



Waterkwaliteit op open teelt bedrijven en de relatie met bodem- en bemestingsvariabelen

Resultaten van het project
Telen met toekomst, 2000-2004

F.J. de Ruijter & L.J.M. Boumans



Telen met toekomst

Waterkwaliteit op open teelt bedrijven en de relatie met bodem- en bemestingsvariabelen

Resultaten van het project Telen met toekomst, 2000-2004

F.J. de Ruijter¹ & L.J.M. Boumans²

- 1 Plant Research International
- 2 Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM)



Telen met toekomst

Colofon

Uitgever:

Plant Research International B.V.

Adres : Droevendaalsesteeg 1, Wageningen
: Postbus 16, 6700 AA Wageningen
Tel. : 0317 - 47 70 00
Fax : 0317 - 41 80 94
E-mail : info.plant@wur.nl
Internet : www.plant.wur.nl

© 2005 Wageningen, Plant Research International B.V.

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Plant Research International B.V.

Telen met toekomst is een van de landelijke onderzoeksprojecten op het gebied van nitraat die wordt gefinancierd door de Ministeries van LNV en van VROM.

In 'Telen met toekomst' werken agrarische ondernemers samen met Wageningen UR (Praktijkonderzoek Plant & Omgeving en Plant Research International B.V.) en DLV Adviesgroep nv aan duurzame bedrijfssystemen voor akkerbouw, vollegrondsgroenteteelt, bloembollen en boomteelt.

Informatie over Telen met toekomst

DLV Adviesgroep nv
Telefoon: (0317) 49 16 12
Fax: (0317) 46 04 00
Postbus 7001, 6700 CA WAGENINGEN
E-mail: info@telenmettoekomst.nl
Internet: www.telenmettoekomst.nl

Inhoudsopgave

	pagina
Voorwoord	1
Samenvatting	3
Inleiding	3
Gemiddelde waterkwaliteit	3
Verklaring van nitraatconcentraties	3
1. Inleiding	5
1.1 Algemeen	5
1.2 Nitraat in het grondwater	5
1.3 Doel rapport	6
2. Materiaal en methoden	9
2.1 Beschrijving van de bedrijven	9
2.2 Metingen en registraties op de bedrijven	9
2.2.1 Aanvoer van meststoffen	10
2.2.2 Afvoer van meststoffen	10
2.2.3 Nmin-najaar	10
2.2.4 Meting waterkwaliteit	10
2.2.5 Bodemeigenschappen	15
2.3 Verwerking van data en omrekeningen	15
2.3.1 Berekening van balansen	15
2.3.2 Berekening 'weersinvloed' en 'jaarinvoed'	16
2.4 Variabelen voor verklaring van nitraat in het bovenste grondwater	17
2.5 Statistische analyse	17
3. Resultaten	19
3.1 Overzicht per Tmt-groep	19
3.2 Beschrijving waterkwaliteit	22
3.2.1 Grondwater	22
3.2.2 Drain- en slootwater	23
3.3 Resultaten statistische analyse	25
3.3.1 Gemiddelde waarden van bemestingsvariabelen en de nitraatconcentratie	25
3.3.2 Effect van Gt en bemestingsvariabelen op nitraatconcentratie bij zandgrond	26
4. Discussie	33
4.1 Grondwater - nitraat	33
4.2 Grondwater - P	34
4.3 Drain- en slootwater	35
5. Conclusies	37
Referenties	39

pagina

Bijlage I. Bedrijfsgemiddelden grondwater in de jaren 2002 t/m 2004	6 pp.
Bijlage II. Overzicht van metingen drainwaterkwaliteit	2 pp.
Bijlage III. Overzicht van metingen slootwaterkwaliteit	2 pp.
Reeds verschenen externe rapporten Telen met toekomst	

Voorwoord

Dit rapport bevat resultaten van de eerste fase van het project Telen met toekomst. Telen met toekomst was een van de 'Nitraatprojecten' gefinancierd door de ministeries van LNV en VROM. Bemesting en gewasopbrengst zijn geregistreerd in de projectjaren 2000 t/m 2003. De waterkwaliteit op de bedrijven is gemeten in de jaren 2002 t/m 2004. Verwerking en analyse van deze data ten behoeve van het voorliggende rapport is grotendeels uitgevoerd binnen het kader van het Mest- en Mineralenprogramma, DWK 398.

Frank de Ruijter

Samenvatting

Inleiding

Telen met toekomst is in 2000 van start gegaan en heeft in de eerste fase gelopen tot en met 2003. In het project deden ondernemers uit de akkerbouw, vollegrondsgroenteteelt, bloembollenteelt en boomteelt mee. Daarnaast was er voor iedere sector een onderzoeksbedrijf waar nieuwe systemen werden ontwikkeld en beproefd. De bedrijven lagen verspreid over Nederland en veelal op zandgrond. Uitzondering is de akkerbouw in zuidwest Nederland met kleigrond. Binnen zandgrond zijn er nog verschillen zoals duinzandgrond bij de bloembollenteelt en dalgronden in noordoost Nederland. Bemesting en gewasopbrengst zijn geregistreerd in de projectjaren 2000 t/m 2003. De waterkwaliteit op de bedrijven is gemeten in de jaren 2002 t/m 2004.

Gemiddelde waterkwaliteit

De metingen aan grondwater laten grote verschillen zien in nitraat- en P-concentraties tussen de verschillende bedrijven en regio's. Lage nitraatconcentraties zijn te zien bij de akkerbouw in zuidwest Nederland op kleigrond, en bij de bloembollenbedrijven. De nitraatconcentraties zijn het hoogst bij de groepen met vollegrondsgroenten, waarbij de verschillen tussen de bedrijven groot zijn. De nitraatnorm van 50 mg/l wordt in veel gevallen overschreden. De P-concentraties daarentegen liggen veelal onder de grondwaternorm voor zandgrond. De bloembollen op duinzandgrond springen eruit met zeer hoge P-concentraties. Van de andere Tmt-groepen heeft Ak-zwn de hoogste P-concentraties. Deze blijven echter wel binnen de P-norm voor kleigrond van 3 mg/l.

Op de onderzoeksbedrijven zijn de gemiddelde concentraties iets lager dan bij de praktijkbedrijven. Op de onderzoeksbedrijven lagen ook systemen met verdergaande maatregelen om nutriëntenemissies te reduceren.

Drain- en slootwater is gemeten bij de akkerbouwbedrijven op kleigrond (Ak-zwn) en de bloembollenbedrijven op duinzand. In drain- en slootwater waren de concentraties totaal stikstof op de kleibedrijven iets hoger dan op de bollenbedrijven op duinzand. De P-concentraties waren op de bollenbedrijven echter vele malen hoger dan op de kleibedrijven. Vergelijking van de N- en P-concentraties met de normen voor oppervlaktewater van respectievelijk 2.2 mg/l en 0.15 mg/l laat zien dat alleen de P-concentraties op kleigrond hierbinnen vallen.

Verklaring van nitraatconcentraties

Grondsoort blijkt veel uit te maken voor de hoogte van nitraatconcentratie in het bovenste grondwater. Lage nitraatconcentraties worden gevonden bij duinzand en klei, op zandgrond zijn de nitraatconcentraties hoger. De grondwatertrap is alleen op zandbedrijven bepaald. Duidelijk is dat nitraatconcentraties het hoogst zijn op de droge zandgronden. Van de meetpunten was 56% droog. Bij 8% van de meetpunten op zandgrond werd een veenlaagje van 5 cm dikte of meer aangetroffen. Gemiddeld werd hierdoor de nitraatconcentratie met 80 mg/l verlaagd. Op duinzand en klei hadden de veenlaagjes weinig effect omdat nitraatconcentraties al laag waren.

Op zandgrond zonder veenlaagjes is verder gezocht naar verklaring van variatie in nitraatconcentraties met de volgende variabelen: grondwatertrap, Nmin-najaar, stikstofoverschot, overschot minerale stikstof, de jaarinvloed van voorgaande drie variabelen (correctie voor verdunning en vertraging), totale stikstofaanvoer en aanvoer minerale stikstof via mest. Met mineraal wordt de stikstof bedoeld die in minerale vorm wordt gegeven plus die welke in het betreffende jaar in minerale vorm beschikbaar komt.

Bij regressie-analyse werden duidelijkere relaties gevonden tussen bemestingsvariabelen en de nitraatconcentratie wanneer gebruik werd gemaakt van bedrijfsgemiddelden in plaats van losse meetpunten, en op bedrijfsniveau wanneer werd gemiddeld over de jaren in plaats van losse jaren. Dit wordt verklaard doordat het effect van een bemestingsvariabele in het ene jaar niet volledig doorwerkt in de nitraatconcentratie in het daaropvolgende jaar maar over meerdere jaren effect heeft. Processen die hierbij spelen zijn de tijdsduur van neerwaarts transport en mineralisatie van organisch gebonden stikstof. Een hoog effect op nitraat in het ene jaar wordt gecompenseerd door een laag effect in het volgende jaar en andersom. Dit geldt ook binnen een jaar op bedrijfsniveau waar als gevolg van de rotatie grote verschillen zijn tussen bemesting bij de meetpunten, maar waar bij middeling tot bedrijfsniveau over- en onderschattingen van het effect op de nitraatconcentratie tegen elkaar wegvallen. Door deze processen zal over een reeks van jaren gemeten moeten worden om effecten van veranderende bemesting op de nitraatconcentratie aan te tonen.

Van de verklarende variabelen had Nmin-najaar een vergelijkbaar of iets groter effect dan het stikstofoverschot of het overschot aan minerale stikstof. De statistische betrouwbaarheid van het effect van Nmin-najaar was veelal het grootst. Dit kan komen doordat Nmin een variabele is die procesmatig het dichtst bij de nitraatconcentratie staat doordat het een daadwerkelijke meting is van stikstof die uit kan spoelen. Stikstofaanvoer (totaal of mineraal) gaf minder verklaring van de variatie in nitraatconcentraties dan de andere variabelen.

1. Inleiding

1.1 Algemeen

Het project Telen met toekomst (www.telenmettoekomst.nl) loopt vanaf het jaar 2000 en is begonnen als een van de centrale 'nitraatprojecten' gefinancierd door de Ministeries van LNV en VROM. Het doel van het project is ondermeer om aanscherpingen in het nutriëntenbeleid voor een brede groep telers haalbaar te maken. In de periode 2000 tot en met 2003 hebben 34 praktijkbedrijven uit de akkerbouw, vollegrondsgroenteteelt, boomteelt en bollenteelt deelgenomen. Daarnaast was er voor iedere sector een onderzoeksbedrijf waarop nieuwe systemen onderzocht werden.

Door de deelnemende bedrijven zijn op het niveau van teeltactiviteit¹ (afgekort als TA) teelthandelingen zoals bemesting geregistreerd. Ook zijn de gewasopbrengsten geregistreerd. Deze registraties werden verzameld in de database Farm waarmee balansberekeningen op TA-, perceels-, gewas- en bedrijfsniveau kunnen worden uitgevoerd.

Naast de registraties door de telers werd ieder jaar de voorraad minerale stikstof in de bodem bepaald in het voorjaar, na de oogst en in het najaar. Ook werd in de jaren 2002 tot en met 2004 door het RIVM het grond-, drain- en slootwater bemonsterd.

Dit rapport beschrijft de resultaten van de metingen van waterkwaliteit in de drie jaren voor de verschillende bedrijven. Tevens worden voor stikstof de resultaten beschreven van diverse variabelen, zoals het stikstofoverschot op de volledige balans en de Nmin in het najaar. Dit worden de 'bemestingsvariabelen' genoemd.

1.2 Nitraat in het grondwater

Nitraat in het grondwater is het meest duidelijke effect van landbouw op de grondwaterkwaliteit. In een eerdere studie op basis van het eerste meetjaar werd geconcludeerd dat de nitraatconcentratie sterk afhankelijk was van de grondwaterstand (De Ruijter & Smit, 2003). Van de onderzochte bemestingsvariabelen had alleen Nmin-najaar een verband met nitraat in het grondwater. De bemestingsvariabelen totale stikstofaanvoer, Minas-stikstofaanvoer, stikstofoverschot op de balans van oogst tot oogst en overschot van werkzame stikstof uit mest hadden weinig tot geen verband met nitraat. Verwacht werd dat berekening van het stikstofoverschot over een andere periode het verband met nitraat kan verbeteren. De balansberekeningen waren landbouwkundig gericht en berekend op basis van oogst tot oogst. Omdat de meeste uitspoeling van stikstof in het winterseizoen plaatsvindt, werd verwacht dat een overschot op de kalenderbalans een beter verband heeft met nitraat in het grondwater dan een overschot op de balans van oogst tot oogst waarin stikstof van zowel voor als na de winter wordt meegenomen. Dit speelt het sterkst bij najaarstoedieningen van dierlijke mest.

Ook werd verwacht dat indien rekening wordt gehouden met mineralisatie uit organische mest en met vastlegging van minerale stikstof door groenbemesters de nitraatconcentraties beter verklaard kunnen worden dan wanneer alleen naar totale aan- en afvoer wordt gekeken. Daarom wordt er ook een balans berekend op basis van alleen minerale stikstof. Het idee achter deze balans is het berekenen van het verschil (overschot) tussen de stikstof die in een jaar in minerale vorm beschikbaar komt (aanvoer) en de stikstof die uit deze minerale pool weer wordt vastgelegd in niet-minerale vorm (afvoer). Dit overschot aan minerale stikstof is vatbaar voor uitspoeling en kan in het grondwater terecht komen. Het voordeel van de balans op basis van minerale stikstof boven een balans op basis van totaal stikstof is dat er meer rekening gehouden wordt met de verdeling van stikstof uit organische meststoffen in

¹ Onder teeltactiviteit wordt een gewas of teeltwijze op een perceel verstaan. Een perceel kan meerdere teeltactiviteiten bevatten.

minerale en in organische vorm. Variatie tussen jaren in organische bemesting kan zo beter bekeken worden.

Naast bemesting speelt ook de neerslag een rol bij de uiteindelijke nitraatconcentratie in het grondwater. In de loop van de zomer is het vocht in de wortelzone door de planten verbruikt. In de herfst wordt de wortelzone opnieuw verzadigd met neerslag (regenwater) en daarna begint de grondwateraanvulling. Het regenwater lekt uit de wortelzone naar het grondwater. Dit gaat door totdat in het opvolgende jaar in de lente de verdamping de neerslag overtreft. Gemiddeld genomen wordt de bovenste meter grondwater pas na een jaar ververst. Wanneer het neerslagoverschot bijvoorbeeld 250 mm is, dan zal bij een porositeit onder de wortelzone van ongeveer 1/3 de bovenste meter niet in zijn geheel worden ververst. In deze bovenste meter bevindt zich dan ook water van het neerslagoverschot van een voorgaande periode. Het eerste deel van het neerslagoverschot dat de wortelzone verlaat zal een hogere nitraatconcentratie hebben dan het neerslagoverschot dat in de lente uit de wortelzone lekt. Na een extreem natte winter kan de bovenste meter grondwater in zijn geheel zijn ververst en niet meer het eerste deel van het neerslagoverschot bevatten met de hogere nitraatconcentraties waardoor de concentratie in de bovenste meter van het grondwater lager is. Na droge winters kunnen de nitraatconcentraties hoger zijn. Het effect van natte en droge winters wordt 'weersinvloed' genoemd. Behalve dat de winterneerslag tussen jaren varieert, varieert ook de bemesting en/of het stikstofoverschot tussen jaren. Er kan nitraat uit verschillende jaren in de bovenste meter van het grondwater aanwezig zijn. Het effect van verschil in neerslagoverschot in de winter in combinatie met verschillende waarden van bemestingsparameters voor de voorafgaande zomers wordt 'jaarinvoed' genoemd.

Analyse van de effecten van bemesting op de nitraatconcentratie in het grondwater kan op verschillende niveaus van aggregatie (middeling) uitgevoerd worden. Analyse op het meest gedetailleerde niveau van meetpunten in verschillende jaren geeft de mogelijkheid om in te zoomen op situaties die gevoelig zijn voor nitraatuitspoeling, bijvoorbeeld zand met diepe grondwaterspiegels en een groot stikstofoverschot van het voorafgaande jaar. Het nadeel van dit gedetailleerd onderzoek is dat geen rekening wordt gehouden met de bemestingsgeschiedenis. Het is echter ook mogelijk om het effect van de gemiddelde bemesting van drie jaar op de gemiddelde nitraatconcentratie van drie jaar te onderzoeken, of om bedrijfsmiddelen te onderzoeken. Door middeling over jaren wordt beter rekening gehouden met de voorgeschiedenis die bijvoorbeeld tot uitdrukking komt in najaareffecten van bemesting door mineralisatie van stikstof uit organische mest of de mate van stikstofvastlegging door een groenbemester in het najaar en de stikstofmineralisatie in het daaropvolgende jaar. We verwachten dat door middeling over jaren een betere relatie tussen bemestingsvariabelen en nitraat gevonden wordt. Een betere relatie valt ook te verwachten wanneer naar bedrijfsniveau gemiddeld wordt en daardoor de variatie als gevolg van de rotatie van gewassen wegvalt.

De variabelen welke in het voorliggende rapport gebruikt zijn voor verklaring van nitraat in het bovenste grondwater zijn vermeld in Tabel 1.1. Voor elke bemestingsvariabele zal onderzocht worden op welk aggregatieniveau de duidelijkste effecten zichtbaar zijn.

1.3 Doel rapport

Het doel van dit rapport is:

1. beschrijving van de waterkwaliteit op de bedrijven van 'Telen met toekomst'
2. het zoeken van zo duidelijk mogelijke relaties tussen de bemestingsvariabelen en de nitraatconcentratie in de bovenste meter van het grondwater

Tabel 1.1. Variabelen voor verklaring van nitraat in het bovenste grondwater.

Variabele	Toelichting
Bemestingsvariabelen	
Nmin	Nmin-najaar in het najaar voorafgaand aan de nitraatmeting
Nkal	Overschot totaal stikstof in het kalenderjaar voorafgaand aan de nitraatmeting
Nwz	Overschot minerale stikstof in het kalenderjaar voorafgaand aan de nitraatmeting
NkalA	Aanvoer totaal stikstof in meststoffen in het kalenderjaar voorafgaand aan de nitraatmeting
NwzA	Beschikbaarheid minerale stikstof uit meststoffen in het kalenderjaar voorafgaand aan de nitraatmeting
NminG	Gemiddelde Nmin-najaar over de jaren 2000 t/m 2003
NkalG	Gemiddeld stikstofoverschot over de jaren 2000 t/m 2003
NwzG	Gemiddeld overschot minerale stikstof over de jaren 2000 t/m 2003
Nmin_vfs	Nmin-najaar in jaren voorafgaand aan de nitraatmeting, gecorrigeerd voor verdunning en vertraging ('jaarinvoed')
Nkal_vfs	overschot totaal stikstof in jaren voorafgaand aan de nitraatmeting, gecorrigeerd voor verdunning en vertraging ('jaarinvoed')
Nwz_vfs	overschot minerale stikstof in jaren voorafgaand aan de nitraatmeting, gecorrigeerd voor verdunning en vertraging ('jaarinvoed')
Co-variabelen	
Grondsoort	Onderscheid is gemaakt naar duinzand, zand en klei
Veen	Wel of niet voorkomen van veenlaagjes in het profiel
Gt-groep	Onderscheid is gemaakt naar de groepen 'droog', GtVI, GtIV en 'nat'
Sh	Grondwaterstand bij meten
Doc	Opgelost organisch koolstof (mg/l)
Vfs	Weersinvloed

2. Materiaal en methoden

2.1 Beschrijving van de bedrijven

De bedrijven binnen Telen met toekomst bestaan uit 34 praktijkbedrijven uit de sectoren akkerbouw, vollegrondsgroenteteelt, boomteelt en bloembollenteelt. Binnen iedere sector is er ook één onderzoeksbedrijf met daarop verschillende bedrijfssystemen. De praktijkbedrijven zijn gegroepeerd in zeven Tmt-groepen welke gecodeerd worden via de combinatie van sector + regio (Tabel 2.1). De onderzoeksbedrijven worden gecodeerd op basis van de sector via Ak-kern, Vg-kern, Bo-kern en Bl-kern.

