leemgehalten, diepte van organische stof etc. Daarnaast moet bekeken worden of de huidige referentiepercelen representatief zijn voor een cluster.

Literatuur

- Anonymous, 1991.
Council Directive of 12 December 1991 concerning the protection of waters against pollution caused by nitrates from agricultural sources (91/676/EEC). *Official Journal of the European Communities* L375, pp.1-8.
- Anonymus, 2002.
Adviesbasis bemesting grasland en voedergewassen. Commissie Bemesting Grasland en Voedergewassen. PraktijkBoek 22, Praktijkonderzoek Veehouderij.
- 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.
- Assinck, F.B.T., M. Heinen & J.W. van Groenigen, 2006.
Schatting van denitrificatie in grasland volgens verschillende methoden. Vergelijking van methoden voor een droog en nat perceel van proefbedrijf 'De Marke'. Alterra-rapport 1300, Alterra, Wageningen.
- Biewinga, E.E., H.F.M. Aarts & R.A. Donker, 1992.
Melkveehouderij bij stringente milieunormen. Bedrijfs- en onderzoeksplan van het proefbedrijf voor Melkveehouderij en Milieu. Rapport 1, De Marke, Hengelo, 283 pp.
- Beuving, J., 1984.
Vocht- en doorlatendheidskarakteristieken, dichtheid en samenstelling van bodemprofielen in zand-, zavel-, klei- en veengronden. Rapport 10, Instituut voor cultuurtechniek en waterhuishouding, Wageningen.
- Dekkers, J.M.J., 1992.
De bodemgesteldheid van het proefbedrijf 'Melkveehouderij en Milieu' te Hengelo (G). Rapport 66, DLO-Staring Centrum, Wageningen.
- EU, 1991.
Richtlijn 91/676/EEG van de raad van 12 december 1991 inzake de bescherming van water tegen verontreiniging door nitraten uit agrarische bronnen. Europese Gemeenschap, Brussel.
- Hack-ten Broeke, M.J.D., S.L.G.E. Burgers, A. Smit, H.F.M. ten Berge, J.J. de Gruijter, I.E. Hoving, M. Knotters, S. Radersma & G.L. Velthof, 2004.
Ontwikkeling van een indicator om te Sturen Op Nitraat. Gegevens en regressieanalyse op basis van drie meetseizoenen (2000-2001, 2001-2002 en 2002-2003). Reeks Sturen Op Nitraat 12, Alterra-rapport 1053, Alterra, Wageningen.
- Heij, G.J. & T. Schneider (Eds), 1995.
Dutch priority programme on acidification. Eindrapport Additioneel Programma Verzuuringsonderzoek, derde fase (1991-1994), rapport nr. 300-05, RIVM, Bilthoven, 160 pp.
- Heijboer, D. & J. Nellestijn, 2002.
Klimaatatlas van Nederland. De normaalperiode 1971-2000. Elmar, Rijswijk.
- Heinen, M., 2006a.
Simplified denitrification models: Overview and properties. *Geoderma* 133:444-463.
- Heinen, M., 2006b.
Application of a widely used denitrification model to Dutch data sets. *Geoderma* 133: 464-473.
- KNMI, 2004, 2005 & 2006.
Maandoverzicht neerslag en verdamping in Nederland. Jaargang 73, 74 en 75, Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut, De Bilt.

- KNMI, 2004b.
Maandoverzicht van het weer in Nederland. Jaargang 101, Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut, De Bilt.
- Oenema, J., H.F.M. Aarts & B. Habekotté, 2000.
Het mineralenspoor in 'Koeien & Kansen'; uitgangssituatie mineralenstromen. Rapport nr. 9, Plant Research International, Wageningen, 26 pp.
- Oenema, J., H.F.M. ten Berge, C.J. de Jong & B. Fraters, 2002.
Stikstofoverschotten in 'Koeien & Kansen' en de relatie met nitraatconcentratie in grond- en oppervlaktewater; analyse stikstofoverschotten in 1997-2000 en nitraatconcentraties in 1999-2001. Rapport nr. 49, Plant Research International, Wageningen, 81 pp.
- Salm, C. van der, J. Dolfing, J.W. van Groenigen, M. Heinen, G. Koopmans, J. Oenema, M. Pleijter & A. van den Toorn, 2006.
Diffuse belasting van het oppervlaktewater met nutriënten vanuit grasland op een zware kleigrond. Monitoring van nutriëntenemissies op een melkveehouderijbedrijf in Waardenburg. Alterra-rapport 1266, Alterra, Wageningen.
- Schröder, J.J., H.F.M. Aarts, M.J.C. de Bode, W. van Dijk, J.C. van Middelkoop, M.H.A. de Haan, R.L.M. Schils, G.L. Velthof & W.J. Willems, 2004.
Gebruiksnormen bij verschillende landbouwkundige en milieukundige uitgangspunten. Rapport 79, Plant Research International, Wageningen.
- Schröder, J.J., H.F.M. Aarts, J.C. van Middelkoop, M.H.A. de Haan, R.L.M. Schils, G.L. Velthof, B. Fraters & W.J. Willems, 2005.
Limits to the use of manure and mineral fertilizer in grass and silage maize production in The Netherlands, with special reference to the EU Nitrates Directive. Report 93, Plant Research International, Wageningen.
- Smit, A., M.J.D. Hack-ten Broeke, H.F.M. ten Berge, S.L.G.E. Burgers, W. Chardon, P.L.A. van Enckevort, J.J. de Gruijter, I.E. Hoving & G.L. Velthof, 2003.
Gegevensverzameling Sturen Op Nitraat. Op zoek naar een indicator. Alterra-rapport 658, Alterra, Wageningen.
- Vos, J.A. de, O.A. Clevering, F.P. Sival, J. Alblas, N. Reijers & H. van Reuler, 2003.
De invloed van de waterhuishouding op stikstof- en fosfaatverliezen in open teelten. Alterra-rapport 596, Alterra, Wageningen.
- Wösten, J.H.M., G.J. Veerman, W.J.M. de Groot & J. Stolte, 2001.
Waterretentie- en doorlatenheidskarakteristieken van boven- en ondergronden in Nederland: de Staringreeks. Vernieuwde uitgave 2001. Alterra-rapport 153, Alterra, Wageningen.
- www.hetInvloket.nl, 2006.
Mestbeleid 2006: gebruiksräume meststoffen en gebruiksnormen. Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit, Den Haag.

Bijlage 0 Kenmerken per perceel

In onderstaande tabel zijn de belangrijkste kenmerken per perceel weergegeven. Het betreft hier informatie over type perceel, bodemsoort, Gt-klasse, nat/droog en gebruik. Deze kenmerken worden in het rapport gebruikt, vooral bij de clustering van hoofdstuk 4.

Tabel 0.1 Belangrijkste kenmerken per perceel. DM en K&K zijn respectievelijk percelen van 'De Marke' en overige 'Koeien & Kansen'-percelen. – betekent niet in gebruik als referentieperceel

Bedrijf	Perceel	Type perceel	Bodem	Gt-klasse	Nat / Droog	Bodemgebruik	
						2004	2005
De Marke	2	DM	zand	8	D	gras	-
	3	DM	zand	7	D	maïs	maïs
	4	DM	zand	7	D	maïs	maïs
	9	DM	zand	7	D	gras	gras
	17_2	DM	zand	5	N	gras	gras
	22	DM	zand	7	D	maïs	-
Hoefmans	20	K&K	zand	6	N	-	maïs
	25	K&K	zand	6	N	-	maïs
	55	K&K	zand	6	N	maïs	gras
	80	K&K	zand	5	N	gras	gras
	120	K&K	zand	7	D	gras	gras
	140	K&K	zand	7	D	maïs	gras
	150	K&K	zand	8	D	maïs	gras
	160	K&K	zand	8	D	gras	gras
Pijnenborg-Van Kempen	2	K&K	zand	5	N	gras	gras
	11	K&K	zand	6	N	gras	gras
	12	K&K	zand	6	N	gras	gras
	29	K&K	zand	6	N	maïs	maïs
	31	K&K	zand	3	N	maïs	maïs
Schepens	1AB	K&K	zand	6	N	gras	gras
	7B	K&K	zand	6	N	maïs	maïs
	11	K&K	zand	7	D	maïs	-
	12	K&K	zand	6	N	gras	gras
	13	K&K	zand	6	N	maïs	maïs
Van Laarhoven	20+21	K&K	zand	6	N	-	maïs
	22	K&K	zand	6	N	-	maïs
Van Hoven	2	K&K	löss	8	D	gras	gras
	18	K&K	löss	8	D	maïs	maïs
	24	K&K	löss	8	D	gras	gras
	25	K&K	löss	8	D	maïs	maïs
Sikkenga-Bleker	J2	K&K	klei	5	N	gras	gras
	J4	K&K	klei	5	N	gras	gras
	O11	K&K	klei	5	N	gras	gras
Van Wijk	8	K&K	klei	5	N	gras	gras
	9	K&K	klei	5	N	gras	gras
	10	K&K	klei	5	N	gras	gras
De Vries	4	K&K	veen	2	N	gras	gras
	11	K&K	veen	2	N	gras	gras
	28	K&K	veen	2	N	gras	gras

