

Het meetnet bodemkwaliteit van de provincie Gelderland

Opzet en resultaten 1997-1999

J. Japenga, J. Bril & W. Schuurmans



zand



klei



bos



weide



mais

Alterra-rapport 138, ISSN 1566-7197

Het meetnet bodemkwaliteit van de provincie Gelderland

Opzet en resultaten 1997-1999

J. Japenga

J. Bril

W. Schuurmans

Alterra-rapport 138

Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte, Wageningen, 2000

REFERAAT

J. Japenga, J. Bril, W. Schuurmans, 2000. *Het meetnet bodemkwaliteit van de provincie Gelderland; Opzet en resultaten 1997-1999*. Wageningen, Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte. Alterra-rapport 138. 138 blz.; 8 fig.; 10 tab.; 17 ref. ; 4 bijl.

Om na te kunnen gaan of de bodem in de Gelderse buitengebieden ook op termijn geschikt blijft voor verschillende gebruiksfuncties, is het noodzakelijk systematisch waarnemingen te verrichten. Als instrument om dit te realiseren werd in 1995 besloten tot het opzetten van een meetnet bodemkwaliteit. Dit rapport geeft de specifieke karakteristieken van het Gelders bodemmeetnet weer alsmede de resultaten van de eerste meetronden (1997-1999). Voor de interpretatie van meetgegevens werd het rekenmodel GELRE ontwikkeld op basis van de statistische analyse van berekeningsresultaten van het bodemchemisch evenwichtmodel SEKTRAS. In de uitvoerige bijlage bij dit rapport worden SEKTRAS en GELRE in detail beschreven.

Trefwoorden: bodemkwaliteit, databestand, fosfaat, model, stikstof, zware metalen.

ISSN 1566-7197

Dit rapport kunt u bestellen door NLG 60,00 over te maken op banknummer 36 70 54 612 ten name van Alterra, Wageningen, onder vermelding van Alterra-rapport 138. Dit bedrag is inclusief BTW en verzendkosten.

© 2000 Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte,
Postbus 47, NL-6700 AA Wageningen.
Tel.: (0317) 474700; fax: (0317) 419000; e-mail: postkamer@alterra.wag-ur.nl

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Alterra en de Provincie Gelderland.

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

Alterra is de fusie tussen het Instituut voor Bos- en Natuuronderzoek (IBN) en het Staring Centrum, Instituut voor Onderzoek van het Landelijk Gebied (SC). De fusie is ingegaan op 1 januari 2000.

Inhoud

Woord vooraf	7
Samenvatting	9
1 Inleiding	13
2 Bodemmeetnetten	17
2.1 Het begrip bodemkwaliteit	17
2.2 Bodemmeetnetten	18
2.3 Het bodemmeetnet van de provincie Gelderland	19
3 De opzet van het Gelders bodemmeetnet	21
3.1 Algemene bemonsteringsstrategie	21
3.2 Keuze van de te bemonsteren percelen	22
3.3 Chemische en fysische bepalingen	25
3.4 GELRE	26
4 Resultaten Gelders bodemmeetnet 1997-1999	33
4.1 Inleiding	33
4.2 Hoe staat het met de bodemkwaliteit in Gelderland?	35
4.2.1 Enige algemene conclusies	35
4.2.2 Samenvatting meetresultaten 1997-1999	37
4.2.3 Meetresultaten in relatie tot streefwaarden en interventiewaarden	42
4.3 Zijn er regionale verschillen in bodemkwaliteit waar te nemen in Gelderland?	51
4.3.1 Verschillen per regio	51
4.3.2 Bodemkaarten	52
4.4 Zijn er ontwikkelingen in de bodemkwaliteit in Gelderland te constateren?	54
 <i>Bijlagen</i>	
1 Gedetailleerde beschrijving modellen	63
Referenties	97
2 Samenstelling Gelderse bodem	99
3 Overschrijding streefwaarden	133
4 Normoverschrijdingen stikstof en fosfor	139