Tabel 2.1. *Bedrijven binnen Telen met toekomst. Bij de praktijkbedrijven wordt de combinatie van sector + regio aangeduid als Tmt-groep.*

Sector	Regio	Code Tmt-groep of onderzoeksbedrijf	Bedrijfsnummers	Grondsoort	Veenlaagjes ¹	OS%	Grondwater ²	Aantal bedrijven ³
Akkerbouw								
	Noordoost-Nederland	Ak-non	Ak01-05	zand	36	9.6	145	5 (2)
	Zuidoost-Nederland	Ak-zon	Ak06-09	zand	2	3.2	126	4
	Zuidwest-Nederland	Ak-zwn	Ak11-15	klei	0	2.3	133	5
	Zuidoost-Nederland	Ak-kern		zand	0	3.7	96	1
Vollegrondsgroenteteelt								
	Midden-Brabant	Vg-mb	Vg01-04	zand	19	4.3	152	4
	Zuidoost-Nederland	Vg-zon	Vg06-10	zand	0	3.1	196	5 (1)
	Zuidoost-Nederland	Vg-kern		zand	0	*	345	1
Bloembollen								
	Noordwest-Nederland	Blb	Bl01-06	zand	3	1.5	72	6
	Noordwest-Nederland	Bl-kern		zand	15	*	117	1
Boomteelt								
	Zuidoost-Nederland	Bomen	Bo01-05	zand	0	3.4	215	5 (1)
	Zuidoost-Nederland	Bo-kern		zand	0	2.5	337	1

¹ *Ui gedrukt als het percentage van het totale aantal meetpunten in de desbetreffende groep.*

² *Gemiddelde van de bedrijfs-gemiddelde grondwaterstanden op moment van bemonstering in cm beneden maaiveld. Alleen de bedrijven waarop grondwater is bemonsterd.*

³ *Tussen haakjes het aantal bedrijven waarop het niet mogelijk was om nitraat in het grondwater te meten vanwege te lage grondwaterstand of een keileemlaag.*

2.2 Metingen en registraties op de bedrijven

In deze studie wordt gekeken naar de resultaten van waterkwaliteit op het niveau van meetpunt, op perceelsniveau en op bedrijfsniveau. Door de telers wordt bemesting en gewasopbrengst op het niveau van teeltactiviteit geregistreerd (TA; een gewas op een perceel). Via de database Farm (Spruijt-Verkerke & Van Asperen, 2001) worden vervolgens balansen op TA-, perceels- en bedrijfsniveau berekend. Naast de registraties door de teler zijn bemonsteringen uitgevoerd voor bepaling van de Nmin-najaar en de hoeveelheid nitraat in het grondwater. In de volgende paragrafen worden de verschillende metingen en registraties verder toegelicht.

2.2.1 Aanvoer van meststoffen

De aanvoer van meststoffen wordt geregistreerd door de telers. Om de aanvoer aan nutriënten via organische mest te bepalen worden in het project mestmonsters geanalyseerd, wordt er gebruik gemaakt van informatie van de leverancier of van resultaten van de bemonstering van dierlijke mest ten behoeve van Minas.

Bij berekeningen van de totale aanvoer van nutriënten wordt naast de aanvoer via meststoffen ook de aanvoer via hulpstoffen (bijv. stro), zaaizaad en plantgoed meegerekend, evenals de aanvoer via atmosferische depositie en via stikstofbinding door vlinderbloemigen. De aanvoer van stikstof via hulpstoffen, zaaizaad en plantgoed wordt berekend door de hoeveelheid product te vermenigvuldigen met een standaard nutriëntengehalte per product. Cijfers voor de stikstofdepositie zijn regionale gemiddelden afkomstig van het RIVM. De hoeveelheid stikstof die door vlinderbloemigen wordt gebonden is op basis van forfaitaire waarden. Bij gras/klaver wordt een vast deel van de stikstof in het geoogste product als stikstofbinding beschouwd.

2.2.2 Afvoer van meststoffen

De afvoer wordt ook door de telers bijgehouden door de gewasopbrengst te registreren. Bij de verwerking van de registratiecijfers in de database Farm (Spruijt-Verkerke en Van Asperen, 2001) wordt deze gewasopbrengst vermenigvuldigd met standaard nutriëntengehaltes per product om de nutriëntenafvoer te berekenen. De nutriëntengehaltes zijn grotendeels afkomstig van Beukeboom (1996).

2.2.3 Nmin-najaar

De hoeveelheid minerale stikstof in het najaar wordt bepaald in oktober/november in de bodemlagen 0-30, 30-60 en 60-90 cm. Per perceel worden er bij de bemonstering van de laag 0-30 cm circa 40 steken per monster genomen, en van de lagen 30-60 cm en 60-90 cm 20 steken per monster. De Nmin wordt op ieder perceel van het bedrijf gestoken. De laag 60-90 cm wordt echter op 4 percelen per bedrijf gestoken. Via regressie is de Nmin-waarde berekend voor de percelen waarop alleen de laag 0-60 cm is bemonsterd.

2.2.4 Meting waterkwaliteit

Deze paragraaf is een aangepaste versie van de beschrijving in Van den Berg & Pulleman (2003).

2.2.4.1 Algemeen

De werkwijze voor het waterkwaliteitsonderzoek is in detail vastgelegd in het onderzoeksprotocol (RIVM, 2002a) en zogenaamde Standaard Operating Procedures (SOP's) waarnaar in het protocol verwezen wordt (zie o.a. RIVM, 2000a en RIVM, 2002b). De gevolgde aanpak is in principe gelijk aan die in het Landelijk Meetnet effecten Mestbeleid (LMM) van RIVM/LEI, maar met een iets grotere mate van detail om beter gefundeerde uitspraken te kunnen doen op het niveau van individuele bedrijven. Net als in het LMM werd, voorafgaand aan de eerste bemonstering, een bedrijfsbezoek uitgevoerd om informatie te vergaren betreffende de bedrijfsomvang, ligging van percelen, de aanwezigheid van een drainagesysteem etc., volgens RIVM 2000b.

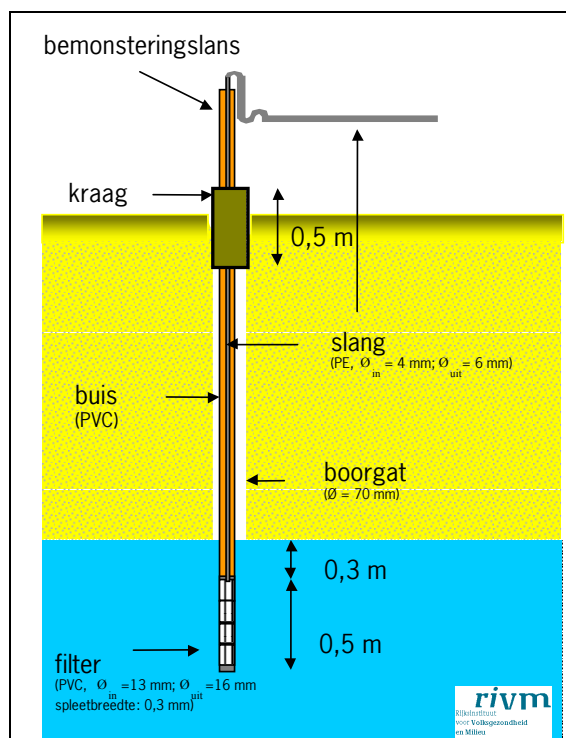
Aan de hand van de verzamelde informatie werd een bemonsteringsschema opgesteld. In principe zou op alle bedrijven de kwaliteit van het bovenste grondwater gemeten worden. Op 4 bedrijven, waar het grondwater op grote diepte (meer dan 5m beneden maaiveld) voorkomt, of met een ondoordringbare bodemlaag boven de grondwaterspiegel, werd (in plaats van het grondwater) de bodem onder de bewortelingszone bemonsterd voor bodemvochtanalyse. Daarnaast werd in de periode november-

maart drain- en slootwater bemonsterd op bollenbedrijven, akkerbouwbedrijven op klei en één akkerbouwbedrijf op zand.

2.2.4.2 Grondwater

De grondwaterbemonstering vond plaats in de perioden 4 april t/m 23 september 2002, 12 maart t/m 27 oktober 2003 en 6 januari t/m 16 juli 2004. De bemonstering werd uitgevoerd door RIVM-medewerkers. Binnen ieder bedrijf werden de bemonsteringslocaties vastgesteld volgens een gestratificeerde aselechte verdeling conform het protocol (RIVM 2002b). De stratificatie vond plaats op basis van de perceelsindeling, met 16 bemonsteringslocaties op de bedrijven op klei en 48 op de bedrijven op zandgrond die doorgaans meer variatie vertonen in de nitraatconcentratie in het grondwater. In 2004 is op de bollenbedrijven en een tweetal zandbedrijven met relatief weinig variatie in nitraatconcentratie in het grondwater het aantal bemonsteringslocaties teruggebracht tot 24.

Op de zandgronden werd de bemonstering uitgevoerd volgens RIVM, 2000a: Op iedere locatie werd m.b.v. de edelmanboor een gat geboord tot een diepte van ca. 0,8 m beneden de grondwaterspiegel. Vervolgens werd het grondwater in elk gat bemonsterd met behulp van een bemonsteringslans met grof filter (zie Figuur 2.1), gekoppeld aan een slangenpomp en 0,45 µm cellulosefilter. Op kleigronden met een geringe doorlatendheid werd een aangepaste methode gebruikt (RIVM, 2001a), waarbij het boorgat rond en boven het grove filter in de bemonsteringslans wordt opgevuld met grind en afgedekt met kleikorrels, waarna het grondwater enkele dagen later wordt bemonsterd.



Figuur 2.1. Schets van de methode van grondwaterbemonstering. Bron: RIVM (2000a).

Op iedere locatie werd de grondwaterstand (t.o.v. maaiveld) indicatief vastgesteld door, na de bemonstering, bij verwijdering van de bemonsteringslans, de afstand te meten waarover deze droog was gebleven. Verder werd van elke locatie een deel van het bemonsterde water in het veld geanalyseerd met betrekking tot de nitraatconcentratie (nitracheckmethode), de elektrische geleidbaarheid (EC) en de zuurgraad (pH). De nitracheckresultaten zijn achteraf gecorrigeerd voor het effect van temperatuurverschillen tussen de veldomstandigheden en de omstandigheden waarbij de (dagelijkse) kalibratie werd

uitgevoerd (RIVM, 2002c). De andere delen van het monster werden gekoeld (en voor bepaalde analyses aangezuurd) en afgevoerd naar het laboratorium.

In het laboratorium werden vier mengmonsters per bedrijf vervaardigd. Voor ieder mengmonster werd per bedrijf een gelijk aantal aselekt getrokken individuele monsters gebruikt, behalve in het geval van het Kernbedrijf Meterik, waarbij één van de mengmonsters betrekking had op het zogenaamde analysebedrijfsonderdeel. De mengmonsters werden geanalyseerd op de concentratie van nitraat, ammonium, Kjehldal-N, DOC, sulfaat, chloride, totaal-P, ortho-P, Na, K, Ca, Mg, Fe en Zn (zie paragraaf 2.2.4.5).

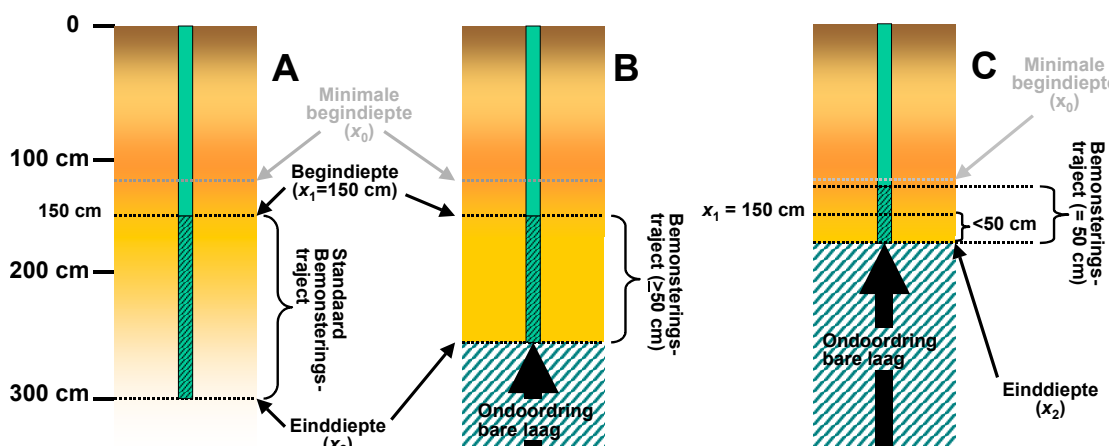
2.2.4.3 Bodemvocht

De grondbemonstering voor bodemvochtanalyse vond plaats in de periode van 16 september t/m 1 november 2002, 19 september t/m 13 november 2003 en 5 april t/m 28 april 2004. De selectie van bemonsteringslocaties gebeurde op dezelfde manier als voor de grondwaterbemonstering.

Bij de bemonstering is het de bedoeling om een grondmonster te vergaren dat representatief is voor een bepaald dieptetraject beneden de wortelzone. Dit wordt gedaan door van elke boorkern over het betreffende traject een gelijke hoeveelheid grond in een luchtdicht afsluitbare monsterpot te doen. In de praktijk is het niet altijd mogelijk om over een en hetzelfde traject te bemonsteren. Voor diepe bodems is het *'standaard bemonsteringstraject'* van 150 tot 300 cm diepte van toepassing. Wanneer een ondoordringbare laag wordt aangetroffen voordat de *einddiepte* van het standaardtraject (300 cm) bereikt is, wordt de bodem over een traject van ten minste 50 cm dikte uniform bemonsterd tot in het bovenste gedeelte van de ondoordringbare laag. Eén en ander is geïllustreerd in Figuur 2.2. Een gedetailleerde beschrijving van de werkwijze van bemonsteren is gegeven in RIVM (2002d).

Van elke locatie werd een individueel monster van het betreffende dieptetraject genomen. Bovendien werden per bedrijf (in het veld) op basis van een aselekt trekking uit de 48 individuele monsters vier mengmonsters vervaardigd; behalve voor het bedrijf Ak05 waar 16 locaties werden bemonsterd en twee mengmonsters werden vervaardigd.

In het geval van de monsters van de individuele locaties werd het bodemvocht geëxtraheerd door middel van centrifuge en vervolgens gefiltreerd over $0,45\ \mu\text{m}$ (RIVM, 2001b). De mengmonsters werden behandeld volgens een schudmethode (RIVM, 2001c): eerst gedroogd voor de bepaling van het watergehalte; vervolgens geschud met ultrapuur water (milli-Q®) in een verhouding van 1:1; en vervolgens gecentrifugeerd, waarna de bovenstaande vloeistof wordt gefiltreerd over $0,45\ \mu\text{m}$. De extracten van de individuele (centrifuge) monsters werden onverdund geanalyseerd op chloride, nitraat, sulfaat en, bij voldoende vocht, ammonium. De extracten van de mengmonsters werden geanalyseerd op bovenvermelde componenten en daarnaast ook op Kjeldahl-N, ortho-P, totaal-P, DOC, Ca, Mg, K, Na, Fe en Zn (zie paragraaf 2.2.4.5).



Figuur 2.2. Bemonsteringstraject bij grondbemonstering voor bodemvochtanalyse. (A) Diepe bodem, bemonsterd over het standaard bemonsteringstraject (150-300 cm); (B) Ondoordringbare laag boven de einddiepte (300 cm) van het standaard bemonsteringstraject: de bodem kan wel over een traject van > 50 cm dikte bemonsterd worden zonder de begindiepte (x_1) aan te passen; (C) De bodem wordt over een traject van 50 cm dikte bemonsterd door de begindiepte aan te passen. NB. Voor Telen met toekomst werd geen minimale begindiepte toegepast. Bron: RIVM (2002d).

2.2.4.4 Drain- en slootwater

De gebruikte procedures voor de drain- en slootwaterbemonstering zijn uitgebreid beschreven in RIVM (2002e) en de daarin vermelde SOP's.

Bij de drain- en slootwaterbemonstering wordt er naar gestreefd om gedurende het drainageseizoen (oktober-maart) op elk bedrijf dat hiervoor in aanmerking komt vier bemonsteringsrondes uit te voeren, met tussenpozen van ten minste vier weken. De eerste bemonsteringsronde wordt dan uitgevoerd door RIVM medewerkers samen met de deelnemers en daarna, voor zover mogelijk, alleen door de deelnemers. Voor aanvang van de eerste ronde worden, per bedrijf, 16 drainagebuizen en, indien mogelijk en zinvol, acht slootwaterpunten geselecteerd (conform RIVM, 2002b). Hierbij worden bij voorkeur vier bedrijfseigen sloten en vier doorgaande sloten gekozen op de plaats waar deze het bedrijf verlaten. Indien geen bedrijfssloten aanwezig zijn worden twee plaatsen van doorgaande sloten geselecteerd voor bemonstering: daar waar zij het bedrijf binnenkomen én daar waar zij het bedrijf verlaten. Indien dit ook niet mogelijk is worden langsgaande sloten geselecteerd of worden minder dan acht slootwaterpunten bemonsterd.

In 2002 kwam de drain- en slootwaterbemonstering pas in februari op gang. Zodoende werden slechts acht bedrijven bemonsterd (van de elf die hiervoor in aanmerking kwamen). In 2003 en 2004 werden respectievelijk elf en tien bedrijven bemonsterd. In 2002 en 2003 werd er op de bedrijven één of twee keer bemonsterd, in 2004 werd er één tot drie keer bemonsterd. De slootwatermonsters werden genomen door een maatbeker in de sloot onder te dompelen (RIVM, 2002f). Voor drainwater werd een maatbeker onder de drainagebuis gehouden. Indien een drainagebuis onder water stond maar wel stroming werd waargenomen, werd water uit de buis getapt met behulp van een bemonsteringslans gekoppeld aan een slangenpomp (RIVM, 2002g). De monsters werden in een koelbox getransporteerd naar het RIVM om nog op de dag van bemonstering of voor 10:00 uur de volgende dag te worden afgeleverd en gefiltreerd.

Van ieder monster werden op het laboratorium de pH, de EC en de nitraatconcentratie (nitratecheck-methode) bepaald. Daarnaast werd per bedrijf en per watertype één mengmonster gemaakt waarop dezelfde analyses werden verricht als voor het grondwater.

2.2.4.5 Laboratorium analysemethoden

Voor analyse van de watermonsters in het laboratorium voor analytische chemie (LAC) van het RIVM werden de volgende methodes toegepast:

Ammonium (in drain- en slootwater), volgens SOP LAC/M041. In een bufferoplossing van pH van 12,8 - 13,0 vormt ammoniak, vrijgemaakt uit ammonium in het monster, met hypochloriet en salicylaat in aanwezigheid van nitroprusside een blauwgekleurd indofenol-complex. De absorptie van het blauwgekleurde complex wordt fotometrisch bepaald bij 650 nm en is een maat voor de hoeveelheid ammonium in het monster. Het ammoniumgehalte wordt bepaald uit een kalibratielijijn.

Ammonium (in grondwater en bodemvocht), volgens LAC/M396. Hierbij wordt het geconserveerde monster met 'flow injection analysis' (FIA) geïnjecteerd en gemengd met loog. De daardoor vrijgemaakte ammoniak gaat door een gasdoorlatend membraan en diffundeert in een vloeistofstroom met een mengsel van zuur-base indicatoren. Dit resulteert in een kleurverandering waarvan de absorptie bij 590 nm fotometrische wordt gemeten. Het ammoniumgehalte wordt bepaald uit een kalibratielijijn.