Bijlage I Bemonstering en laboratoriumanalyses

In deze bijlage worden diverse details ten aanzien van de bemonstering en de laboratoriumanalyses – zo veel mogelijk puntsgewijs – beschreven, voor zover ze niet behandeld zijn in de hoofdttekst.

N-mineraal, opgelost organisch koolstof en N-totaal

Onderstaande punten hebben betrekking op de bemonstering en de laboratoriumanalyses N-mineraal (N_{\min}), opgelost organisch koolstof (DOC) en N-totaal (N_t).

- Het mengmonster voor de laag 0-30 cm-mv is samengesteld uit 24 gutsboorstenen.
- De mengmonsters voor de lagen 30-60 en 60-90 cm-mv zijn samengesteld uit 12 gutsboorstenen.
- De steken zijn regelmatig verdeeld over het perceel.
- Het gehalte NO_3 , NH_4 , totaal opgelost N (N_{ts}) en DOC zijn geanalyseerd met behulp van extractie met 0.01 M CaCl_2 .
- Het gehalte N_t is geanalyseerd met behulp van destructie met $\text{H}_2\text{SO}_4/\text{H}_2\text{O}_2/\text{Se}$.

Grondwater

De grondwatermonsters zijn tijdens de monsternamen gefiltreerd over een filter met een porie-diameter van 0.45 μm .

Bodemvocht

De bodemoplossing is in 2005 volgens de onderstaande procedure uit de bodemmonsters geëxtraheerd (persoonlijke mededeling J. Nelemans, Centraal Laboratorium, Sectie Bodemkwaliteit, Wageningen Universiteit). Nadat de monsters zijn binnen gekomen, worden deze direct opgeslagen in de koude kamer (4°C). Zo snel mogelijk worden de monsters als volgt verwerkt.

- 1- De monsters worden redelijk (bij sommige klei is dit niet mogelijk) gehomogeniseerd.
- 2- Er wordt een monster uit genomen en deze wordt minimaal 24 uur gedroogd bij 105°C.
- 3- Na terugwegen wordt het vochtgehalte en het droge stof gehalte berekend.
- 4- Met deze gegevens wordt berekend hoeveel vocht men toe moet dienen om een bepaald vochtgehalte te krijgen (uitgaande van 400 gram verse grond).
- 5- Vervolgens wordt 400 gram verse grond afgewogen en wordt de berekende hoeveelheid vocht toegediend..
- 6- Na het toedienen van het vocht wordt het monster zeer goed gehomogeniseerd en overgebracht in een plastic zak, welke wordt dicht gerold.
- 7- De monsters in de plastic zakken worden vervolgens 48 uur op het lab geïncubeerd, zodat er een evenwicht van de elementen in het bodemvocht ontstaat.
- 8- Na de incubatie wordt een deel van het monster afgecentrifugeerd gedurende 15 minuten bij 7000 toeren per minuut (7400 G). Hierbij wordt de bodemoplossing gefiltreerd door een blauwband filter (groffilter) en vervolgens door een milliporefilter van 0.45 μm .
- 9- In deze monsters worden vervolgens de elementen gemeten.

In 2006 is de bodemoplossing geëxtraheerd volgens het Alterra werkvoorschrift 'Bepaling van het nitraatgehalte in bodemvocht van veldvochtige grond'.

Dit Alterra werkvoorschrift verschilt op twee punten aanzienlijk van de hiervoor beschreven methode. Bij het Alterra werkvoorschrift wordt namelijk 1 uur geïncubeerd in plaats van 48 uur. Daarnaast zijn bij het Alterra werkvoorschrift de hoeveelheden toegediend vocht en veldvochtige grond gelijk, terwijl bij de hiervoor beschreven methode de veldvochtige grond natter gemaakt wordt tot een bepaald vochtpercentage.

Bijlage II Bemonstering grondwater en bodemvocht

Het bovenste grondwater of het bodemvocht is volgens de onderstaande protocol bemonsterd. Dit protocol bevat specifieke aandachtspunten voor bemonsteren op zand, klei en veen. Voor de bemonstering op zand is zo veel mogelijk het protocol uit het project Sturen op Nitraat (Smit *et al.*, 2003) gevolgd.

- Per perceel zijn 12 plekken bemonsterd. De monsterplekken zijn gelijkmatig in 2 parallelle diagonale lijnen over het perceel verdeeld.
- Per plek minimaal 30 ml grondwater bemonsteren. Het grondwater-mengmonster moet ten minste 50 ml zijn. Het oppervlaktewatermonster moet ten minste 50 ml zijn. Het bodemmonster moet ten minste 500 g zijn.
- Grondwater van 3 (naast elkaar gelegen) monsterplekken van hetzelfde perceel is samengevoegd tot 1 mengmonster. Voor het mengen zijn gelijke hoeveelheden water van de diverse plekken gebruikt. Bodemonsters mogen niet worden gemengd.
- Van elk monster is het volgende genoteerd: nummer, perceelsnummer, type monster (grondwater, bodem of oppervlaktewater), ter plekke gemeten grondwaterstand en eventueel het mengmonster-nummer waar het bij hoort.
- Wanneer er water op het land stond, is de bemonstering uitgesteld.

Werkwijze

- Meet ter indicatie de grondwaterstand in de dichtstbijzijnde (vaste) grondwaterstandsbuis.
- Bepaal door middel van het plaatsen van 2 grondwaterstandsbuizen zo nauwkeurig mogelijk de hoogste en laagste grondwaterstand in het perceel.
 - Kies deze 2 plekken zodanig dat een eventuele opbolling van de grondwaterstand goed 'geïdentificeerd' wordt.
 - Verwijder eventueel aanwezige losse grond (deze en de opgeboorde grond verzamelen op een plastic zak).
 - En plaats op zandgrond een mantelbuis ter voorkoming van invallende grond. Op klei- en veengrond is het risico op invallende grond minder. Plaats bij twijfel ook hier een mantelbuis.
- Installeer op 12 plekken per perceel een poreuze cup op 20 cm onder de (geschatte) grondwaterstand ter plekke en bemonster het grondwater.
 - Verwijder ook hier voor het boren eventueel aanwezige losse grond en plaats een mantelbuis ter voorkoming van invallende grond.
 - Boor met de edelman- of gutsboor door tot 20 cm onder de waargenomen grondwaterstand (zie op zand natte gedeelte boorstang en op klei of veen eerder gemeten grondwaterstand).
 - Boor in veen met zeer grote voorzichtigheid, oftewel niet meer dan 2 rotaties per keer, anders versmeert alles en zit in het boorgat alleen een dik veen/watermengsel.
 - Meet (en noteer) de grondwaterstand met een peilklokje of -stok.
 - Wanneer op zandgrond de grondwaterstand dieper is dan 120 cm-mv, volg dan de procedure onder *Diepe grondwaterstand op zand*.
 - Plaats zo snel mogelijk een poreuze cup in het boorgat op 20 cm onder de grondwaterstand.
 - Neem een grondwatermonster met behulp van een spuit. Het watermonster hoeft niet meer gefiltreerd te worden, de poreuze cups hebben namelijk een porie-diameter van 0.45 µm.
 - Verwijder de poreuze cup en maak het boorgat netjes dicht.
 - Meng 3 grondwatermonsters van hetzelfde perceel in gelijke hoeveelheden tot 1 mengmonster en bewaar het mengmonster in een potje of flesje (voorzien van een monsterlabel).
- Grens een perceel aan oppervlaktewater, dan wordt (indien mogelijk) op 2 verschillende plekken monsters genomen van het oppervlaktewater. Bewaar ook deze monsters in potjes of flesjes (voorzien van een monsterlabel). Kies dat oppervlaktewater, waar het perceel naar alle waarschijnlijkheid op afwatert.
- Wanneer er drains aanwezig zijn en er duidelijk sprake is van drainage boven het oppervlaktewater, dan ook 2 drainagebuizen bemonsteren. Bewaar ook deze monsters in potjes of flesjes (voorzien van een monsterlabel).
- Vervoer de grondwater-, drainagewater en oppervlaktewatermonsters in een koelbox (max. 4°C) en lever ze dezelfde dag af bij het laboratorium van Sectie Bodemkwaliteit van Wageningen Universiteit. Aangezien de analyse op NO₃ (NH₄, Nts en P) zo snel mogelijk plaats moet vinden, kan niet bemonsterd worden op vrijdag.