Woord vooraf

In de jaren tachtig van de vorige eeuw trad de Wet bodembescherming in werking. Daarmee was in Nederland de (toen nog) gecompartmenteerde milieuwetgeving voltooid. De grondslag van deze wet is het behoud van de capaciteit van de bodem om nu en in de toekomst vele verschillende functies te kunnen blijven vervullen en wel in het bijzonder met het oog op de instandhouding van de organismen mens, dier en plant. Om te weten of die capaciteit behouden blijft is het noodzakelijk systematisch waarnemingen te verrichten. Op basis van een interprovinciale studie (*‘Provinciale bodemkwaliteitsmeetnetten’*. C.E. Kleijn en H. Leenaers. CSO, Adviesbureau voor Milieuonderzoek. Maastricht 1991) besloot het merendeel van de provincies een meetnet bodemkwaliteit in te richten. Zo ook de provincie Gelderland.

Over de inrichting van het Gelderse meetnet en de resultaten over de periode 1997 - 1999 wordt hier gerapporteerd.

Aan het rapport ligt een aanzienlijke hoeveelheid werk ten grondslag. Veldwerk, chemische analyses, modelmatige interpretaties en rapportage werden door nauwe samenwerking tussen Alterra (eerder door het gedeeltelijk in Alterra opgegaane instituut voor Agrobiologisch en Bodemvruchtbaarheidsonderzoek AB-DLO) en de provincie Gelderland tot een goed einde gebracht. Van de zijde van de provincie Gelderland vermelden we A. van Velsen, J. Gemmink en S. Hoogveld; van de zijde van Alterra P. Bolhuis, W. Schuurmans, G. van der Boom, P. del Castillo, J. Bril en J. Japenga. Tenslotte ook een woord van dank aan de eigenaars en pachters van de bemonsterde percelen. Hun medewerking is van groot belang om een goed beeld te verkrijgen van de Gelderse bodemkwaliteit.

Samenvatting

De opzet van het Gelders bodemmeetnet

Na een vooronderzoek in 1995 is het Gelders bodemmeetnet in 1997 van start gegaan. In de jaren 1997, 1998 en 1999 zijn voldoende meetresultaten verkregen om de huidige kwaliteit van de bodem in de Gelderse buitengebieden in kaart te kunnen brengen. Dit rapport beschrijft de opzet van het Gelders bodemmeetnet, doet verslag van de meetresultaten en interpreteert de resultaten, onder andere met behulp van voor het Gelders bodemmeetnet ontwikkelde rekenregels, die gebaseerd zijn op bij Alterra ontwikkelde modellen (SEKTRAS, STRASS en MOHOC)

In het kader van het Gelders bodemmeetnet worden 152 percelen regelmatig bemonsterd. Bij de selectie van de percelen is allereerst gekozen voor een viertal in het Gelders buitengebied frequent voorkomende combinaties van landgebruik, grondsoort en hydrologische omstandigheden. Daarnaast is ervoor gezorgd dat de percelen zich vooral bevinden in de zogenaamde Gelderse 'milieu-actieggebieden' en dat een voldoende mate van regionale spreiding het maken van bodemkaarten mogelijk maakt. Deze bodemkaarten geven enerzijds achtergrondwaarden in de bodem aan, maar kunnen ook gemodelleerde uitspoelingsresultaten visualiseren. Tenslotte is aan de percelen de eis gesteld dat ter plaatse ook op de langere termijn geen ingrijpende landgebruikveranderingen zijn voorzien. Op basis van deze criteria zijn 152 percelen nat grasland, droge zand- en klei-akkers en naaldbossen geselecteerd, verspreid over zestien gebieden.