Kjeldahl-N, volgens LAC/M374. Hierbij wordt de organisch gebonden stikstof door destructie met geconcentreerd zwavelzuur en een Kjeldahltablet omgezet in ammonium. Vervolgens wordt het ammoniumgehalte bepaald volgens LAC/M396, zoals hierboven beschreven. **Organisch-N** werd door de auteurs van dit rapport berekend als Kjeldahl-N minus $\text{NH}_4\text{-N}$.

Chloride, nitraat en sulfaat, met een automatische ionchromatografische methode volgens LAC/M302. Hierbij worden ionen van het monster gescheiden door het monster op te nemen in een loopploeistofstroom en deze te leiden door een kolom met ionenwisselaar. De te bepalen ionen worden gemeten met geleidbaarheidsdetectie na chemische suppressie. Met behulp van standaarden vindt identificatie van de componenten in het monster plaats. De kalibratielijijnen worden via 'point-to-point' kalibratie bepaald. Voor berekening van de anionenconcentraties worden de piekoppervlakten van de geleidbaarheidsdetectie gebruikt.

Fosfaat (ortho-P), via een automatische fotometrische methode volgens LAC/M064. Hierbij wordt het monster gemengd met een oplossing van molybdaat, antimoon en ascorbinezuur, waardoor een blauwgekleurd antimoon-fosformolybdaatcomplex wordt gevormd. De extinctie van deze verbinding wordt gemeten bij 880 nm en is een maat voor de aanwezige hoeveelheid orthofosfaat. Het orthofosfaatgehalte wordt bepaald uit een kalibratielijijn.

Fosfaat (Totaal-P) wordt bepaald volgens LAC/M367 met behulp van Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectrometry (ICP-AES). Hierbij wordt de PE Optima 3000 DV, gebruikt, een axiaal ICP-AES apparaat met een Rytton verstuurkamer en een Crossflow verstuur, bij de spectraallijn P213.617 nm. Gallium wordt gebruikt als interne standaard (Ga294.361 nm). De kwantitatieve meetlijn P213.617 nm bevat een spectrale storing van koper en wordt gecorrigeerd door middel van 'Multi-Component Spectral Fitting'. De controlelijn P178.221 nm is storingsvrij. **Organisch-P** werd door de auteurs van dit rapport berekend als totaal-P minus ortho-P.

DOC (opgelost organisch koolstof), volgens LAC/M402. Hierbij wordt fosforzuur aan het monster toegevoegd, waarna CO_2 , afkomstig van vluchtige organische of anorganische koolstofverbindingen verwijderd wordt door de oplossing met een stikstofstroom te doorleiden. Na toevoeging van peroxodisulfaat/zuur-oplossing wordt de oplossing door UV licht gedestruerd. Het gevormde CO_2 wordt gescheiden van de vloeistof en gemeten met een infrarooddetector.

Ca, Mg, K, Na, Fe en Zn, volgens LAC/M258 met behulp van Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectrometry (ICP-AES). Hier wordt gebruik gemaakt van de Spectro, Spectroflame model M5.

2.2.5 Bodemeigenschappen

In 2003 zijn op de akkerbouw- en vollegrondsgroentebedrijven op zandgrond extra metingen verricht om per meetpunt een bodemprofielbeschrijving te maken en ook de grondwatertrap vast te stellen. De grondwatertrappen zijn in de voorliggende studie gegroepeerd naar de klassen ‘droog’ (GtVII en GtVIII), ‘GtVI’, ‘GtIV’ en ‘nat’ (GtII, GtIII en GtV)². Bij de profielbeschrijving is ook het voorkomen van laagjes veen beschreven. Ook bij de bemonstering van het grondwater is het voorkomen van veenlaagjes geregistreerd en is de actuele grondwaterstand vastgelegd. Een veenlaagje is gedefinieerd als ergens in het profiel een laagje van minstens vijf cm dik met meer dan 35% organische stof.

2.3 Verwerking van data en omrekeningen

2.3.1 Berekening van balansen

Via de database Farm (Spruijt-Verkerke en Van Asperen, 2001) worden per bedrijf nutriëntenbalansen opgesteld op basis van de geregistreerde gegevens. Ten behoeve van de voorliggende studie zijn op basis van een kalenderjaar de balansen berekend van de totale aanvoer en totale afvoer van nutriënten.

Voor de balansberekeningen van de ‘aanvoer’ en ‘afvoer’ van minerale stikstof zijn de volgende posten meegenomen:

Aanvoer:

- werkzame stikstof uit dierlijke mest van het voorgaande najaar
- werkzame stikstof uit dierlijke mest van het lopende jaar
- werkzame stikstof uit plantaardige mest van het voorgaande najaar
- werkzame stikstof uit plantaardige mest van het lopende jaar
- kunstmeststikstof
- stikstofdepositie
- stikstof in het uitgangsmateriaal (is niet mineraal maar komt terecht in het oogstproduct)
- nalevering van stikstof uit groenbemesters (forfaitaire getallen, Tabel 2.2)
- N-aanvoer via stro (zie onder voor toelichting)
- stikstofbinding

Afvoer:

- stikstof in geoogste producten (zowel hoofd- als bijproduct)
- vastlegging van stikstof in groenbemesters (forfaitaire getallen, Tabel 2.2)

Bij deze balansberekeningen worden er enige concessies gedaan. Stikstof die vrijkomt uit gewasresten van het voorgaande jaar en stikstof die weer in organische vorm wordt vastgelegd in het lopende jaar is in de berekening niet meegenomen. Hiervoor zijn verschillende redenen. Zo zou berekend moeten worden hoeveel van de stikstof uit gewasresten de jaargrens overgetild wordt en voor het oogstjaar als afvoer geldt. Voor het daaropvolgende jaar geldt mineralisatie uit die gewasresten als aanvoer op de balans. Op basis van oogsttijdstip is deze berekening met modellen wel te doen maar zeer veel werk. Op bedrijfsniveau geldt dat bij een gelijkblijvend bouwplan de ‘aanvoer’ exact gelijk is aan de ‘afvoer’ en deze berekening dus overbodig is.

De nalevering van stikstof uit organische meststoffen die meer dan een jaar geleden zijn aangevoerd was met de huidige opzet van de data moeilijk uitvoerbaar en in deze balans niet meegenomen.

De stikstof die in minerale vorm uit groenbemesters beschikbaar komt is berekend op basis van forfaitaire getallen. Hetzelfde geldt voor de minerale stikstof die in het najaar in groenbemesters wordt vastgelegd en naar het volgende jaar wordt gebracht. De mate van overdracht naar het volgende kalenderjaar hangt af van het tijdstip van onderwerpen (Tabel 2.2). Bij zandgrond wordt uitgegaan van onder-

² Als richtlijn bij de indeling in groepen van grondwatertrappen is de gemiddelde hoogste wintergrondwaterstand genomen, in cm beneden maaiveld: droog \geq 80, GtIV 45-65, GtVI 40-80 en nat $<$ 40.

werken in het voorjaar. Voor kleigrond wordt ervan uitgegaan dat de groenbemesters in het najaar worden ondergewerkt. Dit wordt ook verondersteld voor de duinzandgronden en de bloembollenteelt. Volgens het landbouwkundig bemestingsadvies dient voor een groenbemester die in de winter afsterft gerekend te worden als bij inwerken in het najaar. In de voorliggende studie gaat dit niet op omdat niet naar de beschikbaarheid voor een volggewas gekeken wordt maar naar de beschikbaarheid van minerale stikstof in een kalenderjaar. Er wordt geen onderscheid gemaakt tussen teelt gedurende het gehele jaar (groene braak) en teelt na een hoofdgewas.

De stikstofaanvoer vanuit stro is meegenomen omdat dit jaarlijks wordt aangevoerd op bloembollen-bedrijven en bedrijven met aardbeien. Op bedrijfsniveau is de gemiddelde aanvoer over de jaren heen vrij constant waardoor de beschikbare stikstof overeenkomt met de totaal aangevoerde stikstof. De aanvoer van stikstof via kalkmeststoffen is niet in deze balans meegenomen. De aanvoer is vrij laag, zeer onregelmatig en stikstof komt slechts langzaam beschikbaar. Tenslotte is vanwege gebrek aan informatie geen rekening gehouden met de bodemvoorraad aan organische stof en veranderingen in deze pool.

Tabel 2.2. *Mate van nawerking van een groenbemester in afhankelijkheid van de grondsoort.*

Groenbemester	Nawerking zandgrond	Nawerking kleigrond en duingrond
Bladrammenas	40	20
Engels raaigras na laatste teelt	37,5	30
Gele mosterd	40	20
Grassenmengsel	37,5	30
Mengteelt bladrogge/triticale	37,5	37,5
Tagetes	50	25
Winterrogge	37,5	30
Zomergerst - najaar	25	20

2.3.2 Berekening 'weersinvloed' en 'jaarinvoed'

De weersinvloed is berekend in twee stappen. Ten eerste is met behulp van bodemsimulatiesoftware (ONZAT) het neerwaartse transport berekend met nationale gegevens over neerslag en verdamping van het KNMI in 16 weersdistricten. In de simulatie werd hiervoor iedere dag zout op de bodem aangebracht in een standaard situatie (gras op dekzand). Er zijn hierbij 8 verschillende hydrologische situaties onderscheiden die ieder een verschillend grondwaterstandverloop in de tijd laten zien.

Deze berekening laat zien dat tussen jaren de concentraties in de bovenste meter van het grondwater met een factor drie kunnen verschillen.

Ten tweede is voor elke grondwaterbemonstering de gemeten grondwaterstand, het weersdistrict en de bemonsteringsdatum gebruikt om een bijbehorende zoutconcentratie op te zoeken in de simulatie-resultaten. Deze gesimuleerde zoutconcentratie is de zogenaamde 'weersinvloed'.

Tijdens de simulatie is bijgehouden van welk zomerhalfjaar het zout afkomstig is. De gesimuleerde concentratie van het zout, dat tijdens het zomerhalfjaar van een bepaald jaar is aangebracht op het bodemoppervlak en aanwezig is in de bovenste meter van het grondwater, is vermenigvuldigd met waarden van bemestingsparameters van die zomer. Vervolgens zijn de waarden voor alle zomers gesommeerd. Het resultaat van deze bewerking wordt de 'jaarinvoed' van een bemestingsparameter genoemd.

2.4 Variabelen voor verklaring van nitraat in het bovenste grondwater

Om de nitraatconcentratie op meetpuntniveau met regressie te beschrijven zijn de in Tabel 1.1 genoemde variabelen als mogelijk verklarend beschouwd.

Bij de statistische analyse is gebruik gemaakt van de nitracheckmetingen om te kunnen selecteren op meetpunten zonder veenlaagjes. De gemiddelden voor nitraat over de jaren zijn alleen berekend wanneer voor het meetpunt gegevens van alle drie de jaren aanwezig waren. In de overige gevallen is het als missende waarde beschouwd. Gemiddelden van bemestingsvariabelen over de jaren 2000 t/m 2003 zijn berekend, ook wanneer daarin missende waarden voorkwamen.

Bedrijfsmiddelen zijn berekend vanuit de data van de meetpunten zonder veenlaagjes.

2.5 Statistische analyse

Voor presentatie zijn gemiddelden berekend van nitraat en de bemestingsvariabelen per bedrijf en vervolgens zijn gemiddelden per Tmt-groep berekend.

Over het totaal aan alle meetpunten zijn rekenkundige gemiddelden voor nitraat grondwater, N_{min} , N_{kal} en N_{wz} berekend voor de drie grondsoorten en onderverdeeld naar het wel of niet voorkomen van veenlaagjes.

Een gedetailleerdere analyse is gericht op zandgrond waar ook de grondwatertrap is vastgesteld. Dit betreft akkerbouw- en vollegrondsgroentebedrijven en het kernbedrijf boomteelt. In deze analyse zijn alleen de meetpunten zonder veenlaagjes meegenomen. De nitraatconcentraties van de bovenste meter grondwater zijn gerelateerd aan een van de bemestingsvariabelen op vier aggregatieniveaus:

1. de nitraatconcentratie per meetpunt
2. de nitraatconcentratie per meetpunt gemiddeld over (meestal) drie jaar
3. de nitraatconcentratie gemiddeld per bedrijf
4. de nitraatconcentratie gemiddeld per bedrijf en gemiddeld over (meestal) drie jaar

Analyses zijn uitgevoerd volgens de methode van residual maximum likelihood (REML) met behulp van het programma Genstat -7th edition. De gebruikte modelvergelijkingen staan in Tabel 2.4. Bij analyse met bedrijfsgemiddelden is als grondwatertrap het percentage meetpunten dat in de klasse 'droog' valt aangehouden.

Tabel 2.4. *Gefitte modellen in de analyse met REML. Gt=grondwatertrap. Variabele-a: telkens één van de variabelen N_{min} , N_{kal} , N_{wz} , N_{min_vfs} , N_{kal_vfs} , N_{wz_vfs} , N_{kalA} of N_{wzA} ; Variabele-b: telkens één van de variabelen N_{minG} , N_{kalG} , N_{wzG} , N_{kalAG} , N_{wzAG} .*

Aggregatieniveau	Fixed effects	Random effects
1	Gt+variabele-a	(bedrijf*jaar)/perceel/meetpunt
2	Gt+variabele-b	bedrijf/perceel/meetpunt
3	variabele-a	-
4	variabele-b	-

Voor de meetpunten zonder veenlaagjes is het rekenkundige gemiddelde voor nitraat en bemestingsvariabelen berekend voor de drie afzonderlijke jaren. Onderzoek naar het effect van jaar is uitgevoerd door de interactie grondsoort*jaar als fixed effect op te nemen in een REML-model.

Relaties tussen bemestingsvariabelen en nitraat in het grondwater worden onderling vergeleken op basis van effect en t-waarde. De grootte van het effect van een bemestingsvariabele wordt geïndiceerd door met de regressiecoëfficiënten het verschil in nitraatconcentratie te berekenen tussen het 75%-kwantiel en het 25%-kwantiel³. De t-waarde, berekend als de helling/standaardfout, geeft de statistische betrouwbaarheid weer.

³ 25%-Kwantiel is de waarde waarbij 25% van de waarnemingen lager is, 75%-kwantiel is de waarde waarbij 25% van de waarnemingen hoger is.

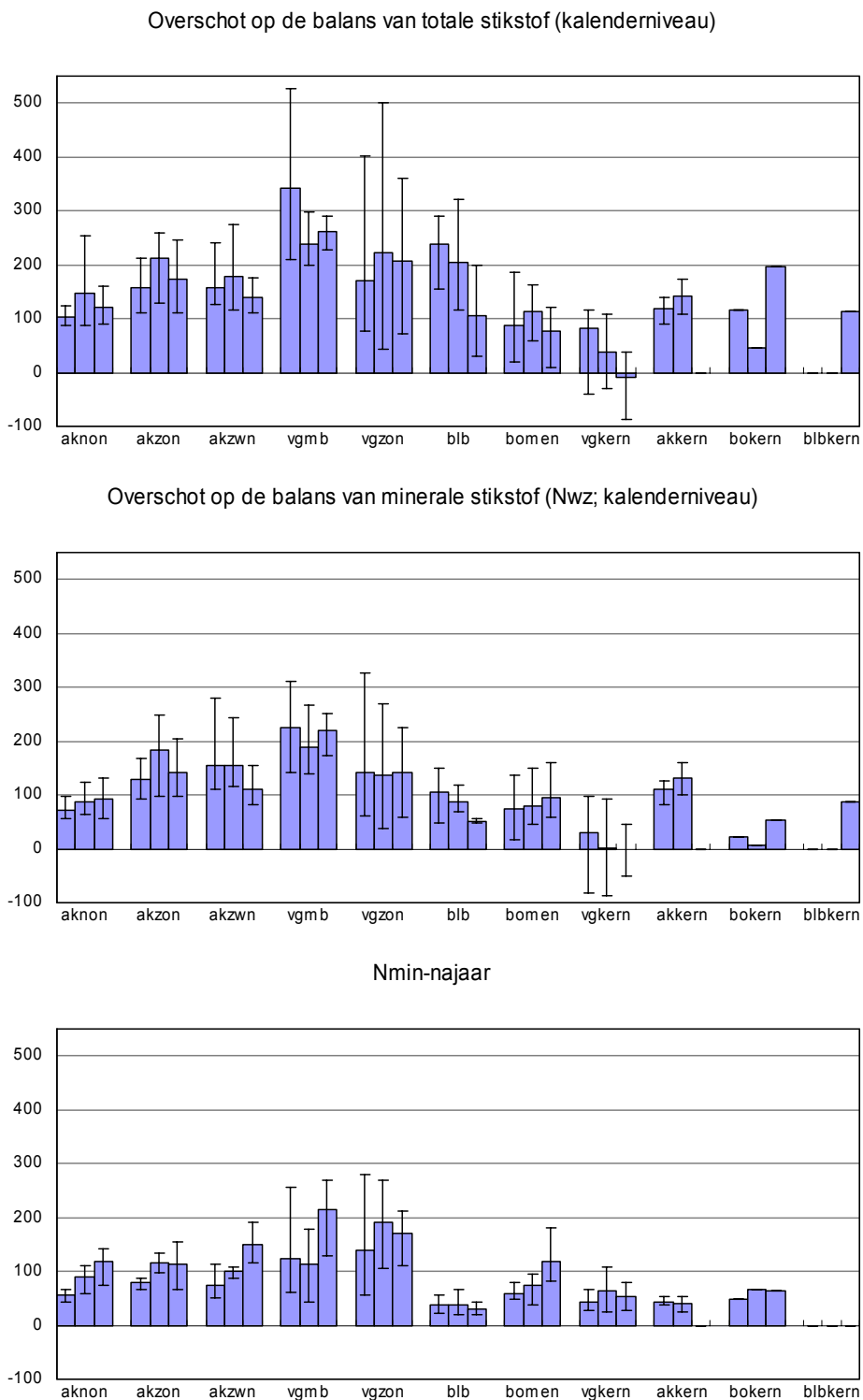
3. Resultaten

3.1 Overzicht per Tmt-groep

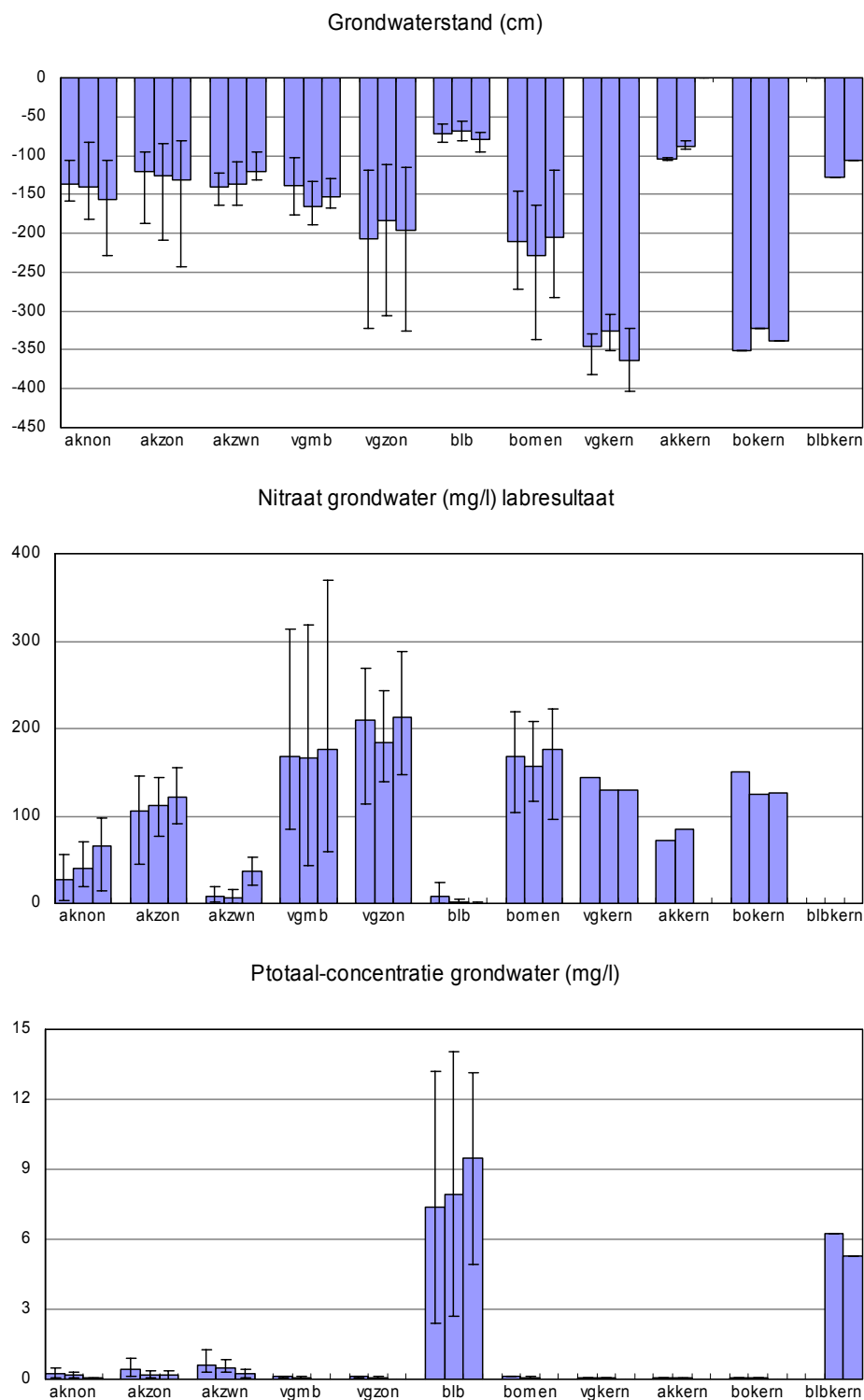
Om een beeld te krijgen van de hoogte en spreiding in de waarnemingen zijn van een aantal registraties en metingen de resultaten per Tmt-groep en kernbedrijf gegeven in Figuur 3.1 en 3.2. Per Tmt-groep of kernbedrijf staan telkens drie kolommen voor drie achtereenvolgende meetjaren. De staafjes in de figuur geven per jaar het gemiddelde aan over de bedrijven in die Tmt-groep. Met de lijnen is de laagste en hoogste bedrijfsgemiddelde waarde aangegeven voor het betreffende jaar en de betreffende Tmt-groep. De lijntjes bij de kernbedrijven geven de variatie tussen bedrijfssystemen weer.