Diepe grondwaterstand op zand

Op plaatsen waar het grondwater te diep zit, moet de bodem bemonsterd worden om het bodemvocht te analyseren. Wanneer op 120 cm-mv geen grondwater is aangetroffen, boor dan verder met een gutsboor tot 180 cm-mv. Beslis vervolgens op basis van de onderstaande procedure wat er gedaan moet worden.

1. Grondwaterstand dieper dan 180 cm-mv → bemonster de hele bodemlaag tussen 120-180 cm diepte (1 monster per plek).
2. Grondwaterstand tussen 120 en 150 cm-mv → bemonster het grondwater met behulp van een poreuze cup (zie procedure onder *werkwijze*).
3. Grondwaterstand tussen 150 en 180 cm-mv → bemonster de bodem van 120 cm-mv totaan het grondwater (1 monster per plek).

Bewaar het grondmonster in een monsterzak, noteer het monsternummer op de zak, vervoer in een koelbox en lever ze dezelfde dag af bij het laboratorium van Sectie Bodemkwaliteit van Wageningen Universiteit.

Benodigde apparatuur en materialen

- Schop + plastic zakken (om grond op te bewaren)
- Boren (edelman, guts met diverse diameters)
- Mantelbuizen (Ø 10 cm)
- Poreuze cups (kunststof, met porie-diameter 0.45 µm)
- PVC-buizen plus filters (voor het bepalen van de grondwaterstand)
- Peilklokje of -stok
- Spuiten (+ stokjes om spuit vacuüm te trekken en te houden)
- Kunststof potjes of flesjes (50 tot 100 ml)
- Monsterzakken
- Koelbox (+ thermometer om de temperatuur in de gaten te houden)
- PVC-buizen + geperforeerde filters + filterkousen (of monsternamelansen)
- Filterzand + bentoniet
- Slangenpomp + bemonsteringsslang
- Filtreereenheden met een 0.45 µm filter

Praktijkervaringen naar aanleiding van de bemonstering

- Per perceel is slechts 1 type monster genomen, of grondwater of bodem. Bij percelen, waarbij de grondwaterstand dus binnen het perceel fluctueert boven en onder 150 cm-mv, zijn bodemonsters genomen.
- Bij de bemonstering op klei is een geperforeerd filter geplaatst in het boorgat. Rond het boorgat is filterzand gestort en het boorgat is afgesloten met een laag klei. Een aantal dagen later zijn de poreuze cups in het geperforeerde filter geplaatst en is het grondwater bemonsterd.

Bijlage III Bemesting en opbrengsten van de referentiepercelen**Tabel III.1** De bemesting, het gebruik en de opbrengsten van de referentiepercelen met grasland in 2004

Bedrijf	Perceel	Maai freq.	Bemesting			Opbrengsten (kg ds/ha)		Totaal
			m ³ /ha	N-dm ¹ (kg/ha)	N-km (kg/ha)	Maaien	Weiden	
De Marke	2	3	80	265	0	7423	2080	9503
	9	2	70	242	0	5062	3052	8114
Hoefmans	17_2	4	77	279	0	7729	0	7729
	120	3	65	254	112	5895	2956	8851
	160	3	55	216	103	6539	3017	9556
Pijnenborg - van Kempen	80	3	70	273	71	7962	4297	12259
	11	3	55	227	130	9000	4130	13130
	12	3	45	186	130	8625	3600	12225
Schepens	2	3	55	227	133	9375	3358	12733
	12	2	56	279	134	5400	8451	13851
Van Hoven	1	3	54	269	116	9915	3447	13362
	2	3	75	327	95	5400	7982	13382
Sikkenga - Bleker	24	5	65	281	162	12200	0	12200
	J2	3	45	226	243	5000	7000	12000
	J4	4	45	226	221	9200	3600	12800
	O11	3	65	248	157	6750	3084	9834
Van Wijk	10	4	60	217	189	12263	1037	13300
	8	4	60	217	189	12263	812	13075
De Vries	9	4	60	217	189	12263	894	13157
	11	3	42	183	104	7515	3650	11165
	28	3	43	183	179	7515	3000	10515
	4	3	46	215	92	7200	3650	10850
Gem K&K ²		56	235	145	8436	3577	12013	

¹ Inclusief ammoniakverliezen tijdens uitrijden² Gemiddeld, zonder de percelen op 'De Marke'

Tabel III.2 De bemesting, het gebruik en de opbrengsten van de referentiepercelen met grasland in 2005

Bedrijf	Perceel	Maalfreq.	Bemesting		Opbrengsten (kg ds/ha)		Totaal	
			m ³ /ha	N-dm ¹ (kg/ha)	N-km (kg/ha)	Maaaien		Weiden
De Marke	9	3	75	266	0	5144	2793	7937
	17_2	5	90	309	0	10849	0	10849
Hoefmans	120	4	52	218	38	8160	3007	11167
	140	4	68	285	126	8173	0	8173
	150	4	68	285	126	8173	0	8173
	160	4	71	275	115	8895	0	8895
	55	4	38	159	109	6919	2473	9392
	80	3	50	210	103	6110	3838	9948
Pijnenborg - Van Kempen	11	2	45	186	166	5500	5471	10971
	12	3	60	248	90	6300	5136	11436
	2	3	60	223	113	7000	3271	10271
	12	3	61	288	192	8640	5143	13783
Schepens	1	3	55	253	239	8740	4384	13124
	2	1	40	159	109	600	10258	10858
Van Hoven	24	5	65	257	157	10700	0	10700
	J2	2	55	222	155	5850	6600	12450
Sikkenga - Bleker	J4	4	65	302	169	9900	1600	11500
	O11	2	70	314	155	4950	4700	9650
Van Wijk	10	4	66	237	179	9775	2785	12560
	8	4	66	237	179	9690	3092	12782
	9	4	66	237	179	9775	2897	12672
De Vries	11	2	50	217	103	5130	6270	11400
	28	2	50	216	126	5940	5159	11099
	4	3	47	204	158	7470	5078	12548
Gem K&K ²		58	238	140	7381	3689	11071	

¹ Inclusief ammoniakverliezen tijdens uitrijden² Gemiddeld, zonder de percelen op 'De Marke'

Tabel III.3 De bemesting en de opbrengsten van mais en vanggewas in 2004 op de referentiepercelen

Bedrijf	Perceel	Grond- soort	Vanggewas				Maïs					
			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)	
De Marke	3	zand	grasland		0	0	0	0	1	0	0	12676
	4	zand	grasland		0	0	0	0	1	30	0	12822
	22	zand	grasland		0	0	0	0	1	0	0	12313
Hoefmans	55	zand	grasland	9-Mar	25	0	1500	15	1	15	27	19590
	140	zand	Italiaans raaigras	9-Mar	25	0	1500	15	5	15	27	14000
	150	zand	Italiaans raaigras	9-Mar	25	0	1500	15	5	15	27	14000
Pijnenborg - Van Kempen	29	zand	Italiaans raaigras	17-Mar	0	59	4000	25	7	25	16	13156
	31	zand	Italiaans raaigras	17-Mar	0	59	4000	25	7	25	16	13156
	11	zand	Italiaans raaigras	13-Feb	39	0	2700	0	11	0	66	12900
Schepens	13	zand	Italiaans raaigras	2-Feb	39	0	2700	0	2	0	63	12322
	7B	zand	Italiaans raaigras		0	0	2700	30	10	30	24	9875
	18	löss	nitrixfix		0	0	0	50	14	50	30	15000
Van Hoven	25	löss	nitrixfix		0	0	0	50	5	50	35	15000
Gem K&K ¹					15	12	2060	23		33	13900	