Elke 4-8 jaar wordt de bovenste 10 cm van de bodem op de geselecteerde percelen bemonsterd ten einde langere termijn veranderingen in de bodemkwaliteit te kunnen waarnemen; de eerste maal heeft bemonstering plaatsgehad in de periode 1997-1999. Daarnaast wordt in principe elk jaar het bodemvocht op een diepte van circa 70 cm bemonsterd op de in totaal 81 percelen naaldbos en maisakker. Ook wordt het bovenste grondwater bemonsterd in de 50 percelen nat grasland. Het doel van de bemonstering van bodemvocht of bovenste grondwater op deze diepte is het kwantificeren van uitspoelingsrisico's op basis van de aanname dat een stof die zich op deze diepte in de mobiele waterfase bevindt als uitgespoeld dient te worden beschouwd.

In de bodemmonsters is een groot aantal parameters bepaald, dat tezamen in staat is om de huidige bodemkwaliteit te kunnen kwantificeren met betrekking tot verzuring, vermesting en verspreiding. Naast algemene bodemparameters betreft dit de gehalten aan milieukritische stoffen: stikstof, fosfaat, zware metalen, PAK, pesticideresiduen. In 1999 is ook de fosfaat-verzadigingsgraad conform het protocol van Van der Zee bepaald. In de bodemvochtmonsters en de grondwatermonsters is de nadruk gelegd op de bepaling van de gehalten aan milieukritische stoffen als stikstof, fosfaat en zware metalen teneinde inzicht te verkrijgen in de mogelijke risico's van deze stoffen voor de grondwaterkwaliteit.

De meetresultaten zijn in het rapport weergegeven op het niveau van de zestien gebieden of geclusterd in een zestal regio-gerelateerde groepen, die het resultaat zijn van samenvoeging van onderling vergelijkbare gebieden. De achtergrond voor deze clustering is de aanname dat waargenomen veranderingen in de periode tussen bemonsteringen pas significant zijn wanneer telkens de gemiddelden van minstens 6-10 waarnemingen per landgebruiktype worden vergeleken.

Om in staat te zijn gegevens omtrent de bodemvochtsamenstelling te 'vertalen' naar een voorspelling van regionale massabalansen van milieukritische stoffen is ten behoeve van het Gelders bodemmeetnet een model ontwikkeld (GELRE). Dit model is in feite een set rekenregels die gebaseerd is op modelvoorspellingen van het complexe chemisch evenwichtsmodel SEKTRAS en de daarvan afgeleide modellen STRASS en MOHOC. In dit rapport wordt beschreven hoe GELRE de uitspoeling van stikstof, fosfor en kalium voorspelt, alsmede input/output budgetten voor stikstof.

Belangrijkste resultaten 1997-1999

De resultaten van deze eerste fase van het Gelders bodemmeetnet zijn als volgt samen te vatten:

- De situatie met betrekking tot *totaalgehalten zware metalen* in het Gelders buitengebied kan zeker niet zorgwekkend worden genoemd. Streefwaarden worden slechts zelden overschreden en grote regionale verschillen worden niet aangetroffen. Voor cadmium, koper en zink worden op bouwland en grasland de te verwachten verhoogde gehalten aangetroffen die het gevolg zijn van de jarenlange aanvoer van deze zware metalen via fosfaatmeststof (cadmium en zink) en varkensdrijfmest (koper).
- De gehalten aan *cadmium, koper en zink in het bodemvocht* zijn zo hoog dat tamelijk frequent de interventiewaarde voor grondwater wordt overschreden. Als gevolg van de lage pH worden in het bodemvocht onder naaldbos vaak hogere gehalten cadmium en zink aangetroffen dan onder landbouwgrond. Dit kan een reden tot zorg zijn, vooral bij mogelijke toekomstige herbebossing van deze grond en de daarmee gepaard gaande geleidelijk verzuring van de relatief zwaar met zware metalen belaste landbouwgrond. Ook worden, eveneens sterk afhankelijk van de zuurgraad, hoge gehalten aan opgelost *aluminium* in het bodemvocht gevonden.
- Voor *totaalgehalten organische verontreinigingen (pesticide residuen, PAK)* wordt op veel percelen de streefwaarde overschreden. Nergens wordt echter de interventiewaarde benaderd. DDT en andere pesticide residuen worden vooral op bouwland aangetroffen en nagenoeg niet op graslanden en in naaldbossen. Dit kan worden verklaard door het historisch gebruik van deze stoffen. De onderzochte pesticide residuen zijn enige decennia nadat de stoffen werden verboden nog steeds aanwezig in de bouwvoor, zodat deze stoffen ook op langere termijn nog hun invloed kunnen hebben op de bodemkwaliteit. Berekeningen met het model MOHOC wijzen er echter op dat ook op langere termijn geen gevaar bestaat voor uitspoeling van organische verontreinigingen naar het grondwater in de Gelderse buitengebieden. Dit leidt tot de conclusie dat bij deze organische verontreinigingen geen ecologische of andere milieu-effecten zijn te voorzien, op korte dan wel op langere termijn.