De jaren die weergegeven zijn betreffen bij de bemestingscijfers (Figuur 3.1) de jaren 2001 t/m 2003. Bij de waterkwaliteitscijfers (Figuur 3.2) betreft dat de jaren 2002 t/m 2004. Bij de stikstofoverschotten op de totale balans (Figuur 3.1 boven) is te zien dat deze het hoogst zijn bij de vollegrondsgroenten, en dat daarbij ook grote verschillen zijn in bedrijfsgemiddelde waarden. Over de drie jaren heen lijkt er bij de akkerbouw een tendens te zijn dat de overschotten in 2002 iets hoger waren dan in beide andere jaren. Bij de bloembollen en het vollegrondsgroenten kernbedrijf lijkt er een afname van het stikstofoverschot te zijn in de loop van de tijd. Het beeld bij het overschot op de balans van minerale stikstof (Figuur 3.1 midden) verschilt wat van het beeld van het overschot op de totale balans. Er is veel variatie en geen duidelijke systematische lijn in de verschillen tussen beide overschotten te zien. Bij de Nmin-najaar (Figuur 3.1 onder) lijkt er een toename te zijn over de jaren.

Nitraatconcentraties in het grondwater (Figuur 3.2 midden) verschillen sterk tussen de verschillende Tmt-groepen, waarbij ook binnen de groepen de verschillen in bedrijfsgemiddelde waarden soms groot zijn. De Tmt-groepen Ak-zwn en Blb hebben zeer lage nitraatconcentraties, de hoogste waarden worden gevonden bij de vollegrondsgroenten en de bomen. Bij de P-concentraties in het grondwater (Figuur 3.2 onder) is het beeld anders dan bij nitraat. De concentraties zijn bij Blb ruim hoger dan bij de andere Tmt-groepen.



Figuur 3.1. Gemiddelden per Tmt-groep met de hoogste en laagste bedrijfsgemiddelde waarde voor het overschot op de kalenderbalans van totaal stikstof (boven), het overschot op de kalenderbalans voor minerale stikstof (midden) en de Nmin-najaar (onder). Alle eenheden staan in kg/ha. Lijntjes bij de kernbedrijven geven variatie tussen bedrijfssystemen weer. Per Tmt-groep of kernbedrijf staan van links naar rechts de resultaten van de jaren 2001, 2002 en 2003.



Figuur 3.2. Gemiddelden per Tmt-groep met de hoogste en laagste bedrijfs-gemiddelde waarde voor de grondwaterstand bij meten (boven), de nitraatconcentratie (midden) en de fosforconcentratie (onder). Lijntjes bij de kern-bedrijven geven variatie tussen bedrijfssystemen weer. Per Tmt-groep of kernbedrijf staan van links naar rechts de resultaten van de jaren 2002, 2003 en 2004.

3.2 Beschrijving waterkwaliteit

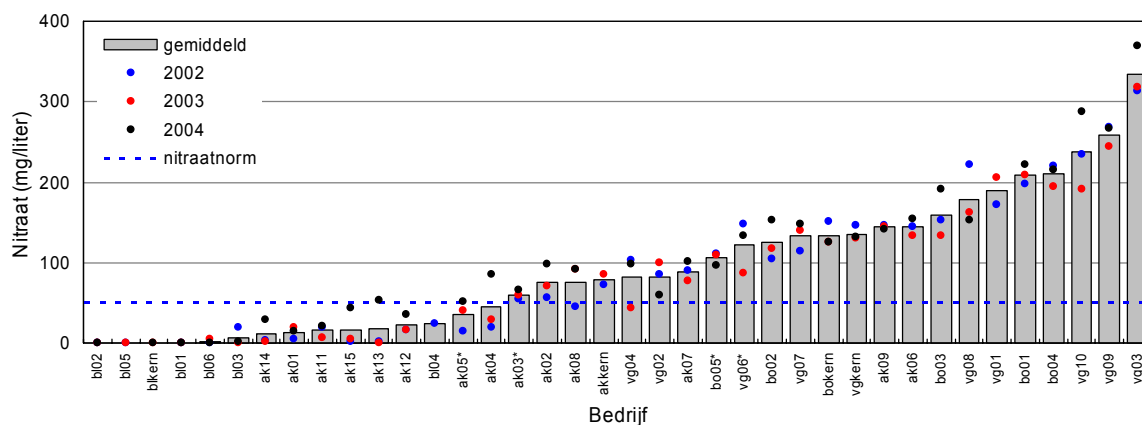
3.2.1 Grondwater

Een overzicht van de bedrijfsgemiddelde nitraatconcentraties in het grondwater in de drie meetjaren is gegeven in Figuur 3.3. Hierbij geven de staafjes de bedrijfsgemiddelde concentratie weer over de drie meetjaren, de bolletjes geven de waarden voor de afzonderlijke jaren. In dit overzicht zijn ook de resultaten weergegeven van de bedrijven waar bodemvocht is bemonsterd in plaats van grondwater. De bedrijven zijn gerangschikt naar toenemende gemiddelde nitraatconcentratie. In Figuur 3.4 is de stikstof weergegeven die in ammoniumvorm of in organische vorm aanwezig is in het grondwater. Voor vergelijking van hoeveelheden stikstof is de x-as gelijk aan die in Figuur 3.1 en is de y-as vergelijkbaar gemaakt: 400 kg nitraat (NO_3) komt overeen met 90 kg stikstof ($\text{NO}_3\text{-N}$).

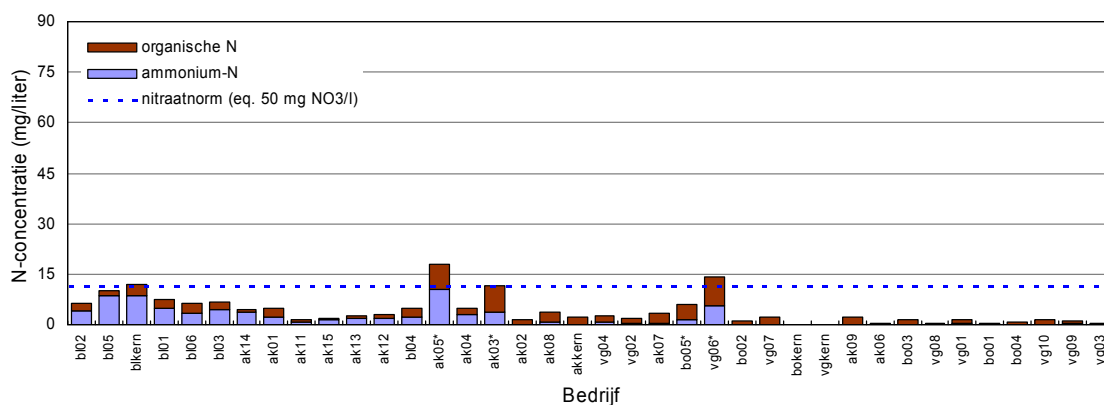
Te zien is dat op de bedrijven die lage concentraties nitraat in het grondwater hebben, er meer stikstof in organische of ammoniumvorm aanwezig is. Dit speelt vooral op de bollenbedrijven, en in iets mindere mate bij de akkerbouwbedrijven op klei. In totaal zijn de totale stikstofconcentraties in het grondwater op deze bedrijven laag in vergelijking met de andere sectoren. De hoogste nitraatconcentraties worden gevonden bij bedrijven met vollegrondsgroenten of boomteelt.

Fosforconcentraties in het grondwater op de verschillende bedrijven in de drie meetjaren worden gegeven in Figuur 3.5. Hierbij springen de bollentelers eruit met ruim hogere waarden dan op de andere bedrijven.

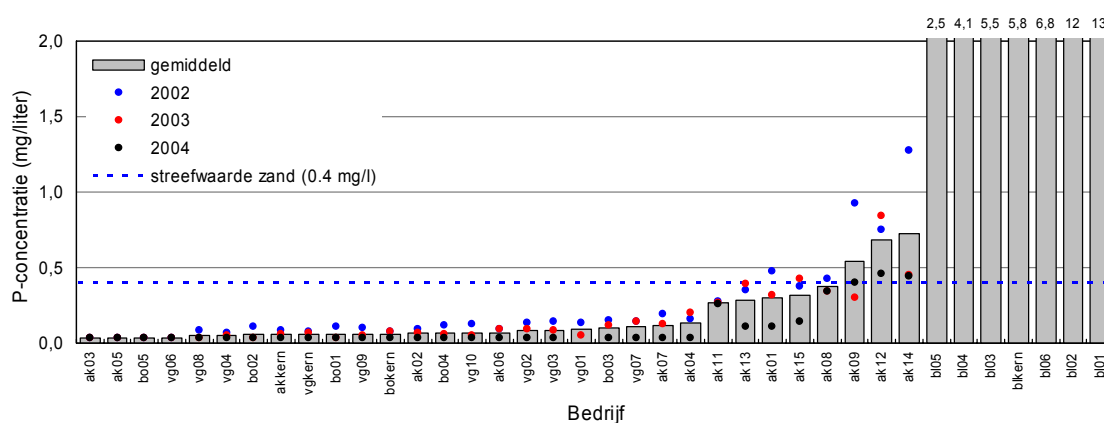
Naast stikstof en fosfor zijn ook concentraties aan andere elementen gemeten. Een overzicht van alle bedrijfsgemiddelde waarden wordt gegeven in Bijlage I.



Figuur 3.3. Nitraatconcentraties in het grondwater van de Tmt-bedrijven gemeten in de jaren 2002 t/m 2004. De staafjes geven de gemiddelde concentraties per bedrijf weer, de bolletjes de waarden voor de afzonderlijke jaren. De bedrijven zijn gerangschikt naar toenemende gemiddelde concentratie. Op de met een '' gemarkeerde bedrijven is het bodemvocht in plaats van het grondwater geanalyseerd.*



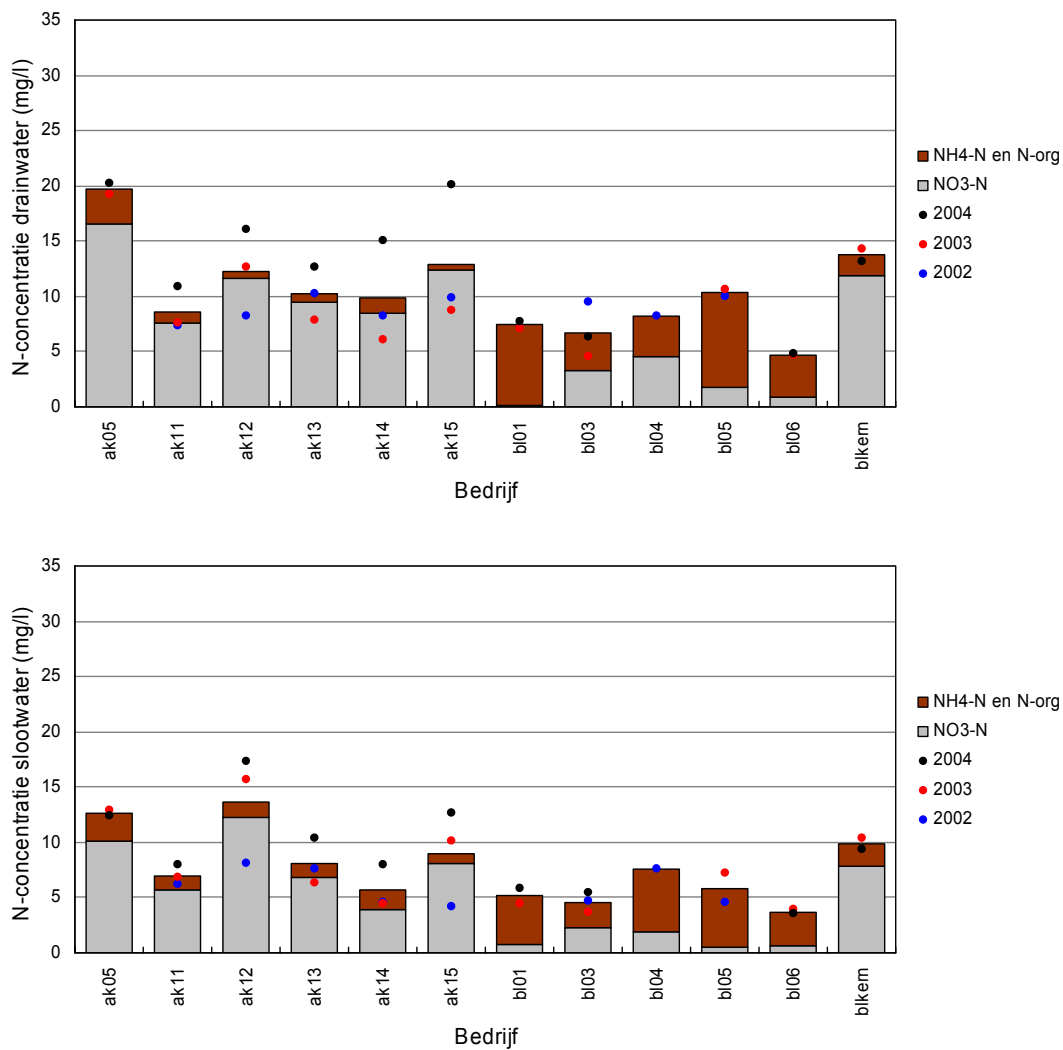
Figuur 3.4. Concentraties van stikstof in ammoniumvorm en organische vorm in het grondwater van de Tmt-bedrijven gemiddeld over de jaren 2002 t/m 2004. De bedrijven zijn gerangschikt naar toenemende gemiddelde nitraatconcentratie (zie Figuur 3.1). Organisch-N is hier berekend als Kjeldahl-N minus NH₄-N.



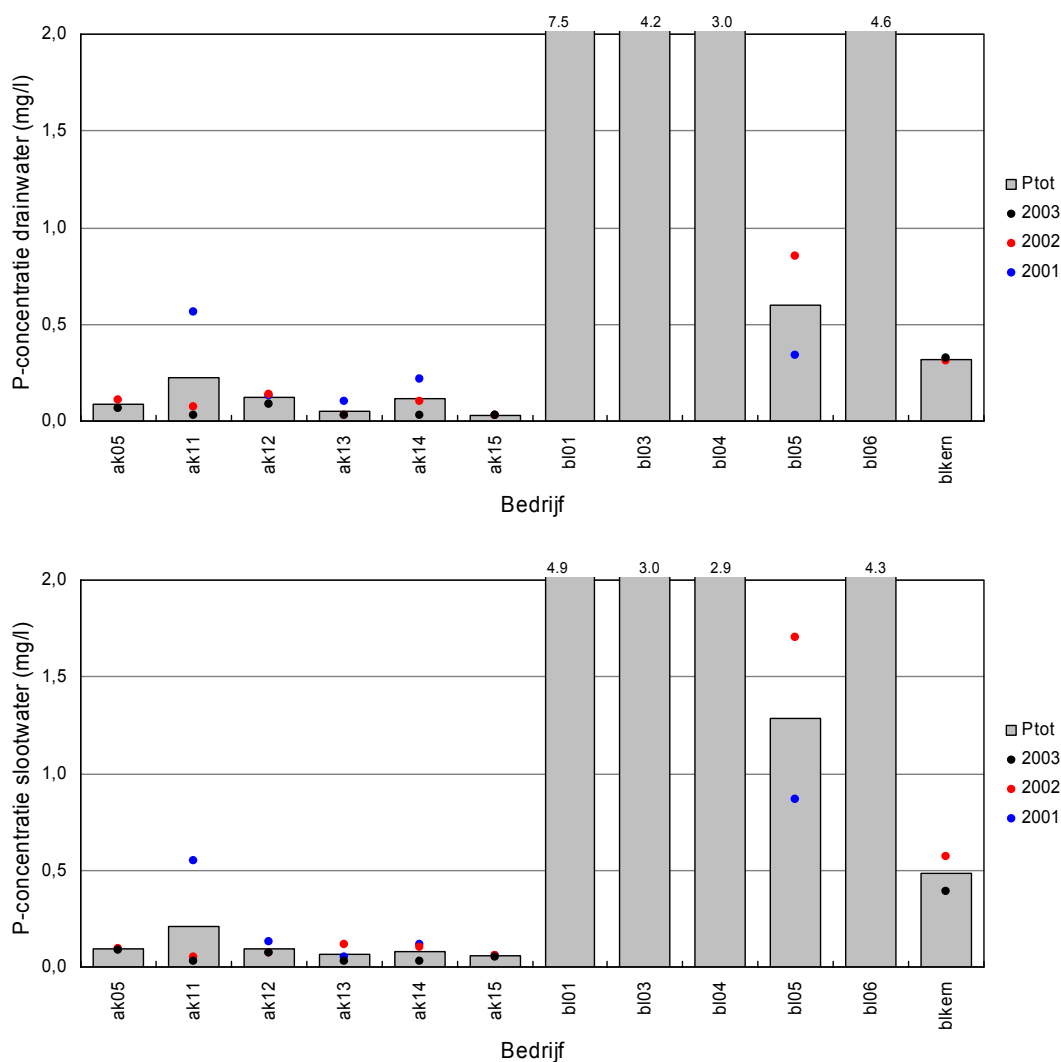
Figuur 3.5. Bedrijfsmiddelde P-concentraties in het grondwater van de Tmt-deelnemers. De bedrijven zijn gerangschikt naar toenemende concentraties totaal-P. Voor de bollenbedrijven zijn de gemiddelden boven de figuur weergegeven.