¹ Gemiddeld, zonder de percelen op 'De Marke'

Tabel III.4 De bemesting en de opbrengsten van mais en vanggewas in 2005 op de referentiepercelen

Bedrijf	Perceel	Grond- soort	Vanggewas				Maïs				
			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)
De Marke	3	zand	Italiaans		0	0	0	2	15	0	11362
			raaigras		0	0	0	2	15	0	11288
Hoefmans	25	zand	grasland	25-Feb	25	0	2000	1	15	79	14500
			grasland	25-Feb	25	0	2000	1	15	79	14500
Van Laarhoven	22	zand	Italiaans	24-Mar	0	64	2500	4	47	34	12500
			raaigras	24-Mar	0	64	2500	4	47	34	12500
Pijnenborg - Van Kempen	31	zand	raaigras		0	0	0	8	40	59	13160
			Italiaans		0	0	0	8	40	48	14805
Schepens	7B	zand	raaigras	23-Mar	0	54	2000	8	35	26	15050
			Italiaans		0	0	840	11	35	26	13300
Van Hoven	18	löss	raaigras	11-Mar	0	27	840	3	45	27	12000
			nitrixfix		0	0	0	6	20	22	14000
Gem K&K ¹					5	21	1268		34	44	13632

¹ Gemiddeld, zonder de percelen op 'De Marke'

Bijlage IV Perceelsbalansen van de referentiepercelen in 2004 en 2005**Tabel IV.1** De stikstofbalans op grasland (kg N/ha) in 2004 van de referentiepercelen

Bedrijf	De Marke			Hoefmans			Pijnenborg - van Kempen			Schepens	
	2	9	17_2	120	160	80	11	12	2	12	1
Aanvoer											
- kunstmest	0	0	0	112	103	71	130	130	133	134	116
- drijfmest ¹	265	242	279	238	202	256	210	172	210	244	235
- weidemest ¹	40	71	0	38	53	55	129	89	103	150	99
- klaver	40	7	3	68	0	17	0	0	0	0	0
- depositie	49	49	49	46	46	46	59	59	59	58	58
Totaal	394	369	332	501	404	444	527	449	503	586	508
Afvoer											
- maaien	224	112	247	139	175	253	307	256	315	178	306
- weiden	58	101	0	99	101	144	168	147	139	268	109
Totaal	281	213	247	238	275	396	475	404	454	445	415
N-overschot	113	156	85	264	128	48	53	45	49	140	93

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

Tabel IV.2 (vervolg) De stikstofbalans op grasland (kg N/ha) in 2005 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	109	157	155	169	155	179	179	179	103	126	158	
- drijfmest ¹	143	230	202	275	285	203	203	203	181	181	170	
- weidemest ¹	171	0	120	23	86	37	37	40	137	121	134	
- klaver	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	
- depositie	39	39	34	34	34	53	53	53	29	29	29	
Totaal	462	426	511	500	569	472	472	474	451	457	492	
Afvoer												
- maaien	17	291	168	275	128	287	283	291	179	164	242	
- weiden	377	0	233	55	151	96	106	100	202	151	175	
Totaal	394	291	400	329	279	383	390	391	381	315	418	
N-overschot	69	134	111	171	290	89	82	83	69	142	74	

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

Tabel IV.3 De stikstofbalans op maisland (kg N/ha) in 2004 van de referentiepercelen

Bedrijf	De Marke			Hoefmans			Pijnenborg - Van Kempen			Schepens			Van Hoven		
	3	4	22	140	150	55	29	75	29	31	11	13	7B	18	25
Aanvoer															
- kunstmest	0	0	0	27	27	27	75	75	75	75	66	63	24	30	35
- drijfmest ¹	0	98	0	148	148	148	95	95	95	95	168	168	129	179	179
- weidemest ¹	0	0	0	0	0	50	0	0	0	0	35	35	0	0	0
- klaver	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
- depositie	49	49	49	46	46	46	59	59	59	59	58	58	58	39	39
Totaal	49	147	49	221	221	270	229	229	229	229	326	323	211	248	253
Afvoer															
- maïs	162	173	135	148	148	207	128	128	128	128	141	132	106	178	175
- vanggewas	0	0	0	30	30	36	80	80	80	80	54	54	54	0	0
Totaal	162	173	135	178	178	243	208	208	208	208	195	186	160	178	175
N-overschot	-113	-26	-86	43	43	28	21	21	21	21	131	137	51	71	78

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

Tabel IV.4 De stikstofbalans op maisland (kg N/ha) in 2005 van de referentiepercelen

Perceel	De Marke			Hoefmans			Van Laarhoven		Pijnenborg – Van Kempen			Schepens			Van Hoven	
	3	4	20	20	25	25	20+21	22	29	31	13	7B	18	25		
Aanvoer																
- kunstmest	0	0	79	79	79	79	99	99	102	59	53	26	22	27		
- drijfmest ¹	56	56	140	140	140	169	169	169	152	152	152	152	115	179		
- weidemest ¹	0	0	29	29	29	0	0	0	0	0	17	21	0	0		
- klaver	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
- depositie	49	49	46	46	46	46	46	46	59	59	58	58	39	39		
Totaal	105	105	294	294	294	314	314	314	313	270	281	257	175	245		
Afvoer																
- maïs	120	123	159	159	159	132	132	132	168	150	160	181	161	138		
- vanggewas	0	0	57	57	57	50	50	50	40	0	17	17	0	0		
Totaal	120	123	215	215	215	182	182	182	208	150	176	197	161	138		
N-overschot	-16	-18	79	79	79	132	132	132	105	121	104	60	14	106		

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

Bijlage V 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). Per bemonstering is ook 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 V.1 en V.2 staan de resultaten, horende bij respectievelijk meetseizoen 2004-2005 en 2005-2006.

Tabel V.1 N_{min}-gehalten per perceel uit meetseizoen 2004-2005 (in kg N/ha). Onderscheid is gemaakt tussen de diverse bemonsteringsronden en lagen

N _{min} (kg/ha)	sept-okt 2004				okt-nov 2004				nov-dec 2004				feb 2005				
	Perceel	00-30	30-60	60-90	Tot	00-30	30-60	60-90	Tot	00-30	30-60	60-90	Tot	00-30	30-60	60-90	Tot
De Marke	2	36	5	4	44	35	6	2	43	26	24	7	57	13	6	6	25
	3	17	14	27	58	18	23	19	60	15	9	26	50	10	5	14	29
	4	67	46	30	142	44	37	22	103	15	18	20	53	3	4	4	12
	9	42	9	8	59	51	11	5	68	42	12	18	72	23	7	11	41
	17_2	37	16	13	66	29	13	11	53	20	13	13	46	15	8	7	30
	22	46	36	13	95	17	56	32	105	17	26	59	102	10	4	25	39
Hoefmans	55	100	87	56	242	86	68	40	194	25	45	77	148	18	17	31	66
	80	51	25	14	91	54	17	10	82	26	20	18	64	26	15	21	62
	120	38	20	9	67	36	14	5	54	21	12	9	42	17	7	6	30
	140	37	27	18	82	45	29	22	96	17	12	30	59	14	11	10	36
	150	45	31	20	97	47	21	16	84	14	10	19	43	13	9	11	34
	160	54	18	16	88	46	19	8	73	15	8	8	30	15	5	6	27
Pijnenborg-Van Kempen	2	93	26	12	131	188	36	6	230	42	30	21	93	47	31	11	90
	11	56	10	11	78	59	16	10	85	57	14	11	82	36	18	9	64
	12	35	8	7	50	29	4	4	37	29	8	8	45	31	14	11	56
	29	37	14	17	68	41	18	24	84	18	21	28	67	20	11	12	43
	31	17	10	24	51	35	10	15	60	18	14	12	45	19	23	11	54
Schepens	1AB	16	11	9	36	23	18	19	61	28	12	15	55	51	21	13	85
	7B	19	9	4	33	34	20	65	119	15	40	18	72	10	8	17	34
	11	31	8	14	54	43	21	11	75	18	17	37	72	11	6	9	25
	12	40	30	24	94	45	33	14	92	38	36	45	119	18	17	16	51
	13	30	14	14	58	8	19	12	40	17	12	17	46	11	8	10	30
Van Hoven	2	28	14	7	49	28	10	7	45	47	37	23	108	19	16	10	45
	18	23	9	9	40	44	22	13	79	31	38	25	95	18	23	21	62
	24	18	11	7	36	19	7	4	30	15	8	4	28	13	5	4	22
	25	82	37	34	153	56	53	30	139	29	36	29	94	15	16	24	54
Sikkenga-Bleker	J2	26	17	11	54	24	10	7	41	17	9	8	33	30	20	14	63
	J4	30	9	10	48	33	11	11	55	20	5	11	37	26	14	15	56
	O11	24	8	7	40	19	11	7	37	16	9	7	32	21	9	7	37
Van Wijk	8	36	16	2	54	17	7	2	26	27	12	3	42	14	8	3	25
	9	28	4	1	34	16	10	1	27	25	8	2	35	19	10	4	33
	10	28	8	3	39	15	9	7	31	25	16	4	44	15	8	4	27
De Vries	4	90	38	24	151	90	31	15	135	92	38	12	142	73	26	10	109
	11	100	37	26	163	122	34	17	173	95	30	14	139	90	23	12	125
	28	98	36	18	152	97	29	16	142	118	26	13	157	91	26	14	131