- Geheel conform de verwachtingen is het gemiddeld procentuele *fosfaat-verzadigingsniveau* van de bodem hoog voor nat grasland en maisakkers, dit in tegenstelling tot naaldbossen.
- In het droge jaar 1996/7 waren de *nitraatgehalten op 60-90 cm diepte* in het bodemvocht of het bovenste grondwater zeer veel hoger dan in het natte jaar 1998/9 (in het geval van natte graslanden respectievelijk circa 100 milligram per liter en circa 20 milligram per liter). Nitraatgehalten op deze diepte zijn een indicatie voor nitraatuitspoeling. GELRE voorspelt op basis van deze gegevens inderdaad een verhoging van de uitspoeling van stikstof tussen 1996/7 en 1998/9. Wordt GELRE echter gebruikt om de voorspelde aanvoer en uitspoeling van stikstof om te rekenen naar de fictieve aanvoer en vervolgens naar uitspoeling in een klimatologisch gemiddeld jaar, dan blijken de verschillen tussen 1996/7 en 1998/9 veel geringer te zijn. In naaldbossen blijven aanvoer en uitspoeling gelijk terwijl er in regio's zonder mestoverschot juist een afname wordt voorspeld tussen 1996/7 en 1998/9. Dit is een verwacht resultaat, aangezien voor naaldbossen inderdaad geen veranderende aanvoer wordt verwacht op deze korte termijn. Bovendien zal in gebieden met een mestoverschot de neiging blijven bestaan maximaal mest af te zetten in de directe omgeving, terwijl in gebieden zonder mestoverschot milieumaatregelen gemakkelijker zullen leiden tot verminderde belasting van de bodem met nutriënten.

1 Inleiding

Teneinde de huidige kwaliteit van de bodem in de buitengebieden van de provincie Gelderland vast te kunnen stellen en toekomstige veranderingen in de bodemkwaliteit te kunnen monitoren is in 1997 het Gelders bodemmeetnet van start gegaan. Het Gelders bodemmeetnet concentreert zich op de thema's *verzuring, vermesting en verspreiding*. Het voldoet aan de voorwaarden die vergelijkbaarheid van de gevonden resultaten met die van andere provinciale en regionale bodemmeetnetten moeten garanderen.