3.2.2 Drain- en slootwater

Op een aantal bedrijven met drains zijn in het uitspoelingseizoen metingen verricht aan drain- en slootwater. Het betreft de akkerbouwbedrijven op klei, de bloembolbedrijven en één akkerbouwbedrijf op zand. Afhankelijk van het neerslagoverschot zijn er één of meer metingen per jaar verricht. De metingen in de sloten betreft zowel sloten met bedrijfseigen water, als langslopende sloten. Figuur 3.6 geeft bedrijfsmiddelde stikstofconcentraties in drain- en slootwater, waarbij het slootwater een gemiddelde is van alle uitgevoerde metingen. De stikstofconcentraties in het slootwater zijn in het algemeen iets lager dan in het drainwater. Verschillen tussen bedrijven zijn vergelijkbaar wanneer naar drainwater of naar slootwater wordt gekeken. Hetzelfde kan gezegd worden van de fosforconcentraties (Figuur 3.7), maar hierbij zijn de verschillen in concentraties tussen drainwater en slootwater kleiner dan bij stikstof. Een overzicht van de bedrijfsmiddelde waarden voor de verschillende metingen in drain- en slootwater wordt gegeven in Bijlage II en Bijlage III.



Figuur 3.6. Bedrijfsgemiddelde N-concentraties (mg/l) in drainwater (boven) en slootwater (onder), gemeten in de winterseizoenen van 2001/02 t/m 2003/04. De staafjes geven de gemiddelde concentraties per bedrijf weer, de bolletjes de waarden voor de afzonderlijke jaren.



Figuur 3.7. Bedrijfsmiddelde P-concentraties (mg/l) in drainwater (boven) en slootwater (onder), gemeten in de winterseizoenen van 2001/02 t/m 2003/04. De staafjes geven de gemiddelde concentraties per bedrijf weer, de bolletjes de waarden voor de afzonderlijke jaren.

3.3 Resultaten statistische analyse

3.3.1 Gemiddelde waarden van bemestingsvariabelen en de nitraatconcentratie

De nitraatconcentratie in het bovenste grondwater is bij zandgrond hoger dan bij duinzand of klei (Tabel 3.1). Dit geldt vooral als er geen veenlaagjes aanwezig zijn, zoals bij het merendeel van de waarnemingen het geval is.

Tussen de drie meetjaren verschillen de nitraatconcentraties weinig (Tabel 3.2). Wanneer de effecten van jaar getoetst worden, blijkt er voor alle variabelen een significante interactie te zijn tussen grondsoort en jaar. Zo daalt bijvoorbeeld stikstofaanvoer en -overschot bij bloembollen harder dan bij de andere grondsoorten. Bij kleigrond heeft, in tegenstelling tot de andere gronden, het middelste jaar een duidelijk hogere aanvoer en overschot.

De trend over de drie jaren verschilt per grondsoort en per variabele (Tabel 3.2). Afname van de totale stikstofaanvoer en het stikstofoverschot is vooral te zien op duinzand, in beperkte mate op zandgrond, en op kleigrond vertoont de totale stikstofaanvoer een piek in het middelste jaar. De Nmin-najaar op duinzand is vrij constant over de jaren. Bij beide andere grondsoorten neemt de Nmin-najaar toe in de

loop van de jaren, dit in tegenstelling tot het verloop bij de totale stikstofaanvoer. De nitraatconcentratie in het grondwater is bij duinzand en zand gelijk gebleven, bij klei varieert het.

Wanneer bij zand in meer detail gekeken wordt naar verschillen bij verschillende grondwatertrappen dan is te zien dat bij de klasse ‘droog’ de hoogste nitraatconcentraties gevonden worden, en bij de klasse ‘nat’ de laagste (Tabel 3.3). Veenlaagjes hebben een sterk reducerend effect op de nitraatconcentratie.

3.3.2 Effect van Gt en bemestingsvariabelen op nitraatconcentratie bij zandgrond

Het verband tussen nitraatconcentratie en verschillende bemestingsvariabelen is bekeken bij zandgrond zonder veenlaagjes. Alleen bij Nmin_vfs werden verschillen gevonden tussen de grondwatertrappen in het verband met nitraatconcentratie. Bij de overige bemestingsvariabelen verschilden de verbanden met nitraatconcentratie niet tussen de grondwatertrappen zodat er telkens één helling is bepaald (Tabel 3.4A t/m 3.4D).

Bij de analyse op het niveau van de losse meetpunten (Tabel 3.4A), wordt er een helling gevonden voor Nmin van 0.13, dat wil zeggen een nitraattoename van 13 mg/l per 100 kg/ha Nmin. De hellingen voor de overschotten op de balansen van totaal stikstof of minerale stikstof zijn lager dan die voor Nmin. Omdat de waarden van de verschillende bemestingsvariabelen van verschillende grootteorde zijn, zijn de hellingen niet zomaar onderling vergelijkbaar en dient naar het effect gekeken te worden. De effecten van Nmin en Nwz komen overeen, het effect van Nkal is nihil. Indien rekening wordt gehouden met weers- en jaarinvoeden (*_vfs), dan zijn de effecten groter en ook de t-waarden zijn hoger. Het effect van Nmin_vfs is groter dan van beide andere variabelen met jaarinvoer. De aanvoer van meststoffen uitgedrukt als totale stikstof (NkalA) of beschikbaarheid van minerale stikstof uit meststoffen (NwzA) heeft weinig verband met nitraat. Er zijn duidelijke niveauverschillen tussen de verschillende Gt-classes, waarbij vooral de klasse ‘nat’ een lagere nitraatconcentratie heeft dan de andere classes.

Middeling van de waarnemingen over de meetjaren en vervolgens regressie geeft slechts kleine verschillen in effecten ten opzichte van de losse meetjaren en geen verbetering in de verbanden tussen bemestingsvariabelen en nitraat (Tabel 3.4B).

Middeling van de data tot bedrijfsniveau verlaagt sterk het aantal waarnemingen maar geeft een groter effect te zien bij alle bemestingsvariabelen (Tabel 3.4C). Wanneer verder gemiddeld wordt door ook over de meetjaren te middelen worden de hellingen en effecten nog groter (Tabel 3.4D). Bij losse meetjaren heeft Nmin het grootste effect.

Rekening houden met weers- en jaarinvoeden (_vfs) levert op bedrijfsniveau niet zoveel meer op. Bij deze bemestingsvariabelen nam de t-waarde ook niet verder toe bij middeling. Aanvoer heeft een kleiner effect dan overschot of Nmin. Wanneer op bedrijfsniveau is gemiddeld over de meetjaren zijn er geen verschillen in effect tussen Nmin, Nkal of Nwz. Bij de jaarinvoer is het effect van Nkal iets hoger dan van Nmin of Nwz.

Figuur 3.8 laat het verband zien tussen nitraatconcentraties in het grondwater en stikstofoverschot of Nmin-najaar na middeling tot bedrijfsniveau en over de drie meetjaren. Het aandeel meetpunten met Gt-droog verschilt per bedrijf, en voor de figuur is alleen onderscheid gemaakt tussen meer of minder dan 75% droog. Er zijn twee bedrijven die een hoge Nmin-najaar en hoge nitraatconcentraties hebben. Deze zijn echter niet alleen verantwoordelijk voor de gevonden verbanden: ook wanneer deze bedrijven buiten de analyse gelaten worden blijft er een duidelijk effect van Nmin-najaar op de nitraatconcentratie (data niet getoond).

Tabel 3.1. Rekenkundige gemiddelden (mean) en het aantal waarnemingen (n) voor nitraat in het bovenste grondwater en drie bemestingsvariabelen, onderverdeeld naar grondsoort en het voorkomen van veenlaagjes.

	Duinzand						Klei						Zand					
	-veen		+veen		n	mean	-veen		+veen		n	mean	-veen		+veen		n	mean
	n	mean	n	mean			n	mean	n	mean			n	mean	n	mean		
Nitraat grondwater (mg/l)	607	4	30	4	191	4	191	19	15	79	15	2878	140	242	33			
Stikstofoverschot kalenderbalans (kg/ha) Nkal	406	208	13	243	188	188	151	77	161	2631	163	238	176					
Overschot minerale stikstof (kg/ha) Nwz	406	96	13	81	188	188	136	77	140	2631	122	238	116					
Nmin-najaar (0-90 cm, kg/ha) ^a	346	39 ^a	7	25 ^a	182	182	112	77	96	2601	108	225	97					

^a Bij duinzand de laag 0-60 cm.

Tabel 3.2. Rekenkundig gemiddelde voor nitraat in het bovenste grondwater en vijf bemestingsvariabelen, onderverdeeld naar grondsoort en meetjaar. Gemiddelden over de meetpunten zonder veenlaagjes. De jaartallen geven het jaar van meting van nitraat weer. Gemiddelden van bemestingsvariabelen bestaan het voorgaande jaar.

	Duinzand				Klei				Zand			
	2002	2003	2004	2004	2002	2003	2004	2004	2002	2003	2004	2004
Nitraat grondwater (mg/l)	4	3	5	5	18	9	29	29	139	140	140	142
Stikstofoverschot kalenderbalans (kg/ha)	258	192	126	126	142	183	134	134	170	171	171	150
Overschot mineraalstikstof (kg/ha)	119	87	61	61	142	157	103	103	121	126	126	120
Aanvoer totaal-N via meststoffen (kg/ha)	274	210	147	147	230	266	231	231	206	200	200	175
Beschikbare minerale N uit meststoffen (kg/ha)	185	154	113	113	284	264	231	231	172	171	171	147
N _{min} -najaar (0-90 cm) ^a	40	40	33	33	94	97	162	162	86	107	107	132

^a Bij duinzand de laag 0-60 cm.

Tabel 3.3. Rekenkundige gemiddelden (mean) en het aantal waarnemingen (n) voor nitraat in het bovenste grondwater en drie bemestingsvariabelen op zandgrond, onderverdeeld naar grondwatertrap en het voorkomen van veenlaagjes.

	Droog		GtVI		GtIV		Nat	
	n	mean	n	mean	n	mean	n	mean
<i>Geen veenlaagjes</i>								
Nitraat grondwater (mg/l)	1201	158	568	124	120	117	256	77
Stikstofoverschot kalenderbalans (kg/ha)	1120	176	496	209	110	209	213	159
Overschot minerale stikstof (kg/ha)	1120	116	496	172	110	163	213	139
Nmin-najaar (0-90 cm, kg/ha)	1098	105	498	135	100	111	214	124
<i>Met veenlaagjes</i>								
Nitraat grondwater (mg/l)	30	73	72	38	57	14	33	30
Stikstofoverschot kalenderbalans (kg/ha)	30	239	72	205	54	108	32	157
Overschot minerale stikstof (kg/ha)	30	167	72	131	54	82	32	93
Nmin-najaar (0-90 cm, kg/ha)	30	89	66	80	54	103	30	95

Tabel 3.4. Verband tussen nitraat en verschillende bemestingsvariabelen bij zandgrond zonder veenlaagjes. Tussen haakjes de standaardfout. Het effect is berekend vanuit de regressiecoëfficiënten en is het verschil in nitraatconcentratie zoals berekend met het 25%-kwantiel en het 75%-kwantiel van een bemestingsvariabele. De t-waarde is berekend uit helling/standaardfout. n is het aantal waarnemingen.

A: Analyse vanuit individuele meetpunten.

Model: $\text{NO}_3 = Gt + \text{helling} * \text{bemestingsvariabele}$; random=(bedrijf*jaar)/perceel/meetpunt.

Variabele	n	helling	grondwatertrap				effect	t-waarde
			droog	GtVI	GtIV	nat		
Nmin	1910	0.13 (0.04)	126 (11)	101 (12)	108 (14)	47 (13)	13	3.2
Nkal	1939	0.03 (0.02)	132 (12)	110 (12)	118 (14)	58 (14)	3	1.8
Nwz	1939	0.08 (0.02)	129 (11)	107 (12)	115 (14)	55 (13)	14	3.2
Nmin_vfs	1136	0.64 (0.13)	108 (16)	90 (16)	110 (19)	49 (18)	27	4.9
Nkal_vfs	1418	0.25 (0.06)	118 (14)	101 (14)	120 (17)	62 (16)	18	4.4
Nwz_vfs	1418	0.26 (0.07)	122 (14)	105 (15)	124 (17)	66 (16)	17	3.8
NkalA	1939	0.01 (0.02)	135 (12)	113 (13)	121 (15)	60 (14)	2	0.5
NwzA	1939	0.06 (0.03)	127 (12)	105 (13)	113 (15)	53 (14)	7	2.0

B: Analyse na middeling per meetpunt over de drie meetjaren.

Model: $\text{NO}_3 = Gt + \text{helling} * \text{bemestingsvariabele}$; random=bedrijf/perceel/meetpunt.

Variabele	n	helling	droog	GtVI	GtIV	nat	effect	t-waarde
NminG	654	0.10 (0.06)	128 (12)	97 (13)	94 (16)	46 (15)	9	3.7
NkalG	654	0.05 (0.04)	130 (13)	100 (14)	97 (16)	49 (15)	7	1.9
NwzG	654	0.10 (0.05)	127 (12)	98 (13)	95 (16)	47 (14)	13	3.1
Nmin_vfsG	417	0.84 (0.21)	105 (16)	81 (18)	94 (21)	34 (19)	25	6.2
Nkal_vfsG	477	0.33 (0.11)	113 (15)	89 (16)	103 (19)	47 (17)	18	4.3
Nwz_vfsG	477	0.25 (0.12)	123 (15)	99 (16)	114 (19)	57 (18)	11	3.8
NkalAG	649	0.00 (0.04)	137 (14)	108 (14)	105 (17)	56 (16)	0	0.8
NwzAG	649	0.04 (0.05)	131 (14)	102 (15)	99 (17)	50 (16)	4	1.9

C: *Analyse na middeling per jaar tot bedrijfsniveau.*

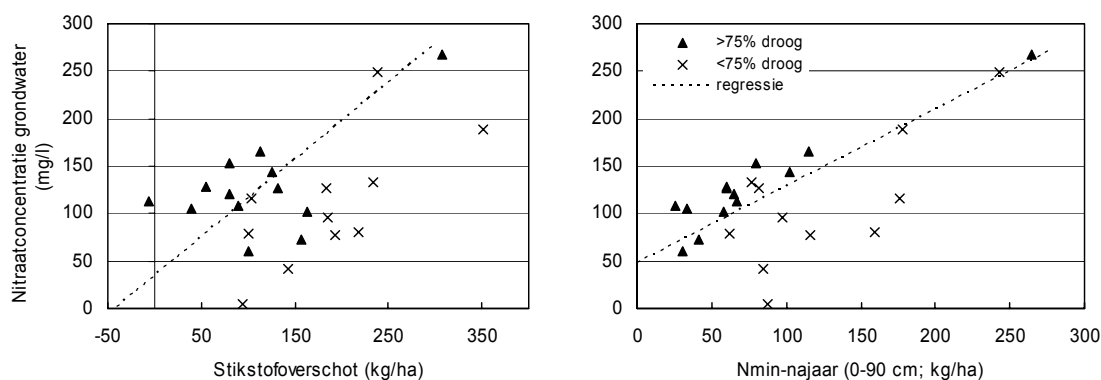
Model: $NO_3 = \text{constante} + \text{helling} * \text{bemestingsvariabele} + \text{helling_Gt} * \% \text{droog}$; random=jaar.

Variabele	n	helling	constante	helling_Gt	effect	t-waarde
Nmin	70	0.69 (0.08)	7 (16)	0.75 (0.13)	43	8.7
Nkal	71	0.27 (0.05)	43 (16)	0.62 (0.16)	33	5.1
Nwz	71	0.37 (0.07)	37 (17)	0.72 (0.16)	41	5.2
Nmin_vfs	47	1.25 (0.24)	18 (19)	0.95 (0.19)	42	5.2
Nkal_vfs	65	0.68 (0.16)	36 (19)	0.60 (0.17)	38	4.4
Nwz_vfs	65	0.78 (0.20)	43 (19)	0.62 (0.18)	37	4.0
NkalA	71	0.27 (0.07)	32 (21)	0.58 (0.17)	22	3.8
NwzA	71	0.41 (0.09)	13 (23)	0.64 (0.17)	29	4.3

D: *Analyse na middeling tot bedrijfsniveau en over de drie meetjaren.*

Model: $NO_3 = \text{constante} + \text{helling} * \text{bemestingsvariabele} + \text{helling_Gt} * \% \text{droog}$; geen random effecten.

Variabele	n	helling	constante	helling_Gt	effect	t-waarde
NminG	23	0.81 (0.09)	-15 (17)	0.84 (0.15)	48	8.5
NkalG	23	0.44 (0.12)	14 (29)	0.67 (0.24)	46	3.8
NwzG	23	0.49 (0.15)	20 (30)	0.73 (0.26)	47	3.3
Nmin_vfsG	19	1.76 (0.33)	-11 (25)	0.92 (0.23)	45	5.4
Nkal_vfsG	21	0.98 (0.27)	7 (31)	0.69 (0.26)	54	3.6
Nwz_vfsG	21	1.05 (0.34)	20 (32)	0.71 (0.28)	46	3.1
NkalAG	23	0.44 (0.14)	-8 (38)	0.72 (0.27)	40	3.2
NwzAG	23	0.54 (0.18)	-15 (42)	0.75 (0.28)	33	3.0



Figuur 3.8. Het verband tussen nitraatconcentratie in het grondwater en het stikstofoverschot (links) of de Nmin-najaar (rechts) na middeling tot bedrijfsniveau en over de drie meetjaren. Bedrijven verschillen in % Gt-droog tussen de 0 en 100%; in de figuur is onderscheid gemaakt naar meer of minder dan 75% van de meetpunten in Gt-groep 'droog'. De lijn geeft de regressieresultaten weer uit Tabel 3.4D bij 75% Gt-droog.

4. Discussie

Het doel van Telen met toekomst was ondermeer om te voldoen aan de meest stringente normen van Minas. De meeste bedrijven waren in staat om min of meer te voldoen aan de normen van Minas-2003 voor N en P, met uitzondering van bedrijven met bladgewassen in Midden Brabant (Anoniem, 2003). De stikstofaanvoer via mest en het stikstofoverschot zijn daarbij op duinzand gemiddeld gedaald (Tabel 3.2). Op kleigrond is het verloop minder eenduidig. Op zandgrond is er in het laatste jaar sprake van een verlaging van aanvoer via meststoffen en van het stikstofoverschot. Er is daarbij veel variatie tussen regio's en bedrijven (Figuur 3.3). De N_{min}-najaar neemt toe over de jaren. Dit ondanks de verlaagde stikstofaanvoer via meststoffen en een verlaagd stikstofoverschot. Het weer lijkt hier vooral een rol in te spelen. Najaar 2001 kende een zeer natte septembermaand waarin een deel van de stikstof al voor bemonstering uitgespoeld zal zijn. De nazomer van 2003 was juist zeer droog waardoor alle stikstof nog in het profiel aanwezig geweest zal zijn. Het verloop van de N_{min} is dus niet alleen van bemesting afhankelijk.

4.1 Grondwater - nitraat

Nitratconcentraties in het bovenste grondwater hangen sterk af van lokale omstandigheden: grondsoort, het voorkomen van veenlaagjes en de grondwatertrap. De nitraatconcentratie van 50 mg/liter wordt gemiddeld genomen gehaald op duinzand en kleigrond. Op zandgrond wordt deze norm alleen gehaald bij aanwezigheid van veenlaagjes, behalve bij de grondwatertrap 'droog'. Zonder veenlaagjes wordt de norm overschreden, waarbij er nog wel een sterk effect van grondwatertrap te zien is. Bij de grondwatertrap 'droog' werd een nitraatconcentratie gemeten die ongeveer tweemaal zo hoog was als bij grondwatertrap 'nat'.