Uit Tabel V.1 blijkt dat in het algemeen de totale hoeveelheid N_{min} in de loop van het uitspoelseizoen afneemt, na eventueel eerst te zijn toegenomen. De uiteindelijke afname is vooral het gevolg van transport van N naar diepere bodemlagen en van het verlies van N door denitrificatie. De grootte van de uiteindelijke afname varieert sterk per perceel. Bij enkele percelen is netto gezien zelfs een toename in de loop van het uitspoelseizoen 2004-2005 geconstateerd. De toename in meetseizoen 2004-2005 bij perceel 1AB van Schepens kan verklaard worden uit een tussentijdse bemesting, de 4^{de} bemonstering is namelijk enkele dagen na de eerste bemesting van begin februari uitgevoerd.

De eventuele toename aan het begin van het uitspoelseizoen is mogelijk te verklaren door een gewasopname, die meer daalt dan de afnemende mineralisatie. Volgens het KNMI (2004b) was het najaar van 2004 relatief zacht en droog.

Tabel V.2 N_{\min} -gehalten per perceel uit meetseizoenen 2005-2006 (in kg N/ha). Onderscheid is gemaakt tussen de diverse bemonsteringsronden en lagen

N_{\min} (kg/ha)	Perceel	okt-nov 2005				feb 2006			
		00-30	30-60	60-90	Tot	00-30	30-60	60-90	Tot
De Marke	3	8	5	6	19	9	5	4	18
	4	10	7	6	22	11	5	5	22
	9	30	20	18	68	15	6	6	27
	17_2	28	9	10	46	17	7	8	32
	22	11	5	11	27	10	8	7	25
Hoefmans	20	85	109	40	234	19	37	91	148
	25	130	100	36	267	18	35	49	103
	55					24	14	14	51
	80	23	17	19	60	23	16	19	57
	120	23	10	7	40	20	12	9	41
	140					20	10	9	39
	150					18	13	10	41
160	18	8	9	36	20	15	8	43	
Pijnenborg-Van Kempen	2	44	34	13	91	63	66	15	145
	11	61	26	10	97	30	28	13	72
	12	64	7	10	81	29	39	14	82
	29	106	31	27	164	21	47	39	107
	31	76	20	15	112	20	46	38	104
Schepens	1AB	19	15	10	44	24	20	19	63
	7B	50	27	10	87	16	22	27	65
	12	58	25	11	95	29	29	40	98
Van Hoven	2	27	9	6	42	26	14	8	48
	18	58	23	15	96	24	39	42	106
	24	9	15	7	32	22	16	10	48
	25	62	30	15	108	27	38	33	98
Sikkenga-Bleker	J2	17	8	9	34	38	21	15	74
	J4	28	7	8	43	31	30	16	77
	O11	8	4	5	18	37	20	10	67
Van Wijk	8	13	7	7	27	9	6	2	17
	9	16	6	2	24	7	7	2	15
	10	15	7	2	24	8	7	2	17
De Vries	4	85	20	17	121	63	19	12	94
	11	75	28	13	116	93	24	16	132
	28	79	20	9	107	81	22	11	113

Uit Tabel V.2 blijkt dat bij iets meer dan de helft van de percelen de totale hoeveelheid N_{\min} in het profiel afneemt of gelijk blijft in de tijd. Bemonstering 1 en 2 uit meetseizoenen 2005-2006 zijn in dezelfde maanden uitgevoerd als respectievelijk bemonstering 2 en 4 uit meetseizoenen 2004-2005. Uit de vergelijking van bemonstering 1 van Tabel V.2 met bemonstering 2 van Tabel V.1 blijkt dat de totale hoeveelheid N_{\min} in het profiel over het algemeen lager is in meetseizoenen 2005-2006. Uitzondering hierop zijn bijna alle percelen van Pijnenborg-Van Kempen. Uit de vergelijking van bemonstering 2 van Tabel V.2 met bemonstering 4 van Tabel V.1 blijkt dat de totale hoeveelheid N_{\min} in het profiel bij veel percelen juist hoger is in meetseizoenen 2005-2006. Tijdens de tweede bemonstering van meetseizoenen 2005-2006 waren perceel 4 en 11 van De Vries reeds bemest. Op perceel 12 van Pijnenborg-Van Kempen is tijdens de bemonstering veel ganzenpoep geconstateerd.

Bij het berekenen van de N_{\min} -gehalten in kg N/ha zijn consequent de droge bulkdichtheden uit Tabel V.3 gebruikt. De waarden zijn afgeleid uit Beuving (1984), Dekkers (1992), Wösten *et al.* (2001).

Tabel V.3 Droge bulkdichtheden (kg/m^3) voor de diverse lagen en bodemsoorten

Bodemsoort (gebruik)	00-30	30-60	30-90
Zand (gras)	1500	1600	1600
Zand (maïs)	1300	1600	1600
Löss	1400	1400	1400
Klei	1150	1150	1150
Veen	800	300	200

Bijlage VI Nitraatconcentraties in grondwater

Zoals beschreven in Bijlage II zijn in meetseizoen 2004-2005 en 2005-2006 op 12 plekken per perceel grondwater- of bodemvochtmonsters genomen. 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 en maximaal 12 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 Tabel VI.1 en VI.2 zijn deze kengetallen voor de nitraatconcentratie weergegeven per perceel en per meetseizoen.

Tabel VI.1 Nitraatconcentratie-kengetallen per perceel voor meetseizoen 2004-2005. De waarde <1 betekent lager dan 1 maar boven de detectielimiet. De waarde 0 betekent hier lager dan de detectielimiet. Wanneer het aantal monsters (4) is, gaat het om 4 mengmonsters (elk bestaande uit 3 monsterplekken). Op deze percelen is dan het grondwater bemonsterd. Wanneer het aantal monsters (12) of (9) is, gaat het bij die percelen om 12 (of 9) niet-gemengde bodemvochtmonsters