Er is voor gekozen om de bemonstering en analyse te concentreren op milieu-actieggebieden in de provincie Gelderland, meestal gesitueerd op zandgronden en in mindere mate op kleigronden en hierbij onderscheid te maken tussen (droge) naaldbossen, (natte) graslanden en (droge) maisakkers. Deze combinaties van landgebruik, bodemsoort en hydrologische karakteristieken zijn in Gelderland kwantitatief van groot belang. Verder is bij de keuze van in het kader van het Gelders bodemmeetnet te bemonsteren percelen prioriteit gegeven aan milieu-actieggebieden waar aansluiting kan worden gevonden bij andere meetnetten (bijvoorbeeld het meetnet grondwaterkwaliteit). Tenslotte is een selectie criterium voor de gebieden geweest dat op middellange termijn geen grootschalige landgebruikveranderingen worden voorzien. Om meer provinciedekkend te kunnen zijn (met name ook om dekkende bodemkaarten te kunnen maken) zijn aan de milieu-actieggebieden enige extra gebieden toegevoegd. Bij de interpretatie van de resultaten is gebruik gemaakt van zogenaamde 'clusters' van milieu-actieggebieden dan wel van de overige gebieden. Deze clusters zijn gebaseerd op een regio-indeling en voldoen aan de voorwaarde dat in een cluster voldoende percelen van dezelfde combinatie van landgebruik, bodemsoort en hydrologie zijn bemonsterd. Minimaal 6-10 percelen zijn noodzakelijk voor het trekken van statistisch verantwoorde conclusies.

Tussen 1997 en 1999 werd een bemonstering en analyse uitgevoerd om de uitgangssituatie voor de chemische bodemkwaliteit in de Gelderse buitengebieden te bepalen ten aanzien van de eerdergenoemde *ver*-thema's. Bemonstering en analyse concentreerden zich op algemene bodemkenmerken en op totaalgehalten nutriënten en zware metalen in de bodem alsmede op de fosfaatverzadigingsgraad. In 1997 zijn de bovenste 25 cm van de bodem bemonsterd en in 1999 de bovenste 10 cm; deze wijziging hield verband met harmonisering met andere bodemmeetnetten. Er vanuitgaande dat de bodemkwaliteit ten aanzien van deze parameters op korte termijn bij gehandhaafd landgebruik niet significant zal veranderen, zal een dergelijke bemonstering en analyse van de bovenste 10 cm eerst na 4-8 jaar worden herhaald. Naast totaalgehalten werden de gehalten aan nutriënten en zware metalen bepaald in het bodemvocht of in het bovenste grondwater teneinde uitspraken te kunnen doen over te verwachten effecten van de verontreinigingen (met name in relatie tot uitspoeling).

Nieuw en specifiek voor het Gelders bodemmeetnet is het toepassen van simulatiemodellen. Door modellering kunnen bodemgegevens en bodemvochtgegevens worden geïntegreerd tot nutriëntenbalansen en verspreidingspatronen van zware metalen en organische microverontreinigingen. De bemonstering van bodemvocht vindt jaarlijks plaats, omdat hiermee snel ontwikkelingen in de bodemkwaliteit en risico's kunnen worden onderkend, zeker door combinatie met het gebruik van modellen.

Ten behoeve van het Gelders bodemmeetnet zijn daarom de rekenregels *GELRE* ontwikkeld, die zijn gebaseerd op regressie-analyse van berekeningsresultaten van andere bodemchemische en watertransport modellen. Het hier voorliggende eerste uitgebreide rapport over de resultaten van het Gelders bodemmeetnet bevat berekeningen met *GELRE*. Zo is de stikstofbelasting (via bemesting, industrie, verkeer) berekend voor het jaar, voorafgaande aan het moment van bemonstering; bemonstering vond plaats rond 1 maart 1997 en rond 1 maart 1999. Ook is met *GELRE* de uitspoeling van stikstof uit het bodemprofiel geschat, alsmede de opbouw van nitraatstikstof 'pools' in het bodemprofiel. Mogelijke invoergegevens voor *GELRE* zijn, naast algemene bodemparameters en klimaatgegevens, vooral ook gemeten concentraties van nutriënten en zware metalen in bodemvocht en bovenste grondwater.