Doordat de lokale omstandigheden zoveel invloed hebben op de nitraatconcentratie in het grondwater zijn de relaties met bemestingsvariabelen niet altijd duidelijk. Bij gronden met hoge grondwaterstanden en met veenlaagjes wordt een deel van het stikstofoverschot gedenitrificeerd en verdwijnt er stikstof naar de atmosfeer (Velthof, 2003). Bij aanwezigheid van drainage wordt er ook stikstof naar het oppervlaktewater afgevoerd. Wanneer deze posten groot zijn, wordt er weinig nitraat in het grondwater gemeten en ook geen verband tussen nitraatconcentratie en bemestingsvariabelen gevonden. Voor het bestuderen van de relaties tussen bemestingsvariabelen en nitraat in het grondwater is daarom ingezoomd op zandgrond zonder veenlaagjes.

Het niveau van aggregatie waarop gekeken wordt heeft veel invloed op het verband dat wordt gevonden tussen nitraat in het bovenste grondwater en bemestingsvariabelen. In het project 'Sturen op nitraat' is gevonden dat middeling over meerdere meetseizoenen een nauwkeuriger model oplevert dan bij gebruik van losse meetjaren (Hack-Ten Broeke *et al.*, 2004). Door te middelen over meerdere jaren zal een hoog effect op nitraat in het ene jaar worden gecompenseerd door een laag effect in het volgende jaar en andersom (Van Beek *et al.*, 2003). Dit betekent ook dat fouten in de koppeling van een bemestingsjaar aan de meting van de nitraatconcentratie in het bovenste grondwater zullen uitdempen als er over meerdere jaren wordt gekeken. De modelberekeningen van de jaarinvloed (*_vfs) lieten op puntniveau al zien dat het verband tussen bemestingsvariabelen en nitraat in het grondwater is te verbeteren als er rekening wordt gehouden met de tijdsduur van neerwaarts transport. Nitraat in het grondwater bij de diepere grondwaterstanden is voor een belangrijk deel afkomstig van uitspoeling van twee jaren voor de meting. Om op puntniveau een verband tussen de hoogte van bemestingsvariabelen en nitraatconcentratie aan te kunnen tonen moet met deze vertraging rekening gehouden worden. Over- en onderschattingen van het effect van bemestingsvariabelen op nitraat in het grondwater zullen ook bij middeling tot bedrijfsniveau deels tegen elkaar weggemiddeld worden. Er zijn grote verschillen tussen gewassen in stikstofoverschot of N_{min}-najaar (De Ruijter & Groenwold, 2004) die leiden tot

jaarlijkse variatie in bemestingsvariabelen bij een meetpunt. Wanneer het effect van de bemesting in het ene jaar niet volledig in de nitraatconcentratie in het daaropvolgende jaar is terug te vinden maar doorwerkt over meerdere jaren, bijvoorbeeld via mineralisatie, dan vertroebelt dit de relatie tussen nitraat en bemestingsvariabelen van het voorgaande jaar.

De middeling van Nmin, Nkal en Nwz over jaren op puntniveau was in de voorliggende studie mogelijk nog te grof om een verbetering van de relaties tussen nitraat en bemestingsvariabelen te krijgen. Deze variabelen zijn gemiddeld over vier bemestingsjaren, wat bij koppeling aan een gemiddelde van drie jaren nitraatmetingen nieuwe onnauwkeurigheden kan introduceren. Er werd echter wel een verbetering verwacht bij de gemiddelden van de jaarinvloeden (Nmin_vfs, Nkal_vfs en Nwz_vfs) die bijpassend bij de nitraatmeting zijn berekend. Waarom dit niet gevonden wordt is onduidelijk. Op bedrijfsniveau zijn de relaties tussen nitraat en bemestingsvariabelen veel duidelijker, en geeft middeling over jaren grotere effecten van de bemestingsvariabelen. Het lijkt er daarmee op dat er sprake is van veel over- en onderschattingen van effecten van bemestingsvariabelen op de nitraatconcentratie, en dat er daarom zowel over de rotatie heen als over jaren gemiddeld moet worden om verbanden tussen bemestingsvariabelen en nitraatconcentraties in het grondwater aan te kunnen tonen.

In deze studie is geprobeerd om de over- en onderschattingen van effecten van bemestingsvariabelen te beperken door berekening van een stikstofoverschot op basis van stikstof in minerale vorm (Nwz). Deze berekening was niet volledig omdat mineralisatie vanuit bodemorganische stof niet is meegeenomen. Mogelijk dat dit er de oorzaak van is dat deze berekening weinig verbetering gaf. Nmin is de bemestingsvariabele die procesmatig het dichtst bij de nitraatconcentratie staat doordat het een daadwerkelijke meting is van stikstof die uit kan spoelen. In de voorliggende studie had Nmin veelal het grootste effect, of had het model met Nmin het grootste percentage verklaarde variantie. Dit sluit aan bij resultaten van Sturen op nitraat waar op basis van drie meetseizoenen het nitraatdeel van Nmin-najaar als beste voorspeller van de nitraatconcentratie in het grondwater gevonden werd (Hack-Ten Broeke *et al.*, 2004).

Het verband tussen bemesting en nitraat in de dataset van het voorliggende rapport kan nog op vele verschillende manieren verder bekeken worden. Het is echter de vraag of dat meer informatie oplevert. Theoretisch kan gesteld worden dat stikstof die het systeem in gaat er uiteindelijk ook weer uit zal moeten komen. Dit geldt voor de lange termijn. Op kortere termijn speelt de stikstofpool in bodemorganische stof een belangrijke rol, omdat mineralisatie extra stikstofuitspoeling kan geven, of opbouw van die pool juist minder uitspoeling geeft. Dit proces speelt waarschijnlijk ook in de huidige meetreeks. In de loop van de jaren is op duinzand en zand het verschil tussen Nkal en Nwz kleiner geworden, wat erop wijst dat er minder stikstof in stabiele organische vorm is toegediend. Mineralisatie uit bodemorganische stof zal hierdoor dalen. Het effect hiervan op de nitraatconcentratie valt echter buiten de huidige meetreeks. Extra mineralisatie vanuit bodemorganische stof kan ook een rol gespeeld hebben bij de verhoogde Nmin-najaar in het laatste meetjaar en het beperkte effect dat de dalende bemesting heeft op de nitraatconcentratie. Deze processen pleiten er sterk voor dat metingen over een lange reeks van jaren worden uitgevoerd. Effecten van verschillen in bemesting kunnen dan binnen bedrijven bekeken worden, zonder verstoring door verschillen in grondsoort, grondwatertrap, veenlaagjes en andere factoren.

4.2 Grondwater - P

Van de P-concentraties in het grondwater zijn alleen de resultaten van de metingen gerapporteerd. Een analyse van variatie in P-concentratie gekoppeld aan bemesting is bij P weinig zinvol omdat de processen veel langzamer verlopen dan bij nitraat. Door de buffering in de bodem zijn alleen over lange termijn verbanden te verwachten.

De P-concentraties in het grondwater waren het hoogst op de duinzandgronden bij de bloembollenteelt. Hier waren de nitraatconcentraties juist het laagst. Hoge P-concentraties in onder andere het westen van Nederland worden door Boers *et al.* (1997) voor een deel aan fosfaatrijke kwel toegeschreven. Anderzijds zal uitspoeling van P vanuit de bouwvoor ook een rol spelen. Duinzand heeft een

lage bufferende werking en ook adsorptiemaxima zijn laag (Ehlert & Koopmans, 2002; Ehlert *et al.*, 2004). In combinatie met de hoge grondwaterstanden en de soms grote ploegdiepte komt P hierdoor sneller in het grondwater terecht dan bij de andere grondsoorten het geval is. Door de aanwezigheid van organisch materiaal in het grondwater wordt daarentegen nitraat snel afgebroken.

4.3 Drain- en slootwater

In drain- en slootwater waren de concentraties totaal stikstof op de kleibedrijven iets hoger dan op de bollenbedrijven op duinzand (Tabel 4.2). De P-concentraties waren op de bollenbedrijven echter vele malen hoger dan op de kleibedrijven. Vergelijking van de N- en P-concentraties met de normen voor oppervlaktewater van respectievelijk 2.2 mg/l en 0.15 mg/l (De Buck *et al.*, 2000) laat zien dat alleen de P-concentraties op kleigrond hierbinnen vallen.

Uitspoeling van N en P naar het slootwater loopt via bemestingsoverschot - bovenste grondwater - drainwater - slootwater. Er is een redelijk verband tussen de concentraties in het drainwater en die in het grondwater (Tabel 4.3). Bij het slootwater zijn er meer factoren die een invloed kunnen hebben op de concentratie dan bij grond- of drainwater het geval is. Te zien is dat de correlatiecoëfficiënt van het verband tussen slootwater en grondwater altijd lager is dan die tussen drainwater en grondwater.

Tabel 4.2. *Overzicht van totaal-N en totaal-P concentraties (mg/l) per grondsoort (gemiddeld over de bedrijven en jaren) voor grondwater, drainwater en slootwater.*

Grondsoort	Grondwater	Drainwater	Slootwater
<i>Totaal-N (mg/l)</i>			
Duinzand	9.0	8.4	5.9
Klei	6.5	10.8	8.7
<i>Totaal-P (mg/l)</i>			
Duinzand	6.5	3.5	2.8
Klei ¹	0.47	0.08	0.07

¹ *Exclusief de uitbijter bij ak11 in 2002 (zie ook Figuur 3.7).*

Tabel 4.3. *Overzicht van de correlatiecoëfficiënt (r) voor het verband tussen de bedrijfsgemiddelde concentraties in grondwater, drainwater en slootwater voor totaal-N en totaal-P.*

Grondsoort	Grondwater-drainwater	Grondwater-slootwater	Drainwater-slootwater
<i>Totaal-N</i>			
Duinzand	0.91	0.83	0.86
Klei	0.71	0.53	0.70
<i>Totaal-P</i>			
Duinzand	0.81	0.67	0.92
Klei ¹	0.88	0.67	0.64

¹ *Exclusief de uitbijter bij ak11 in 2002 (zie ook Figuur 3.7).*

Gemiddeld genomen zijn de concentraties hoger in grondwater dan in drainwater, en in drainwater hoger dan in slootwater (Tabel 4.2). Uitzondering hierop is de concentratie N-totaal in grondwater op kleigrond, dat lager is dan dat in drain- en slootwater. Het is niet bekend waardoor dit komt. Het tijdstip van bemonstering kan hierbij een rol spelen, aangezien er aan het begin van het uitspoelingseizoen hogere N-concentraties uitspoelen dan later in het seizoen. Daarnaast is bij gedraineerde gronden ook niet precies bekend waaruit de bovenste meter van het grondwater bestaat. Door afvoer via de drains wordt het grondwater minder aangevuld, waardoor zich water van meerdere jaren in de bovenste meter kan bevinden. Ook kwelwater kan voorkomen en effect hebben op de nutriëntenconcentraties in het bovenste grondwater. Bij klei neemt de P-concentratie van grondwater naar drain- en slootwater harder af dan bij duinzand.

5. Conclusies

- Locale omstandigheden zoals grondsoort, het voorkomen van veenlaagjes en de grondwatertrap bepalen sterk de nitraatconcentratie in het bovenste grondwater. Lage nitraatconcentraties worden gevonden op duinzand en kleigrond, bij hoge grondwaterstand en in aanwezigheid van veenlaagjes.
- Er zijn verbanden tussen bemestingsvariabelen en nitraatconcentratie in het bovenste grondwater op zandgrond zonder veenlaagjes. Deze verbanden zijn duidelijker op bedrijfsniveau dan op puntniveau.
- Middeling over jaren geeft op bedrijfsniveau een verdere verhoging van het effect van bemestingsvariabelen op de nitraatconcentratie.
- Verbetering van verbanden tussen nitraatconcentraties en bemestingsvariabelen door middeling tot bedrijfsniveau, en in mindere mate over jaren, kan verklaard worden door naïjfeffecten: een bemestingsjaar heeft over meerdere jaren invloed op de nitraatconcentratie in het bovenste grondwater. De grote fluctuaties op puntniveau vanwege verschillen in bemesting tussen gewassen en de gewasrotatie, vallen grotendeels weg bij middeling tot bedrijfsniveau.
- Veranderingen in bemesting, en met name de organische bemesting, zijn slechts ten dele in het daaropvolgende jaar terug te vinden in nitraatconcentratie in het grondwater. Door deze vertraging via de pool aan bodemorganische stof zijn metingen over meerdere jaren nodig om effecten van veranderde bemesting op de nitraatconcentratie in het grondwater aan te tonen.
- P-concentraties in het grondwater zijn bij duinzand beduidend hoger dan bij de andere grondsoorten.
- Op duinzand zijn N-totaal-concentraties in grondwater hoger dan die in drain- en slootwater. Op klei is dit andersom. De N-totaal-concentraties in drainwater zijn gemiddeld hoger dan in slootwater.
- P-totaal-concentraties in grondwater zijn hoger dan die in drainwater, welke weer hoger zijn dan die in slootwater. Dit geldt zowel voor duinzand als kleigrond.

Referenties

- Anoniem, 2003.
Telen met toekomst voor telers met toekomst. Jaaroverzicht 2002. Plant Research International, Wageningen, 67 pp.
- Beukeboom, J.A., 1996.
Kiezen uit gehalten 3. Forfaitaire gehalten voor de mineralenboekhouding. IKC-landbouw, Ede, 22 pp.
- Boers, P.C.M., H.L. Boogaard, J. Hoogeveen, J.G. Kroes, I.G.A.M. Noij, C.W.J. Roest, E.F.W. Ruijgh & J.A.P.H. Vermulst, 1997.
Watersysteemverkenningen 1996. Huidige en toekomstige belasting van het oppervlaktewater met stikstof en fosfaat vanuit de landbouw. RIZA rapport 97.013; SC-DLO rapport 532, 217 pp.
- De Buck, A.J., F.J. de Ruijter, F. Wijnands, P.L.A. van Enkevort, W. van Dijk, A.A. Pronk, J. de Haan & R. Booij 2000.
Voorwaarts met de milieuprestaties van de Nederlandse open-teelt sectoren: een verkenning naar 2020. Rapport 6, Plant Research International, Wageningen, 104 pp.+ bijlagen.
- De Ruijter, F. J. & J. Groenwold, 2004.
Bemesting en Nmin op gewasniveau (2000-2004) op de praktijkbedrijven van Telen met toekomst. Telen met toekomst rapport OV0401. 33 p + 20 p bijl.
- De Ruijter, F.J. & A.L. Smit, 2003.
Relaties tussen nitraat in het grondwater en potentiële indicatoren voor nitraatverlies op de voorloperbedrijven van Telen met toekomst. Telen met toekomst OV0301, Plant Research International, Wageningen, 28 pp + 6 p. bijl.
- Ehlert, P.A.I. & G. Koopmans, 2002.
Fosfaattoestanden op de praktijkbedrijven van Telen met toekomst. Een analyse van de situatie bij de start van het project. Rapport Telen met toekomst, 26 p + 8 p bijl.
- Ehlert, P.A.I., H.P. Pasterkamp & G. Brouwer, 2004.
Fosfaatbehoefte van bloembollen. Onderbouwing van de fosfaatbemestingsadviezen. Alterra-rapport 990, 112 pp.
- 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). Alterra-rapport 1053, Sturen op Nitraat rapport 12, 117 pp.
- RIVM, 2000a.
Grondwaterbemonstering met bemonsteringslans en slangenpomp op zandgronden. Bilthoven, RIVM, SOP LBG/424.
- RIVM, 2000b.
Bedrijfsbezoek aan een landbouwbedrijf. Bilthoven, RIVM, SOP LBG/617.
- RIVM, 2001a.
Grondwaterbemonstering met bemonsteringslans en slangenpomp op kleigronden. Bilthoven, RIVM, SOP LBG/425.
- RIVM, 2001b.
Extractie van grond met behulp van de centrifugemethode. Bilthoven, RIVM, SOP LAC/M412.
- RIVM, 2001c.
Extractie van grond met behulp van de simpele schudmethode. Bilthoven, RIVM, SOP LAC/M414.
- RIVM, 2002a.
Onderzoeksplan 'Telen met toekomst', beschrijving van het RIVM-aandeel in het project 'Telen met toekomst'. Bilthoven, RIVM, Protocol LBG/P099.

RIVM, 2002b.

Bepaling van de ligging van de bemonsteringspunten. Bilthoven, RIVM, SOP LBG/618.

RIVM, 2002c.

Het meten van de nitraatconcentratie in water m.b.v. een Nitracheck reflectometer (type 404).

Bilthoven, RIVM, SOP LBG/110.

RIVM, 2002d.

Grondbemonstering met de Edelmanboor ten behoeve van bodemvochtanalyses. Bilthoven,

RIVM, SOP LBG/433.

RIVM, 2002e.

Gecombineerde bemonstering van drain- en slootwater op landbouwbedrijven in de kleigebieden.

Bilthoven, RIVM, PROTOCOL LBG/P106.

RIVM, 2002f.

Oppervlaktewaterbemonstering met maatbeker. Bilthoven, RIVM, SOP LBG/431.

RIVM, 2002g.

Drainwaterbemonstering. Bilthoven, RIVM, SOP LBG/432.

Spruijt-Verkerke, J. & P. van Asperen, 2001.

FARM; standaardisatie van gegevensverwerking bij bedrijfssystemen. Agro informatica jaargang 14 (2001) nr. 3. blz. 3-5.

Van den Berg, M. & M.M. Pulleman, 2003.

Kwaliteit van grond- en oppervlaktewater in het project Telen met toekomst 2002. Telen met toekomst OV0303, Plant Research International, Wageningen, 48 pp + 48 p. bijl.

Velthof, G.L., 2003.

Relaties tussen mineralisatie, denitrificatie en indicatoren voor bodemkwaliteit in landbouwgronden. Alterra-rapport 769, Sturen op Nitraat rapport 6, 38 pp.

Bijlage I.

Bedrijfsgegevens grondwater in de jaren 2002 t/m 2004

EC, pH, grondwaterstand en NO₃-nitracheck zijn gemeten per bemonstering in het veld. De overige analyses zijn uitgevoerd in het lab aan vier mengmonsters per bedrijf.

Waarden beneden de detectiegrens zijn op de helft van de detectiewaarde gezet bij berekening van het bedrijfsgegevens. Globale waarden van de detectiegrenzen zijn voor NO₃-nitracheck: 6 mg/l; Fe: 0.1; Kjeldahl-N: 0.14; NH₄: 0.02; NO₃: 0.3; PO₄-P: 0.012; P-totaal: 0.06; Zn: 10. Ontbrekende waarden zijn aangegeven met een '*'.