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						
De Marke	2	12	48	58	38	155	20
	3	12	41	48	40	146	10
	4	12	200	234	176	716	13
	9	(4)	122	185	176	440	56
	17_2	(4)	19	17	5	21	9
	22	(4)	134	135	12	148	122
Hoefmans	55	12	167	190	97	420	91
	80	9	69	70	30	115	16
	120	4	22	23	9	36	14
	140	12	128	120	43	180	55
	150	12	108	127	72	267	46
	160	12	51	60	54	207	7
Pijnenborg-Van Kempen	2	4	1	2	2	4	1
	11	4	28	46	43	110	19
	12	4	31	28	12	38	11
	29	4	84	86	65	147	30
	31	4	57	61	41	111	19
Schepens	1AB	4	55	65	34	114	38
	7B	4	61	65	41	113	26
	11	4	140	140	49	199	81
	12	4	109	101	18	112	74
	13	4	148	136	41	169	78
Van Hoven	2	12	27	33	24	81	6
	18	12	44	52	29	136	26
	24	12	10	14	11	36	4
	25	12	100	94	51	210	37
Sikkenga-Bleker	J2	4	3	3	2	6	2
	J4	4	154	148	72	223	61
	O11	4	1	1	1	2	0
Van Wijk	8	4	0	0	0	0	0
	9	4	0	0	0	1	0
	10	4	1	1	1	1	0
De Vries	4	4	1	2	2	5	0
	11	4	1	1	1	2	1
	28	4	1	2	2	5	0

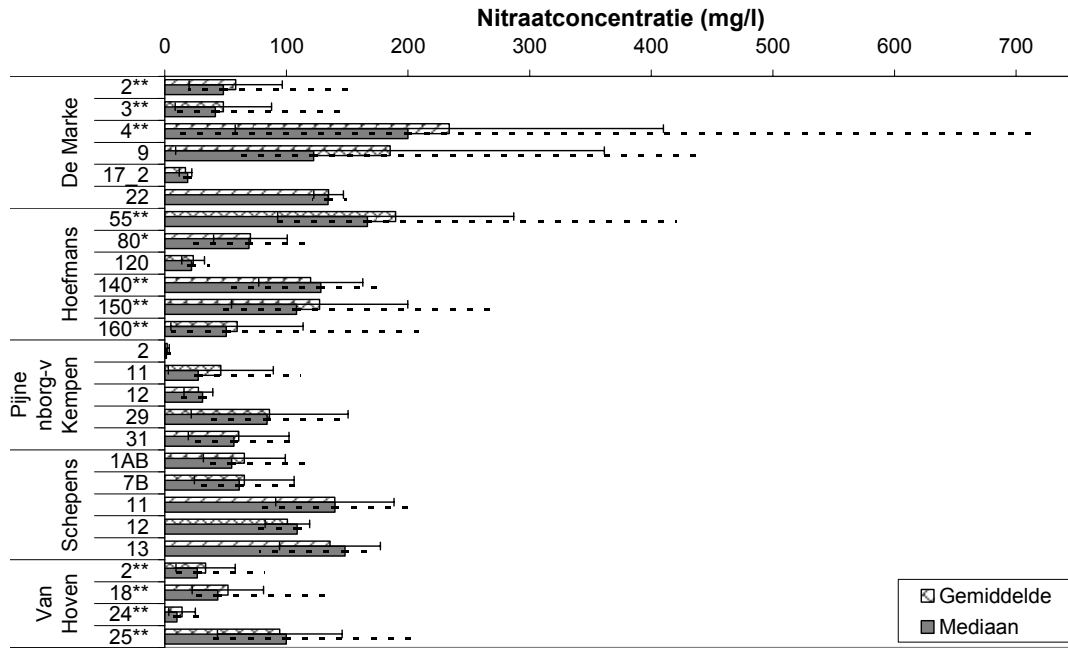
Tabel VI.2 Nitraatconcentratie-kengetallen per perceel voor meetseizoen 2005-2006. De waarde <1 betekent lager dan 1 maar boven de detectielimiet. De waarde 0 betekent hier lager dan de detectielimiet. Wanneer het aantal monsters (4) is, gaat het om 4 mengmonsters (elk bestaande uit 3 monsterplekken). Op deze percelen is dan het grondwater bemonsterd. Wanneer het aantal monsters (12) is, gaat het bij die percelen om 12 niet-gemengde bodemvochtmonsters

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	183	200	99	445	81
	25	12	102	118	57	266	26
	55	12	54	92	82	265	19
	80	12	90	76	39	116	1
	120	12	59	63	25	114	23
	140	12	56	56	34	107	14
	150	12	10	13	11	44	3
	160	12	43	45	25	87	14
Pijnenborg-Van Kempen	2	12	3	4	4	13	0
	11	12	50	88	80	309	27
	12	12	44	45	27	92	6
	29	12	59	78	55	183	13
	31	12	75	87	52	196	17
Schepens	1AB	4	61	63	6	72	58
	7B	4	96	114	90	228	38
	12	4	204	189	60	243	105
	13	4	147	142	25	163	109
Van Laarhoven	20+21	12	138	136	37	192	49
	22	12	134	124	46	181	6
Van Hoven	2	12	41	42	35	132	6
	18	12	79	75	28	117	29
	24	12	8	14	20	76	4
	25	12	119	124	48	217	52

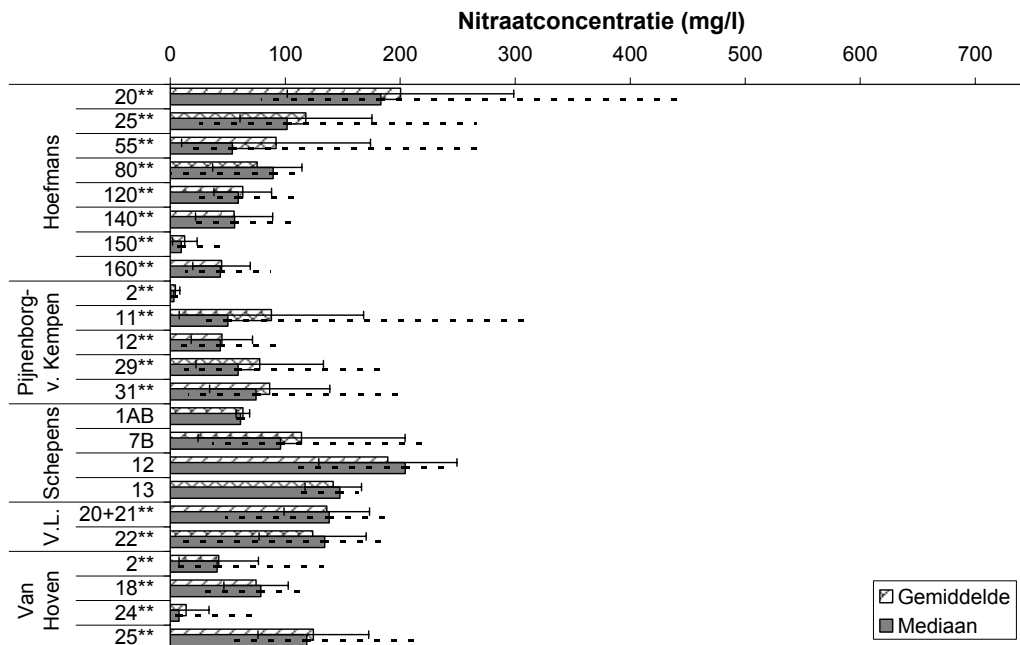
Het gemiddelde is als centrummaat vooral geschikt voor symmetrische verdelingen. Het minimum ligt hierbij simpel gezegd ongeveer even ver verwijderd van het gemiddelde als het maximum. De mediaan is als centrummaat zinvoller voor zogenaamde scheve verdelingen. Hierbij bevindt of het minimum of het maximum zich veel verder van het gemiddelde dan de ander. Bij een (volledig) symmetrische verdeling zijn het gemiddelde en de mediaan gelijk aan elkaar.

Het voordeel van de mediaan is dat dit kengetal iets minder gevoelig is voor (relatief) extreme waarden. Ter illustratie: bij perceel 160 van Hoefmans is in meetseizoen 2004-2005 één zeer hoog nitraatgehalte van 207 mg/l gemeten. Hierdoor is de gemiddelde nitraatconcentratie 59 mg/l en de mediaan 51 mg/l. Zonder deze hoge waarde zakt het gemiddelde met 13 tot 46 mg/l, terwijl de mediaan zakt met 1 tot 50 mg/l. Vergelijkbare verhalen zijn van toepassing op meer percelen in de beide meetseizoenen.

Vanwege de neiging van concentraties om scheef verdeeld te zijn en de iets mindere gevoeligheid voor extreme waarden worden in de hoofdtekst de medianen per perceel gebruikt. In de Figuren VI.1 en VI.2 zijn ter illustratie de hiervoor gegeven tabellen grafisch weergegeven voor de bedrijven op zand en löss.