Het evalueren van de uitgangssituatie op basis van meetgegevens van het Gelders bodemmeetnet leidt tot de conclusie dat de bodemkwaliteit in Gelderland tamelijk goed is indien wordt vergeleken met andere delen van Nederland. Overschrijdingen van streefwaarden en interventiewaarden voor verontreinigende stoffen komen zelden voor en de belasting met nutriënten is conform het landelijk beeld. Het Gelders bodemmeetnet bestaat nog niet lang genoeg om ontwikkelingen in de tijd van milieukwaliteit en de milieu-risico's (bijvoorbeeld stikstofuitspoeling) met voldoende zekerheid en nauwkeurigheid te kunnen vaststellen. De eerste resultaten van de modellering van stikstofbalansen met *GELRE* zijn echter bemoedigend, zodat verwacht mag worden dat in komende jaren modellering kan uitgroeien tot een krachtig en gevalideerd instrument dat een zinnige meerwaarde geeft aan de resultaten van de meetcampagnes. Dit geldt voor de interpretatie van meetgegevens van zowel nutriënten als (zware) metalen en organische microverontreinigingen.

In een eerste inleidend hoofdstuk van dit rapport wordt ingegaan op het doel van een provinciaal bodemmeetnet en op de beweegredenen die hebben geleid tot de specifieke karakteristieken van de voor het Gelders bodemmeetnet gekozen aanpak. In het tweede hoofdstuk volgt een gedetailleerde beschrijving van de bemonsteringsstrategie, een kort overzicht van uitgevoerde chemische en fysische bepalingen alsmede een korte beschrijving van *GELRE* en van de wijze waarop dit model tot stand is gekomen. In het derde hoofdstuk wordt uitvoerig aandacht besteed aan de resultaten van de meetcampagnes 1997-1999 en aan een interpretatie daarvan. Bij deze interpretatie wordt de huidige bodemkwaliteit geëvalueerd in het licht van streefwaarden en interventiewaarden en wordt op basis van de clusterbenadering nagegaan of regionale verschillen kunnen worden geconstateerd. De vraag of er reeds tussen 1997 en 1999 ontwikkelingen in de bodemkwaliteit kunnen

worden vastgesteld, wordt beantwoord door het weergeven en evalueren van GELRE-modelresultaten. Met name is daarbij aandacht gegeven aan stikstofbalansen, waarbij niet alleen is gekeken naar mogelijke ontwikkelingen en tendensen in de tijd, maar ook naar regionale variatie.

Het rapport bevat verder nog een aantal bijlages.

In de eerste uitgebreide bijlage wordt in een viertal hoofdstukken een beschrijving gegeven van GELRE en onderliggende mechanistische modellen (SEKTRAS, STRASS, MOHOC). Deze beschrijvingen zijn in een bijlage ondergebracht vanwege het technische karakter ervan. In de bijlagen 2, 3 en 4 zijn in de vorm van tabellen alle meetgegevens (minus de duplo-waarden) weergegeven, gerangschikt op regio ('cluster') en gebied alsmede vergelijkingen van de gevonden waarden met streefwaarden, interventiewaarden etc.

2 Bodemmeetnetten

2.1 Het begrip bodemkwaliteit

De afgelopen decennia is door de overheid een reeks maatregelen genomen om ook op de langere termijn de milieukwaliteit in het landelijk gebied te kunnen handhaven. Het gaat daarbij vooral om maatregelen die erop zijn gericht om de uitstoot van milieukritische stoffen (vanuit industrie, verkeer en landbouw) te beperken. Bij het handhaven van de milieukwaliteit in het landelijk gebied speelt de bodem een centrale rol. Milieukritische stoffen komen immers vrijwel altijd terecht óp of ín de bodem. Soms heel direct, zoals bij het gebruik van meststoffen en bestrijdingsmiddelen in de landbouw. Soms ook indirect door bijvoorbeeld atmosferische depositie van uit schoorstenen en uitlaatpijpen afkomstige stoffen. Nadat milieukritische stoffen in de bodem terechtgekomen zijn, hangt het van veel factoren af wat er verder met deze stoffen gebeurt:

- De stof kan stevig vastgelegd worden aan vaste deeltjes in de bodem (ijzeroxiden, kleideeltjes, humus) en daar gedurende zeer lange perioden blijven. Wanneer de uitstoot van de stof naar de bodem blijft voortduren, dan hoopt de stof zich steeds verder op in de bodem. De milieu-effecten blijven meestal beperkt, omdat de biologische beschikbaarheid juist als gevolg van de vastlegging ook gering is. De problemen beginnen pas wanneer de bodem zoveel van de stof heeft opgenomen dat deze niet meer in staat is de stof effectief vast te houden. De stof komt dan als gevolg van het regenoverschot in het grondwater en uiteindelijk in het oppervlaktewater terecht. Een voorbeeld van een dergelijke stof is **fosfaat**, dat in landbouwgronden terechtkomt door (over)bemesting en, bij fosfaatverzadiging van de bodem, uiteindelijk kan leiden tot eutrofiëring van oppervlaktewater.
- De stof kan stevig worden vastgelegd aan de bodem, maar door verandering van de omstandigheden, zoals bodemverzuring of het veranderen van het zuurstofgehalte in de bodem, ook weer gemakkelijk van de vaste deeltjes loskomen. De stof komt dan in het bodemvocht terecht en zal dan dus biologisch beschikbaar worden. Voorbeelden van dergelijke stoffen zijn **zware metalen**, die zich langzaam in de bodem ophopen, bijvoorbeeld als gevolg van bemesting (koper, cadmium). Wordt de bodem als landbouwgrond gebruikt dan levert de aanwezigheid van deze zware metalen geen problemen op voor het milieu tenzij de concentraties zeer hoog worden. Dit is een gevolg van bekalking, die wordt toegepast om ten behoeve van een goede gewasgroei de bodem minder zuur te maken. Verzuurt de grond echter (bijvoorbeeld bij natuurontwikkeling op voormalige landbouwgronden) dan worden de zware metalen snel biologisch beschikbaar. Ze leiden dan wél tot ecologische risico's, zoals bijvoorbeeld ten aanzien van mogelijke toxische effecten op vegetatie en bodemleven alsmede uitspoeling naar het grondwater. In dit kader moet ook de verhoogde biologische beschikbaarheid van het macro-element **aluminium** onder zure condities worden genoemd.

- De stof kan, na in de bodem terecht te zijn gekomen, weliswaar gebonden worden aan de vaste bodemmatrix, maar door de activiteit van microben worden omgezet in een andere stof. Als dit omzettingproduct dan niet goed wordt vastgehouden door de bodem dan kunnen toch nog ecologische effecten optreden. Een voorbeeld hiervan zijn verschillende stikstofverbindingen, bijvoorbeeld afkomstig uit kunstmest en dierlijke mest, die in de bodem door bacteriën worden omgezet in **nitraat** (nitrificatie). Nitraat wordt niet door de vaste bodemmatrix vastgehouden en spoelt dan ook snel uit. Nitraat vormt in Nederland steeds frequenter een bedreiging voor de drinkwaterkwaliteit.
- De stof kan in min of meerdere mate vastgelegd worden aan de vaste bodemmatrix en dan geleidelijk door microben in de bodem worden afgebroken tot stoffen die niet schadelijk meer zijn voor het milieu. Of de stoffen uiteindelijk leiden tot belangrijke netto milieu-effecten hangt af van de verhouding tussen vastlegging en afbreekbaarheid. Wordt de stof goed vastgelegd aan de bodem en breekt de stof daarnaast niet snel af, dan is het probleem gelokaliseerd en is de milieubedreiging beperkt omdat ook de biologische beschikbaarheid beperkt is. Een voorbeeld zijn **PAK** (Polycyclische Aromatische Koolwaterstoffen) die onder meer via het verkeer en industriële uitstoot van verbrandingsgassen in het milieu terechtkomen. Wordt de stof niet goed vastgelegd, maar wel snel afgebroken dan is er ook geen probleem: de stof kan het grondwater niet bereiken, omdat de afbraak te snel is. Dit is overigens een voorwaarde waaraan moderne bestrijdingsmiddelen moeten voldoen om te kunnen worden toegelaten. Als alternatief kunnen microbiële processen in de bodem ook leiden tot irreversibele vastlegging van organische verontreinigingen in de bodem; ook dan worden geen milieu-effecten meer verwacht.