Bedrijf	EC (mS/m)			pH			Grondwaterstand (cm)			NO ₃ -nitracheck (mg/l)		
	2002	2003	2004	2002	2003	2004	2002	2003	2004	2002	2003	2004
ak01	33	40	37	5.4	5.3	5.6	-107	-84	-102	6	21	12
ak02	31	39	39	4.9	4.9	4.6	-147	-181	-229	59	76	97
ak04	37	40	51	5.0	5.0	4.9	-158	-151	-135	24	28	74
ak06	49	52	56	4.7	4.7	4.5	-187	-209	-243	142	129	149
ak07	51	50	60	5.8	5.7	5.7	-101	-85	-96	82	86	117
ak08	49	69	72	6.4	6.2	6.1	-96	-87	-80	46	89	95
ak09	60	61	65	6.2	6.3	6.0	-103	-122	-107	122	145	125
ak11	221	241	232	6.8	6.7	6.9	-129	-133	-122	25	9	21
ak12	201	225	196	7.2	7.1	7.2	-163	-163	-131	19	17	32
ak13	150	123	113	6.6	6.6	6.8	-123	-147	-96	5	3	37
ak14	353	267	266	6.7	6.6	6.7	-126	-108	-130	7	6	24
ak15	155	140	133	7.2	7.1	6.7	-160	-134	-124	5	10	41
bl01	93	100	87	7.4	7.1	7.3	-62	-62	-71	2	5	5
bl02	95	80	82	7.2	7.2	7.3	-65	-56	-70	3	3	5
bl03	163	314	450	7.0	7.3	7.3	-60	-82	-95	20	5	7
bl04	155	*	*	6.9	*	*	-82	*	*	24	*	*
bl05	384	417	*	7.1	7.1	*	-76	-70	*	2	3	*
bl06	158	178	152	7.0	7.0	7.1	-83	-72	-78	2	3	6
blkern	*	299	311	*	7.0	6.9	*	-125	-106	*	7	6
bo01	75	76	84	5.3	5.1	4.9	-273	-337	-283	189	182	188
bo02	65	58	59	4.8	4.7	5.1	-146	-165	-119	96	110	155
bo03	70	56	72	5.0	4.8	4.8	-184	-173	-195	148	151	147
bo04	96	70	77	4.6	4.6	4.6	-243	-182	-189	222	207	185
bo05	*	65	55	*	4.6	4.7	*	-288	-235	*	124	95
bokern	58	54	54	4.9	4.8	5.0	-351	-322	-338	156	124	100

Vervolg

Bedrijf	EC (mS/m)			pH			Grondwaterstand (cm)			NO ₃ -nitratecheck (mg/l)		
	2002	2003	2004	2002	2003	2004	2002	2003	2004	2002	2003	2004
Mvgia	68	57	52	4.9	5.0	5.1	-336	-313	-322	163	101	60
mvgib-a	53	48	46	5.0	5.1	5.1	-335	-304	-345	155	96	86
mvgib-s1	57	51	61	5.0	5.0	4.7	-329	-318	-373	127	109	124
mvgib-s2	67	65	64	4.9	5.0	4.8	-336	-319	-339	152	160	146
mvgip-a	50	46	47	5.1	5.3	5.3	-381	-351	-404	138	101	77
mvgip-s	51	61	57	5.2	5.3	5.4	-356	-348	-398	135	146	102
vg01	64	72	*	4.7	4.8	*	-150	-148	*	167	178	*
vg02	77	79	86	5.5	5.6	5.9	-128	-133	-165	83	94	59
vg03	116	117	136	4.7	4.8	4.8	-176	-189	-166	246	283	270
vg04	78	66	81	4.9	5.1	4.9	-103	-190	-129	97	43	98
vg07	75	82	83	6.3	6.3	6.0	-119	-112	-115	94	125	134
vg08	82	72	68	4.8	4.9	4.8	-323	-307	-327	207	150	137
vg09	100	83	85	5.3	5.2	4.9	-189	-166	-184	256	217	267
vg10	98	95	121	4.8	4.7	4.7	-197	-155	-160	197	181	190
vpgi-a1	38	37	52	5.1	5.2	5.3	-104	-82	-64	60	78	78
vpgi-a2	38	42	52	5.5	5.4	5.4	-103	-89	-69	54	71	55
vpgi-s	46	47	62	5.1	5.1	5.1	-105	-93	-70	99	105	103

Bedrijf	Ca (mg/l)		Cl (mg/l)			Fe (mg/l)		Mg (mg/l)	
	2002	2004	2002	2003	2004	2002	2004	2002	2004
ak01	28	32	35	44	40	9.37	9.40	6.44	8.17
ak02	26	33	23	28	32	0.19	0.06	5.14	7.28
ak04	26	44	39	39	46	6.27	4.78	6.50	8.20
ak06	43	47	20	34	38	0.22	0.75	11.98	14.40
ak07	49	53	22	24	41	0.45	0.88	14.53	17.43
ak08	50	69	25	43	43	1.13	2.18	14.28	21.00
ak09	63	70	24	26	33	0.18	0.14	10.85	10.85
ak11	516	576	45	47	57	0.84	2.20	19.28	28.38
ak12	175	171	271	324	309	4.25	2.71	48.74	43.31
ak13	157	171	116	132	67	2.84	0.76	40.12	31.21
ak14	225	253	557	356	421	3.01	0.93	76.61	68.93
ak15	244	220	137	113	95	1.03	0.78	23.76	14.38
bl01	132	130	36	44	29	2.75	2.75	12.78	11.74
bl02	141	124	24	26	34	1.08	0.93	13.78	10.97
bl03	134	119	211	687	1036	1.06	0.12	28.64	85.77
bl04	161	*	159	*	*	6.34	*	31.71	*
bl05	222	*	798	871	*	13.00	*	68.01	*
bl06	129	121	229	192	243	3.11	2.20	24.19	24.78
Blkern	*	273	*	425	459	*	7.53	*	62.05

Vervolg

Bedrijf	Ca (mg/l)		Cl (mg/l)			Fe (mg/l)		Mg (mg/l)	
	2002	2004	2002	2003	2004	2002	2004	2002	2004
bo01	74	86	19	22	25	0.04	0.05	15.10	18.88
bo02	62	56	24	22	23	0.08	0.06	12.33	10.90
bo03	63	65	28	18	29	0.13	0.06	13.83	14.31
bo04	75	71	24	21	27	0.24	0.18	16.27	16.38
bo05	*	52	*	27	22	*	0.05	*	12.10
bokern	60	54	17	12	12	0.04	0.05	14.24	12.88
mvgia	57	49	18	25	17	0.02	0.05	14.90	12.38
mvgib-a	52	44	14	22	16	0.02	0.05	13.10	10.61
mvgib-s1	58	59	20	21	15	0.02	0.05	15.21	17.05
mvgib-s2	57	57	19	21	15	0.02	0.05	15.43	16.38
mvgip-a	52	44	14	23	16	0.02	0.05	13.10	10.61
mvgip-s	57	55	19	26	37	0.02	0.05	15.26	13.86
vg01	51	*	27	29	*	1.01	*	8.34	*
vg02	92	108	25	25	31	2.01	3.30	19.82	21.99
vg03	140	165	30	30	33	0.07	0.05	27.25	30.50
vg04	69	72	38	36	46	3.82	7.80	17.84	19.80
vg07	84	92	22	18	16	0.54	0.14	16.28	20.65
vg08	88	65	16	13	15	0.09	0.54	16.81	13.48
vg09	91	83	36	26	22	0.15	0.05	20.96	21.07
vg10	87	121	42	41	49	0.68	0.25	22.49	33.22
vpgi-a1	40	61	39	44	56	1.52	0.26	7.42	13.40
vpgi-a2	44	57	42	45	62	0.97	0.29	8.17	13.56
vpgi-s	42	59	43	45	63	1.40	0.27	7.94	13.87

Bedrijf	NO ₃ (mg/l)			NH ₄ (mg/l)			Kjeldahl-N (mg/l)			DOC (mg/l)		
	2002	2003	2004	2002	2003	2004	2002	2003	2004	2002	2003	2004
ak01	4.0	19.6	13.0	2.9	2.1	3.5	4.9	4.2	5.3	66.1	58.8	46.0
ak02	55.9	71.0	97.4	0.0	0.0	0.0	1.8	1.3	1.1	19.7	13.0	11.4
ak04	20.1	28.4	84.5	4.1	4.3	3.0	4.7	4.7	5.2	42.3	41.4	37.9
ak06	144.8	133.6	155.0	0.0	0.0	0.1	0.4	0.5	0.3	6.2	6.2	5.1
ak07	89.5	77.1	100.4	0.1	0.1	0.5	3.3	3.3	3.7	36.6	40.2	36.8
ak08	45.0	92.1	91.4	0.5	1.0	0.9	4.0	3.4	3.9	42.1	38.5	37.6
ak09	145.6	144.6	141.7	0.0	0.0	0.0	1.8	2.3	2.1	20.0	18.5	20.3
ak11	19.9	6.5	21.0	0.7	0.9	1.4	1.2	1.1	1.7	6.5	6.7	6.5
ak12	15.6	16.6	35.3	3.3	2.3	2.3	3.7	2.5	2.8	12.1	8.5	9.5
ak13	1.2	0.3	53.6	2.6	3.7	1.5	3.0	3.2	1.9	14.6	18.1	9.9
ak14	2.7	2.3	28.6	6.8	3.3	3.6	6.6	3.7	3.5	13.4	15.2	9.6
ak15	1.7	5.5	42.7	1.9	2.4	1.3	2.2	2.2	1.0	5.1	4.9	5.1
bl01	0.1	0.5	0.2	5.4	7.0	6.4	7.3	7.9	7.3	24.8	28.3	25.7
bl02	0.1	0.2	0.2	6.8	4.4	4.6	7.2	5.5	6.1	22.9	24.9	25.2
bl03	19.5	0.3	1.0	3.1	5.7	8.1	4.9	6.4	8.8	22.9	25.0	27.4

Vervolg

Bedrijf	NO ₃ (mg/l)			NH ₄ (mg/l)			Kjeldahl-N (mg/l)			DOC (mg/l)		
	2002	2003	2004	2002	2003	2004	2002	2003	2004	2002	2003	2004
bl04	24.4	*	*	2.7	*	*	4.8	*	*	26.9	*	*
bl05	0.1	0.3	*	12.4	9.7	*	10.9	9.7	*	28.0	27.2	*
bl06	0.2	2.8	0.2	4.9	4.2	4.6	6.5	6.0	6.6	31.8	32.4	32.5
Blkern	*	0.2	0.4	*	11.9	10.0	*	12.9	11.1	*	37.3	34.3
bo01	198.0	208.3	221.9	0.0	0.1	0.0	0.1	0.7	0.5	6.1	4.7	6.1
bo02	104.6	117.3	152.1	0.0	0.0	0.1	1.3	1.1	1.3	15.8	11.6	16.9
bo03	152.8	132.7	190.9	0.0	0.1	0.0	1.9	1.7	1.1	22.1	19.5	16.0
bo04	219.6	194.3	215.2	0.1	0.1	0.1	0.7	1.4	0.4	10.8	12.8	11.6
bo05	*	130.4	96.8	*	0.0	0.0	*	0.7	0.6	*	6.3	12.1
Bokern	151.1	124.7	126.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	2.5	2.5	2.2
Mvgia	149.9	125.7	85.9	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	2.1	1.8	1.8
mvgib-a	128.0	130.4	95.2	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	2.1	1.8	2.0
mvgib-s1	151.8	126.2	183.1	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	2.1	1.8	2.1
mvgib-s2	154.3	128.9	169.2	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	2.3	1.8	2.1
mvgip-a	128.0	137.6	95.2	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	2.1	1.8	2.0
mvgip-s	152.5	130.9	150.8	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	2.2	1.8	1.8
vg01	171.9	204.1	*	0.2	0.3	*	1.3	1.9	*	17.8	21.6	*
vg02	85.0	99.6	59.5	0.2	0.5	0.6	2.1	1.9	1.6	17.4	18.0	12.7
vg03	314.0	318.6	368.2	0.0	0.1	0.1	0.2	0.7	0.1	7.0	6.0	5.7
vg04	103.1	43.1	97.6	0.5	2.0	1.0	2.6	3.2	2.3	23.0	16.6	20.3
vg07	114.1	137.9	147.5	0.1	0.2	0.1	2.5	2.4	2.3	23.6	21.3	21.4
vg08	222.0	163.0	152.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.4	0.2	3.7	4.6	4.0
vg09	267.4	244.6	265.8	1.2	0.0	0.2	1.9	0.5	1.0	14.3	10.3	7.7
vg10	234.4	191.8	288.1	0.2	0.2	0.1	1.3	2.2	1.3	24.3	25.5	21.5
vpgi-a1	69.4	83.8	145.5	0.2	0.1	0.1	2.1	2.3	2.1	21.1	24.8	22.0
vpgi-a2	77.3	84.1	123.3	0.2	0.1	0.1	2.1	2.2	2.2	23.7	24.4	22.4
vpgi-s	69.6	85.8	127.2	0.2	0.1	0.1	2.1	2.2	2.2	22.4	24.4	22.5

Bedrijf	PO ₄ -P (mg/l)			P-totaal (mg/l)			K (mg/l)	
	2002	2003	2004	2002	2003	2004	2002	2004
ak01	0.26	0.15	0.14	0.48	0.32	0.12	5.0	3.6
ak02	0.01	0.01	0.01	0.09	0.07	0.03	7.4	7.1
ak04	0.05	0.05	0.02	0.16	0.20	0.04	7.7	8.3
ak06	0.01	0.01	0.01	0.09	0.09	0.03	17.1	18.3
ak07	0.02	0.02	0.01	0.20	0.12	0.03	18.9	21.4
ak08	0.16	0.20	0.30	0.43	0.34	0.34	24.6	33.6
ak09	0.77	0.31	0.39	0.92	0.30	0.40	30.1	28.1
ak11	0.07	0.24	0.26	0.28	0.27	0.26	4.6	6.3
ak12	0.71	0.72	0.91	0.75	0.84	0.46	23.0	13.0
ak13	0.19	0.23	0.11	0.35	0.40	0.11	9.8	6.6
ak14	1.24	0.35	0.44	1.28	0.45	0.44	16.5	12.5
ak15	0.34	0.38	0.16	0.37	0.43	0.15	8.4	4.1

Vervolg

Bedrijf	PO ₄ -P (mg/l)			P-totaal (mg/l)			K (mg/l)	
	2002	2003	2004	2002	2003	2004	2002	2004
bl01	12.55	12.67	13.87	12.52	14.03	13.14	46.2	38.7
bl02	13.76	8.57	11.97	13.22	10.36	12.16	46.8	31.4
bl03	5.20	5.89	4.94	5.50	6.14	4.94	65.4	55.9
bl04	4.11	*	*	4.11	*	*	69.5	*
bl05	2.44	2.30	*	2.40	2.69	*	46.2	*
bl06	6.32	6.74	7.82	6.40	6.70	7.69	51.5	37.0
blkern	*	5.69	5.42	*	6.22	5.30	*	48.8
bo01	0.01	0.05	0.01	0.11	0.03	0.03	37.8	34.9
bo02	0.01	0.01	0.01	0.11	0.03	0.03	40.9	34.5
bo03	0.01	0.01	0.01	0.15	0.12	0.03	42.9	37.6
bo04	0.01	0.01	0.01	0.11	0.06	0.03	37.8	38.1
bo05	*	0.03	0.01	*	0.03	0.03	*	20.5
bokern	0.02	0.01	0.02	0.08	0.07	0.03	17.8	16.3
mvgia	0.02	0.02	0.01	0.08	0.06	0.03	21.8	19.4
mvgib-a	0.02	0.02	0.01	0.07	0.06	0.03	14.7	13.6
mvgib-s1	0.01	0.02	0.01	0.07	0.06	0.03	22.0	27.8
mvgib-s2	0.01	0.02	0.01	0.08	0.07	0.03	23.5	26.6
mvgip-a	0.02	0.02	0.01	0.07	0.06	0.03	14.7	13.6
mvgip-s	0.01	0.02	0.01	0.08	0.06	0.03	22.5	14.7
vg01	0.02	0.02	*	0.13	0.05	*	47.1	*
vg02	0.05	0.03	0.02	0.13	0.10	0.03	21.5	13.1
vg03	0.02	0.01	0.01	0.14	0.09	0.03	50.6	48.3
vg04	0.03	0.04	0.01	0.07	0.05	0.03	53.4	52.1
vg07	0.03	0.02	0.01	0.14	0.15	0.03	44.5	46.2
vg08	0.01	0.01	0.01	0.08	0.03	0.03	35.8	34.5
vg09	0.01	0.01	0.01	0.10	0.05	0.03	44.9	27.5
vg10	0.02	0.01	0.01	0.12	0.05	0.03	49.3	47.8
vpgi-a1	0.01	0.01	0.01	0.07	0.07	0.03	9.4	7.5
vpgi-a2	0.01	0.01	0.01	0.08	0.06	0.03	9.9	7.7
vpgi-s	0.01	0.01	0.01	0.08	0.05	0.03	9.9	8.0

Bedrijf	Na (mg/l)		SO ₄ (mg/l)			Zn (µg/l)	
	2002	2004	2002	2003	2004	2002	2004
ak01	18.01	18.81	33	36	37	32.7	22.2
ak02	14.20	16.17	30	30	29	83.4	63.8
ak04	21.15	24.17	59	58	50	40.9	67.8
ak06	11.82	12.76	49	52	51	89.9	64.0
ak07	16.02	14.92	52	66	70	71.5	48.8
ak08	14.71	17.49	37	54	56	124.2	131.0
ak09	12.59	14.63	59	54	70	101.4	40.8
ak11	19.01	17.81	833	1068	1000	26.2	94.5
ak12	187.60	198.65	104	88	66	8.2	7.5
ak13	98.63	47.54	189	91	167	9.6	4.3
ak14	373.40	266.95	351	360	486	6.5	20.0
ak15	59.80	49.02	109	78	89	19.6	10.0
bl01	17.46	15.03	62	29	71	6.5	6.8
bl02	14.01	18.32	76	30	45	6.5	2.5
bl03	129.62	650.22	86	45	46	6.5	5.0
bl04	83.27	*	150	*	*	6.5	*
bl05	494.16	*	190	167	*	13.1	*
bl06	143.45	142.49	70	51	56	6.5	2.0
Blkern	*	297.20	*	103	84	*	3.8
bo01	12.80	12.70	118	122	144	173.3	111.5
bo02	15.20	16.29	150	110	88	86.6	85.5
bo03	17.10	14.33	111	93	95	117.7	59.5
bo04	13.79	12.53	118	112	112	199.4	137.5
bo05	*	12.62	*	137	118	*	62.5
Bokern	13.32	12.16	102	107	111	179.8	98.3
Mvgia	12.11	9.03	99	96	121	129.3	52.0
mvgib-a	12.92	11.49	95	92	93	98.1	80.0
mvgib-s1	12.23	9.49	99	95	109	135.1	126.0
mvgib-s2	11.68	9.42	100	95	111	153.2	115.4
mvgip-a	12.92	11.49	95	87	93	98.1	80.0
mvgip-s	12.02	14.29	99	92	72	141.1	69.1
vg01	13.04	*	66	66	*	84.1	*
vg02	23.27	22.40	198	195	228	85.0	37.8
vg03	16.50	16.68	252	238	281	112.4	137.4
vg04	14.75	17.45	180	164	202	111.2	120.5
vg07	12.76	10.57	96	123	153	96.5	53.8
vg08	15.18	13.52	162	156	143	313.9	105.3
vg09	19.79	16.17	109	115	111	142.3	140.7
vg10	25.39	25.76	177	204	247	156.9	140.0
vpgi-a1	14.57	16.50	45	39	45	40.0	84.3
vpgi-a2	14.42	18.15	40	36	49	34.9	86.0
vpgi-s	14.34	18.16	43	38	48	35.2	79.6

Bijlage II.

Overzicht van metingen drainwaterkwaliteit

Waarden beneden de detectiegrens zijn op de helft van de detectiewaarde gezet bij berekening van het bedrijfsgemiddelde. Globale waarden van de detectiegrenzen zijn voor NO₃-nitratecheck: 6 mg/l; Fe: 0.1; Kjeldahl-N: 0.14; NH₄: 0.02; NO₃: 0.3; PO₄: 0.012; P-totaal: 0.06. Ontbrekende waarden zijn aangegeven met een '*'.

Metingen in 2002 zijn uitgevoerd in de periode februari - maart. De jaren 2003 en 2004 staan voor de voorafgaande winterperiode oktober - maart.