Figuur VI.1 Gemiddelde en mediaan nitraatconcentraties per perceel voor de ‘Koeien & Kansen’-bedrijven op zand en löss voor meetseizoen 2004-2005. De foutbalken rond het gemiddelde geven de standaardafwijking weer. De foutbalken rond de mediaan geven respectievelijk de minimum en maximum nitraatconcentraties van het perceel weer. ** Kengetallen van de percelen zijn gebaseerd op 12 monsters. * Kengetallen van de percelen zijn gebaseerd op 9 monsters. De kengetallen van de percelen zonder *-markering zijn gebaseerd op 4 mengmonsters



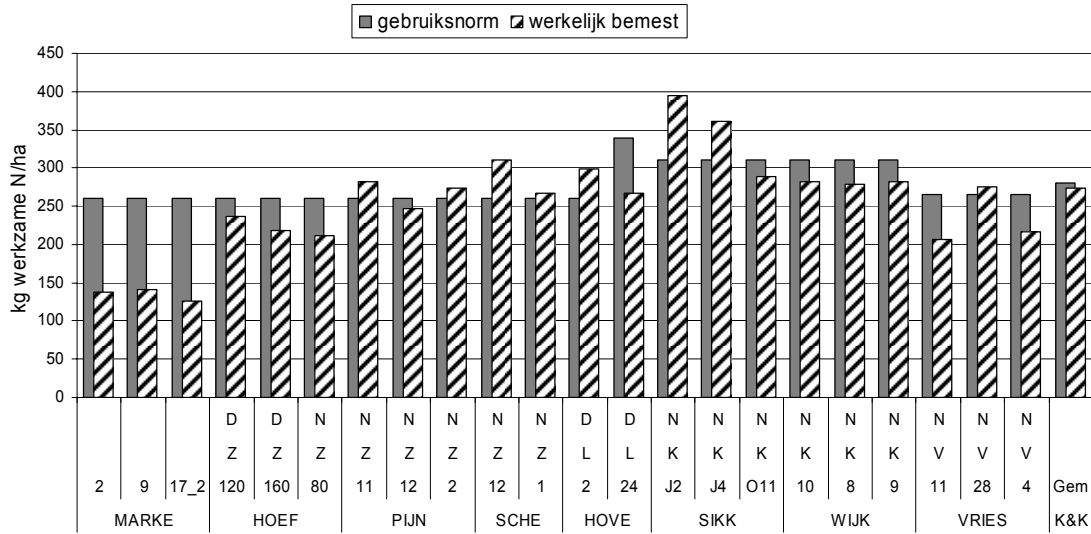
Figuur VI.2 Gemiddelde en mediaan nitraatconcentraties per perceel voor de ‘Koeien & Kansen’-bedrijven op zand en löss voor meetseizoen 2005-2006. De foutbalken rond het gemiddelde geven de standaardafwijking weer. De foutbalken rond de mediaan geven respectievelijk de minimum en maximum nitraatconcentraties van het perceel weer. ** Kengetallen van de percelen zijn gebaseerd op 12 monsters. De kengetallen van de percelen zonder *-markering zijn gebaseerd op 4 mengmonsters. V.L. staat voor bedrijf Van Laarhoven

Bijlage VII N_{totaal,opgelost} in oppervlaktewater

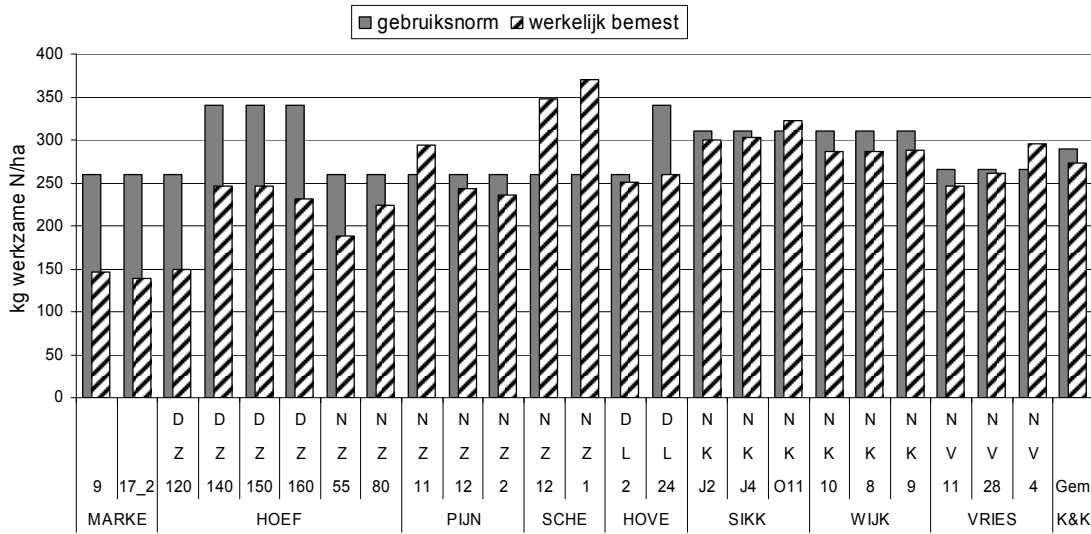
Zoals in Bijlage II is aangegeven, is in meetseizoen 2004-2005 van oppervlaktewater dat grenst aan een perceel ook een monster genomen. Hierin zijn onder andere de concentraties N_{totaal,opgelost} (N_{ts}) bepaald. In de onderstaande tabel zijn de gemeten N_{ts}-concentraties weergegeven per perceel (in mg/l). In meetseizoen 2005-2006 is geen oppervlaktewater bemonsterd.

Bedrijf	Perceel		N _{ts} -concentratie (mg/l)		
De Marke	17_2	2	3	3	
	22	5			
Hoefmans	55	20			
	120	4			
Pijnenborg-Van Kempen	2	8	1		
	11	21	18		
	12	19			
	29	5			
	31	34			
Schepens	1	7	6	14	
	7	6			
	12	5			
Sikkenga-Bleker	J2	4	4	3	6
	J4	3	4	3	4
	O11	8	7	10	7
De Vries	4	3	4	5	
	11	3	4	3	4
	28	4	4	4	4

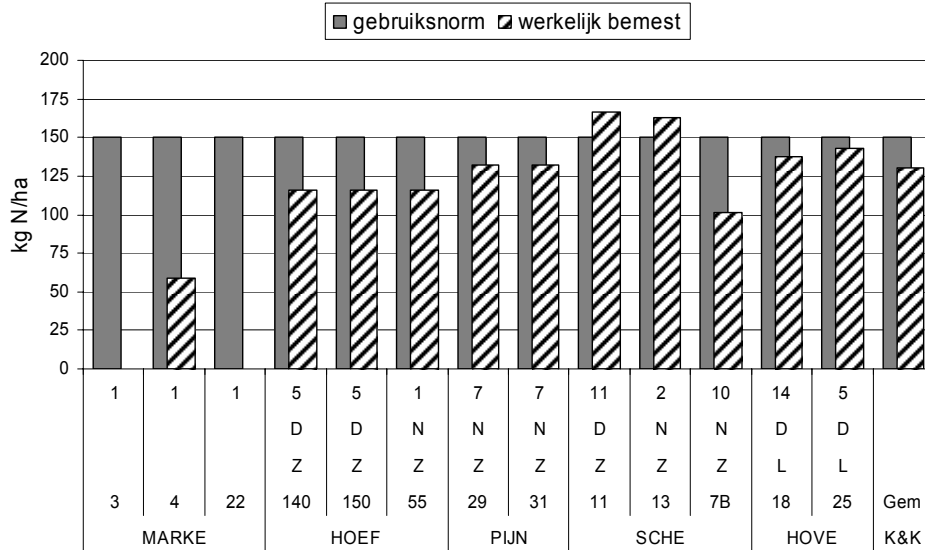
Bijlage VIII Gebruiksnorm en werkelijke bemesting referentiepercelen