Bedrijf	EC (mS/m)			pH			Aant. sec/l drainafvoer			NO ₃ -nitratecheck (mg/l)		
	2002	2003	2004	2002	2003	2004	2002	2003	2004	2002	2003	2004
ak05	*	32	34	*	4.9	4.8	*	38	41	*	76	79
ak11	80	195	187	7.2	6.9	7.1	8	24	64	30	24	44
ak12	121	130	115	7.3	7.2	7.3	86	123	82	35	49	70
ak13	77	94	90	7.1	6.9	7.0	209	58	37	46	26	54
ak14	133	157	184	6.9	6.8	7.0	40	30	20	33	17	62
ak15	100	115	98	7.2	7.1	7.2	25	46	17	37	62	94
bl01	*	97	96	*	7.1	7.2	*	*	*	*	3	1
bl03	114	116	118	7.2	7.7	7.3	235	163	301	27	11	11
bl04	124	*	*	7.1	*	*	107	*	*	21	*	*
bl05	546	277	*	7.1	7.2	*	50	295	*	3	16	*
bl06	*	107	106	*	7.4	7.2	*	82	183	*	8	3
blkern	*	136	137	*	7.2	7.2	*	68	68	*	54	50

Bedrijf	Ca (mg/l)			Cl (mg/l)			Fe (mg/l)			Mg (mg/l)		
	2002	2003	2004	2002	2003	2004	2002	2003	2004	2002	2003	2004
ak05	*	39	42	*	33	39	*	0.11	0.07	*	6.4	7.0
ak11	176	493	500	18	49	64	0.13	0.12	0.05	8.6	26.4	27.8
ak12	169	171	166	127	145	136	0.02	0.06	0.05	24.6	28.3	24.9
ak13	141	173	161	41	59	55	0.05	0.18	0.05	14.7	20.5	17.4
ak14	173	202	286	160	206	253	0.10	0.26	0.05	31.9	38.3	52.5
ak15	198	191	210	74	79	90	0.02	0.02	0.05	10.5	16.3	10.9
bl01	*	157	150	*	57	61	*	1.15	0.05	*	15.0	15.1
bl03	124	112	111	138	183	178	0.07	0.22	0.05	23.0	19.9	23.2
bl04	139	*	*	152	*	*	0.10	*	*	28.1	*	*
bl05	172	207	*	1560	598	*	0.99	0.11	*	104.8	47.7	*
bl06	*	110	123	*	151	130	*	0.40	0.05	*	17.6	19.2
blkern	*	191	122	*	129	147	*	0.05	0.08	*	25.2	13.5

Bedrijf	NO ₃ (mg/l)			NH ₄ (mg/l)			Kjeldahl-N (mg/l)			DOC (mg/l)		
	2002	2003	2004	2002	2003	2004	2002	2003	2004	2002	2003	2004
ak05	*	71.9	74.7	*	0.0	0.0	*	3.0	3.3	*	46.7	49.1
ak11	28.1	28.8	43.1	0.3	0.7	0.5	1.0	1.1	1.1	6.6	6.5	6.6
ak12	33.5	53.7	68.1	0.1	0.1	0.0	0.6	0.6	0.7	5.9	5.9	6.0
ak13	42.6	30.8	52.7	0.2	0.3	0.1	0.6	0.8	0.8	6.3	6.1	6.8
ak14	30.4	20.8	61.3	0.6	0.9	0.3	1.4	1.4	1.2	8.5	8.1	8.6
ak15	41.0	35.5	88.7	0.3	0.6	0.0	0.6	0.8	0.1	3.6	4.2	4.3
bl01	*	0.7	0.2	*	6.8	7.4	*	6.9	7.7	*	24.0	24.0
bl03	23.3	8.9	10.9	2.5	1.2	1.8	4.2	2.5	3.8	23.7	20.9	25.7
bl04	20.1	*	*	2.1	*	*	3.6	*	*	22.5	*	*
bl05	0.1	15.7	*	10.1	6.7	*	9.9	7.1	*	20.2	20.5	*
bl06	*	5.7	2.2	*	1.7	2.7	*	3.3	4.3	*	23.5	27.7
Blkern	*	55.6	49.1	*	0.3	0.2	*	1.7	2.1	*	13.2	18.1

Bedrijf	PO ₄ -P (mg/l)			P-totaal (mg/l)			K (mg/l)		
	2002	2003	2004	2002	2003	2004	2002	2003	2004
ak05	*	0.07	0.04	*	0.11	0.07	*	4.2	4.0
ak11	0.42	0.03	0.03	0.56	0.07	0.03	8.4	6.1	6.4
ak12	0.12	0.11	0.07	0.13	0.14	0.09	9.1	11.4	8.5
ak13	0.07	0.02	0.02	0.10	0.03	0.03	4.1	3.4	3.7
ak14	0.14	0.06	0.04	0.21	0.10	0.03	5.3	5.5	5.2
ak15	0.02	0.03	0.04	0.03	0.03	0.03	2.3	5.8	2.6
bl01	*	7.31	7.07	*	7.51	7.48	*	45.6	45.6
bl03	4.41	3.02	4.68	4.46	3.20	4.92	57.0	49.5	52.1
bl04	3.00	*	*	2.99	*	*	44.6	*	*
bl05	0.22	0.78	*	0.34	0.86	*	50.6	44.5	*
bl06	*	4.10	4.62	*	4.29	4.88	*	33.2	38.2
Blkern	*	0.28	0.26	*	0.31	0.32	*	29.1	33.4

Bedrijf	Na (mg/l)			SO ₄ (mg/l)		
	2002	2003	2004	2002	2003	2004
ak05	*	14	13	*	27	30
ak11	11	20	19	227	828	866
ak12	89	98	81	59	67	79
ak13	19	24	23	60	82	121
ak14	105	126	140	178	228	475
ak15	32	63	30	58	58	69
bl01	*	32	32	*	54	42
bl03	86	80	114	112	73	90
bl04	93	*	*	135	*	*
bl05	1015	351	*	58	136	*
bl06	*	84	92	*	62	65
Blkern	*	81	53	*	274	261

Bijlage III.

Overzicht van metingen slotwaterkwaliteit

Waarden beneden de detectiegrens zijn op de helft van de detectiewaarde gezet bij berekening van het bedrijfsgemiddelde. Globale waarden van de detectiegrenzen zijn voor NO₃-nitratecheck: 6 mg/l; Fe: 0.1; Kjeldahl-N: 0.14; NH₄: 0.02; NO₃: 0.3; PO₄-P: 0.012; P-totaal: 0.06. Ontbrekende waarden zijn aangegeven met een '*'.

Metingen in 2002 zijn uitgevoerd in de periode februari - maart. De jaren 2003 en 2004 staan voor de voorafgaande winterperiode oktober - maart.

Waarden zijn een gemiddelde van metingen aan bedrijfssloten, doorgaande sloten en langslopende sloten.

Bedrijf	EC (mS/m)			pH			NO ₃ -nitratecheck (mg/l)		
	2002	2003	2004	2002	2003	2004	2002	2003	2004
ak05	*	24	35	*	5.4	5.5	*	53	47
ak11	79	175	163	7.5	7.3	7.5	24	17	30
ak12	96	92	89	7.6	7.5	7.2	33	62	74
ak13	80	80	88	7.5	7.4	7.2	32	16	42
ak14	121	155	152	7.6	7.7	7.5	11	5	28
ak15	111	123	96	7.8	7.5	7.6	14	36	55
bl01	*	94	97	*	7.7	7.8	*	-2	3
bl03	115	110	116	8.1	8.3	7.9	11	8	12
bl04	152	*	*	7.7	*	*	6	*	*
bl05	232	211	*	8.0	7.4	*	-4	-4	*
bl06	*	103	99	*	7.7	8.1	*	6	3
Blkern	*	157	122	*	7.5	7.3	*	36	31

Bedrijf	Ca (mg/l)			Cl (mg/l)			Fe (mg/l)			Mg (mg/l)		
	2002	2003	2004	2002	2003	2004	2002	2003	2004	2002	2003	2004
ak05	*	27	42	*	26	56	*	0.18	0.13	*	5.5	8.3
ak11	162	435	392	28	54	84	0.06	0.05	0.05	9.2	23.1	24.4
ak12	117	112	117	110	96	104	0.14	0.14	0.05	21.1	19.5	20.6
ak13	140	121	152	47	57	60	0.05	0.15	0.05	15.2	17.4	17.5
ak14	147	185	244	159	215	202	0.05	0.05	0.05	28.2	36.6	37.3
ak15	161	204	167	134	129	104	0.05	0.05	0.05	18.6	17.7	11.9
bl01	*	139	157	*	77	80	*	0.11	0.05	*	14.8	15.8
bl03	122	113	117	148	178	171	0.05	0.05	0.05	23.0	19.1	22.3
bl04	131	*	*	206	*	*	0.54	*	*	31.0	*	*
bl05	123	155	*	550	440	*	0.09	0.15	*	48.5	43.8	*
bl06	*	107	112	*	150	127	*	0.30	0.05	*	17.1	19.1
blkern	*	212	132	*	194	141	*	0.05	0.05	*	31.1	16.5

III - 2

Bedrijf	NO ₃ (mg/l)			NH ₄ (mg/l)			Kjeldahl-N			DOC		
	2002	2003	2004	2002	2003	2004	2002	2003	2004	2002	2003	2004
ak05	*	45.5	43.9	*	0.0	0.1	*	2.7	2.5	*	44.9	43.6
ak11	23.1	24.3	28.8	0.4	1.0	0.7	1.0	1.3	1.4	8.0	7.2	8.4
ak12	30.0	63.8	69.6	0.1	0.1	0.1	1.3	1.3	1.6	11.5	12.8	13.4
ak13	30.4	19.6	39.9	0.1	1.1	0.5	0.7	2.0	1.3	6.7	10.3	8.1
ak14	14.9	10.3	27.2	0.6	1.9	1.3	1.2	2.1	1.8	7.8	8.5	7.5
ak15	14.2	40.1	52.6	0.4	0.7	0.2	0.9	1.0	0.7	6.5	4.6	4.6
bl01	*	3.2	3.5	*	2.9	4.2	*	3.7	5.0	*	22.1	21.8
bl03	11.7	7.1	11.5	0.4	0.5	0.6	2.0	2.0	2.8	20.4	18.6	23.6
bl04	8.5	*	*	2.2	*	*	5.7	*	*	62.2	*	*
bl05	3.0	1.8	*	3.0	6.8	*	3.8	6.8	*	18.1	21.0	*
bl06	*	4.1	1.7	*	1.1	1.0	*	2.9	3.2	*	23.7	26.1
blkern	*	38.0	31.6	*	0.4	0.3	*	1.8	2.2	*	13.9	16.8

Bedrijf	PO ₄ -P (mg/l)			P-totaal (mg/l)			K (mg/l)		
	2002	2003	2004	2002	2003	2004	2002	2003	2004
ak05	*	0.06	0.05	*	0.10	0.09	*	5.6	6.2
ak11	0.34	0.01	0.01	0.55	0.05	0.03	8.4	8.0	9.0
ak12	0.08	0.05	0.05	0.13	0.07	0.07	17.0	19.1	17.4
ak13	0.01	0.01	0.01	0.05	0.11	0.03	5.5	9.8	5.6
ak14	0.06	0.06	0.05	0.12	0.10	0.03	6.5	9.3	7.0
ak15	0.02	0.03	0.05	0.06	0.06	0.05	9.5	6.2	4.4
bl01	*	4.78	4.79	*	4.80	5.04	*	40.8	44.6
bl03	2.93	2.54	3.05	3.00	2.72	3.24	48.9	39.6	49.1
bl04	2.34	*	*	2.93	*	*	83.9	*	*
bl05	0.77	1.65	*	0.87	1.71	*	26.4	33.3	*
bl06	*	4.90	3.13	*	5.09	3.49	*	34.1	37.3
Blkern	*	0.51	0.32	*	0.57	0.39	*	30.5	25.2

Bedrijf	Na (mg/l)			SO ₄ (mg/l)		
	2002	2003	2004	2002	2003	2004
ak05	*	13	16	*	23	31
ak11	17	27	34	196	675	621
ak12	78	65	64	48	49	68
ak13	29	39	34	77	79	144
ak14	107	142	120	134	148	295
ak15	79	69	48	72	74	59
bl01	*	46	37	*	52	58
bl03	93	75	111	106	79	99
bl04	122	*	*	106	*	*
bl05	359	307	*	105	86	*
bl06	*	76	89	*	62	69
Blkern	*	126	68	*	301	178

Reeds verschenen externe rapporten

Telen met toekomst

38. Waterkwaliteit op open teelt bedrijven en de relatie met bodem- en bemestingsvariabelen. Resultaten van het project Telen met toekomst, 2000-2004. F.J. de Ruijter & L.J.M. Boumans. Rapport OV 0501.
37. Stikstofstromen op de kernbedrijven Vredepeel en Meterik. De grondwaterkwaliteit gemeten van 2001 tot 2004. Annemieke Smit, Kor Zwart & Jan van Kleef. Rapport OV 0416, 2004.
36. Kernbedrijf Meterik; Resultaten eerste fase. A.L. Smit & J.J. de Haan (eds.). Rapport OV 0415, 2004.
35. Variatie in afvoer nutriënten binnen Telen met toekomst; een verkenning bij consumptie-aardappelen en prei. J.W.A. Langeveld & P.W.J. Uithol. Intern rapport, 2004.
34. Organische stofopbouw en N-mineralisatie: op kernbedrijven; verfijning model MINIP. R. Postma & T.A. van Dijk. Rapport OV 0414, 2004.
33. Organische stofopbouw en N-mineralisatie; praktijktoepassing van een verbeterd model. R. Postma, T.A. van Dijk & A.G.G. van der Weijden. Rapport OV 0413, 2004.
32. Afvoer van gewasresten ter beperking van stikstofverliezen. Bureaustudie naar de effecten op de stikstofbalans, mineralisatie en organische stof. F.J. de Ruijter & R. Postma. Rapport OV 0412, 2004.
31. Kernbedrijf Vredepeel. Resultaten eerste fase. J.W.A. Langeveld & A.L. Smit. Rapport OV 0411, 2004.
30. Stikstofopnamecurven voor akkerbouw- en vollegrondsgroentegewassen. Doorrekenen van de gewasrotaties op de kernbedrijven Vredepeel en Meterik van Telen met toekomst. A.A. Pronk & K. Groenwold. Rapport OV 0410, 2004.
29. Evaluatie Nitraatprojecten, bijdrage vanuit Telen met toekomst. Hans Langeveld. Rapport OV 0409, 2004.
28. Organische stofopbouw en N-mineralisatie op kernbedrijven; toetsing MINIP met resultaten 2002 en 2003. R. Postma & T.A. van Dijk. Rapport OV 0408, 2004.
27. De Telen met toekomst Energie- en klimaatmeetlat. Eindrapport. Herbert Mombarg & Anton Kool. Rapport OV 0407, 2004.
26. Nitraatuitspoeling Vredepeel 2002-2003. J.A. de Vos & F.B.T. Assinck. Rapport OV 0406, 2004.
25. Stikstofstromen op het kernbedrijf Meterik. Modelberekeningen met FUSSIM2 en MOTOR. F.B.T. Assinck & P. de Willigen. Rapport OV 0405, 2004.
24. Fosfaatkaracteristieken van de bodem van de kernbedrijven Meterik en Vredepeel. Een gedetailleerd beeld van het bodemprofiel. P. Ehlert & G. Koopmans. Rapport OV 0404, 2004.
23. Stikstofstromen op de kernbedrijven Vredepeel en Meterik. De grondwaterkwaliteit gemeten. A. Smit, K.B. Zwart & J. van Kleef. Rapport OV 0403, 2004.
22. Stikstofstromen op het kernbedrijf Vredepeel. Modelberekeningen met FUSSIM2 en MOTOR. F.B.T. Assinck & P. de Willigen. Rapport OV 0402, 2004.
21. Bemesting en Nmin op gewasniveau op de praktijkbedrijven van Telen met toekomst (2000-2002). F.J. de Ruijter & J. Groenwold. Rapport OV 0401, 2004.
20. Stikstofstromen op de kernbedrijven Meterik en Vredepeel. Mineralisatie van bodem en gewasresten. A. Smit & K.B. Zwart. Rapport OV 0304, 2003.
19. Grondwater- en oppervlaktewaterkwaliteit op de Telen met toekomst bedrijven in 2002. M. van den Berg & M.M. Pulleman. Rapport OV 0303, 2003.
18. AcTA: Accesdatabase Telen met toekomst - Alterra. A. Smit & K.B. Zwart. Rapport OV 0302, 2003.
17. Relaties tussen nitraat in het grondwater en potentiële indicatoren voor nitraatverlies op de voorloperbedrijven van Telen met toekomst. F.J. de Ruijter. Rapport OV 0301, 2003.

16. Telen met toekomst, voor telers met toekomst: Jaaroverzicht 2002. Anonymus, 2003.
15. Hoe staat het met de kwaliteit van grond- en oppervlaktewater? B.M.A. Kroonen-Backbier & J.A.J.M. Rovers. Rapport WDNB03, 2003.
14. Hoe staat het met de kwaliteit van grond- en oppervlaktewater? J.A.J.M. Rovers & B.M.A. Kroonen-Backbier. Rapport WDZHZ03, 2003.
13. Startgiften van de stikstofbemesting in tulp. Modelstudie naar de effecten van neerslag op de stikstofbeschikbaarheid in de wortelzone. F.J. de Ruijter. Rapport OV 0206, 2002.
12. De Telen met toekomst Energie- en klimaatmeetlat. Methodiek en rekenregels. H.F.M. Mombarg, A. Kool, W.J. Corré, J.W.A. Langeveld & W. Sukkel. Rapport OV 0205, 2003.
11. Waterretentie en waterdoorlatendheidskarakteristieken van 'Telen met toekomst' proefvelden Meterik en Vredepeel. J.A. de Vos, E.W.J. Hummelink & T.S. van Steenbergen. Rapport OV 0204, 2002.
10. Organische stofopbouw en N-mineralisatie op kernbedrijven; toetsing model Janssen. R. Postma. Rapport OV 0203, 2002.
9. Stikstofverliezen door denitrificatie in akkerbouw en vollegrondsgroenteteelt. Onderzoek op de kernbedrijven Vredepeel en Meterik van het project 'Telen met toekomst'. Kor Zwart, Annemieke Smit & Kees Rappoldt. Rapport OV 0202, 2002.
8. Gebruik van Global Positioning System (GPS) binnen 'Telen met toekomst'. Plaatsbepaling bij monsternamen op de Voorloperbedrijven'. A.L. Smit. Rapport OV 0201, 2002.
7. 'Telen met toekomst', kansen en knelpunten in zicht: Jaaroverzicht 2001. Anonymus, 2002.
6. Fosfaattoestanden op de praktijkbedrijven van 'Telen met toekomst'. Een analyse van de situatie bij de start van het project. Philip Ehlert & Gerwin Koopmans, 2002.
5. Stikstof- en fosfaatverliezen in akkerbouw en vollegrondsgroenteteelt. Projectplan voor het bodemonderzoek op de kernbedrijven Vredepeel en Meterik van het project 'Telen met toekomst'. Kor Zwart & Annemieke Smit, 2002.
4. 'Telen met toekomst', voor telers met toekomst: Jaaroverzicht 2000. Anonymus, 2001.
3. Detaillering projectplan 'Telen met toekomst'. Remmie Booij, Wim van Dijk, Bert Smit, Frank Wijnands, Hans Langeveld, Janjo de Haan, Annette Pronk, Jaap Schröder, Jet Proost, Harm Brinks, Peter Dekker, Philip Ehlert, 2001.
2. Projectplan 'Telen met toekomst'. Jacques Neeteson, Remmie Booij, Wim van Dijk, Janjo de Haan, Annette Pronk, Harm Brinks, Peter Dekker & Hans Langeveld, 2001.
1. Voorwaarts met de milieuprestaties van de Nederlandse open-teelt sectoren: een verkenning naar 2020. A.J. de Buck, F.J. de Ruijter, F. Wijnands, P.L.A. van Enckevort, W. van Dijk, A.A. Pronk, J. de Haan & R. Booij, 2000.



rivm

Rijkinstituut
voor Volksgezondheid
en Milieu



**PRAKTIJKONDERZOEK
PLANT & OMGEVING**

WAGENINGEN UR



**PLANT RESEARCH
INTERNATIONAL**

WAGENINGEN UR