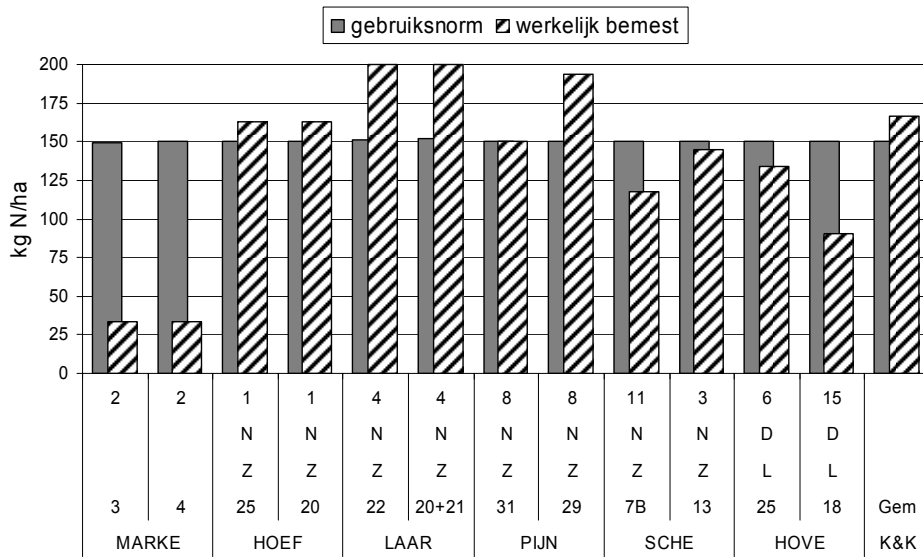
Figuur VIII.1 N-bemesting per referentieperceel op grasland in 2004. De legenda op de X-as geeft van boven naar beneden het volgende aan: **D**roog of **N**at, bodemtype (**Z**and, **L**öss, **K**lei, **V**een), perceelnummer en als laatste de code van het bedrijf



Figuur VIII.2 N-bemesting per referentieperceel op grasland in 2005. De legenda op de X-as geeft van boven naar beneden het volgende aan: **D**roog of **N**at, bodemtype (**Z**and, **L**öss, **K**lei, **V**een), perceelnummer en als laatste de code van het bedrijf



Figuur VIII.3 N-bemesting per referentieperceel op maïslaan in 2004. 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, **K**lei, **V**een), perceelnummer en als laatste de code van het bedrijf



Figuur VIII.4 N-bemesting per referentieperceel op maïslaan in 2005. 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, **K**lei, **V**een), perceelnummer en als laatste de code van het bedrijf

Bijlage IX Toelichting 'Mest-ABC'

De methode 'Mest-ABC' kan toegepast worden bij het beantwoorden van de vraag 'Wat gebeurt er met het N-overschot?'. Met andere woorden: hoe wordt het N-overschot uiteindelijk verdeeld over de diverse balansposten. De interesse gaat hierbij vooral uit naar de balansposten:

- uitspoeling van N naar het grondwater
- omzetting van N door denitrificatie
- verandering van de totale voorraad N in de bodem

Aangezien de herkomst van het oppervlaktewater onvoldoende bekend is (zie § 3.6), kan op basis van de meetresultaten niet een uitspraak gedaan worden over de afvoer van N naar het oppervlaktewater. De post ammoniakvervluchtiging is reeds verrekend in het N-overschot en wordt als zodanig hier dus niet beschouwd.

Formeel kan N uitspoelen naar het grondwater in de vorm van nitraat, ammonium en organische stikstof. Hier wordt vooral nitraatuitspoeling beschouwd omdat deze vorm in de praktijk het meest belangrijk is. Ammonium en organische stikstof zijn in de bodem onderhevig aan vele processen, onder andere nitrificatie, adsorptie en mineralisatie, waardoor uitspoeling naar het grondwater in deze vormen minder belangrijk is. Bij het proces denitrificatie worden nitriet en nitraat omgezet in de gassen N_2 en N_2O (lachgas).

De post 'verandering van de totale voorraad N in de bodem' (verandering bodemvoorraad) wordt in het algemeen beschouwd als een soort restpost. Het omvat alle stikstof in de bodem ('afkomstig' van het N-overschot), die niet toegekend wordt aan uitspoeling of denitrificatie. De post verandering bodemvoorraad is (net als het N-overschot) zowel anorganisch als organisch van aard en verschilt daarmee van uitspoeling en denitrificatie die anorganisch van aard zijn. Alle omzettingen in de bodem tussen de verschillende anorganische en organische stikstofvormen (met uitzondering van uitspoeling en denitrificatie) worden beschouwd als interne omzettingen en leiden dus niet tot een verandering van de totale hoeveelheid N in de bodem.

Ondanks de vele meetresultaten, die uit dit project voortgekomen zijn, is er toch onvoldoende informatie (in ruimte en tijd) beschikbaar om in detail de stikstofstromen in de bodem van de verschillende percelen door te rekenen met een deterministisch bodemmodel. Belangrijke ontbrekende informatie zijn onder andere de locatiespecifieke hydrologie, de fysische eigenschappen van de verschillende bodemlagen en de samenstelling van de voorraad N in de bodem.

Met de methode 'Mest-ABC' kan de verdeling van het N-overschot over de balansposten – uitspoeling en denitrificatie - berekend worden. Daarnaast is het mogelijk om de nitraatconcentratie in het grondwater te berekenen op basis van het N-overschot. De methode is beschreven in Schröder *et al.* (2004). De bij deze methode gebruikte uitspoelfracties en neerslagoverschotten zijn verder aangescherpt in Schröder *et al.* (2005) op basis van langjarige meetresultaten.

Bij de methode 'Mest-ABC' zijn de volgende stappen te onderscheiden:

- De hoeveelheid stikstofuitspoeling wordt berekend uit het N-overschot vermenigvuldigt met een bepaalde uitspoelfractie. Deze uitspoelfractie is afhankelijk van de bodemsoort, het grondgebruik en de gemiddelde hoogste grondwaterstand (GHG). De gebruikte uitspoelfracties voor gras- en maïslaan staan in Tabel 1.1 en zijn afkomstig uit Schröder *et al.* (2005). In formulevorm ziet dit er als volgt uit:

$$N_{\text{uitsp}} = N_{\text{overschot}} \cdot f_{\text{uitsp}}, \quad (1)$$

waarin N_{uitsp} staat voor de stikstofuitspoeling naar de ondergrond (kg N ha^{-1}), $N_{\text{overschot}}$ staat voor het N-(bodem)overschot (kg N ha^{-1}) en f_{uitsp} staat voor de uitspoelfractie (-).

- Uit de berekende stikstofuitspoeling en een bepaald neerslagoverschot kan de stikstofconcentratie in het grondwater berekend worden. Dit neerslagoverschot is ook afhankelijk van de bodemsoort, het grondgebruik en de gemiddelde hoogste grondwaterstand (GHG). De gebruikte waarden staan ook in Tabel 1.1 en zijn ook afkomstig uit Schröder *et al.* (2005). In formulevorm ziet dit er als volgt uit:

$$[N] = \frac{N_{\text{uitsp}}}{R_{\text{overschot}}} \cdot 100, \quad (2)$$

waarin $[N]$ staat voor de stikstofconcentratie in het grondwater (mg N l^{-1}), $R_{\text{overschot}}$ staat voor het neerslagoverschot (mm) en de factor 100 nodig is voor de juiste omrekening van de eenheden. De stikstofconcentratie is om te rekenen in een nitraatconcentratie, uitgaande van het feit dat stikstof vooral in de vorm van nitraat uit zal spoelen.

- Bij deze methode wordt in essentie aangenomen dat de hoeveelheid N in de bodem gemiddeld genomen niet verandert (evenwicht). Het restant van het N-overschot wordt bij deze methode dan ook toegekend aan denitrificatie.

In principe is de methode 'Mest-ABC' toepasbaar op individuele referentiepercelen. Toch lijkt de methode het meest geschikt voor toepassing op de verschillende clusters van referentiepercelen. Op cluster-niveau is de aanname van 'evenwichtssituatie in de bodem' beter te rechtvaardigen dan op het niveau van de individuele percelen. Bovendien zijn de gebruikte uitspoelfracties en neerslagoverschotten gebaseerd op veel langjarige meetresultaten.



Secretariaat Koeien & Kansen
Postbus 65
8200 AB Lelystad
tel. 0320-293302 /238238
fax. 0320 - 238022
info@koeienenkansen.nl
www.koeienenkansen.nl