2.2 Bodemmeetnetten

Om te kunnen nagaan hoe de kwaliteit van de bodem zich in de tijd ontwikkelt en ook om inzicht te krijgen in de effecten van overheidsmaatregelen op de bodemkwaliteit, zijn regelmatige meetcampagnes noodzakelijk. Met dat doel voor ogen zijn er de laatste jaren meetnetten gestart op landelijk, provinciaal en soms ook op regionaal niveau. Deze bodemmeetnetten stellen met tussenpozen van één of meerdere jaren de concentratie van een aantal milieukritische stoffen in de bodem vast en monitoren bovendien veranderlijke parameters als de zuurgraad.

Deze milieukritische stoffen komen in grote lijnen overeen met de stoffen die in bovenstaande inleiding naar voren zijn gekomen: stikstof, fosfor, zware metalen, organische verontreinigingen (PAK, residuen van bestrijdingsmiddelen). De meetresultaten leveren gegevens over de toestand van de bodem in relatie tot de thema's *vermesting* (stikstof, fosfor), *verzuring* (zuurgraad, stikstof) en *verspreiding* (zware metalen en organische verontreinigingen). Deze zogenaamde 'ver-thema's' worden door de overheid vaak gebruikt om de milieukwaliteit in het landelijk gebied globaal in kaart te brengen.

Bij het opzetten van bodemmeetnetten is het voldoen aan enige basisvoorwaarden van groot belang:

Een bepaalde regio, bijvoorbeeld een provincie, dient door een zo gering mogelijk aantal bemonsteringen zo goed mogelijk in kaart te worden gebracht teneinde de onderhoudskosten van het bodemmeetnet binnen acceptabele grenzen te houden. Voor elke bodemsoort dienen circa 10 'identieke' percelen in het bodemmeetnet te worden opgenomen. Dit is noodzakelijk om met voldoende zekerheid een substantiële verandering (van bijvoorbeeld 10%) in bodemkwaliteit ten aanzien van één of meer van de 'ver-thema's' over een periode van ongeveer 3-5 jaar te kunnen constateren. Veranderingen in de chemische samenstelling en de algemene conditie van de bodem dienen op verschillende diepten te worden gekwantificeerd. Daarnaast dient ook het bodemvocht of het bovenste grondwater te worden bemonsterd en geanalyseerd. Dit alles heeft te maken met het uitgangspunt dat de bodem vooral ook van belang is als 'filter en buffer' voor de bescherming van het grondwater; een goede bodemkwaliteit is daarom voorwaarde voor een goede grondwaterkwaliteit en uiteindelijk voor een goede drinkwater- en oppervlaktewaterkwaliteit. Door nu én ook op grotere diepte te meten én ook het bodemvocht te bemonsteren en te analyseren, wordt het transport van milieukritische stoffen naar het grondwater door regelmatig terugkerende metingen in kaart gebracht.

2.3 Het bodemmeetnet van de provincie Gelderland

Na een vooronderzoek in 1995 is het Gelders bodemmeetnet in 1997 daadwerkelijk van start gegaan. Het meetnet voldoet aan de hierboven weergegeven basisvoorwaarden en de resultaten zijn vergelijkbaar met de resultaten van andere provinciale en regionale bodemmeetnetten. Het meetnet van de provincie Gelderland is dan ook onmisbaar om een goed landelijk beeld van de bodemkwaliteit te verkrijgen. Toch is de opzet van het Gelders Bodemmeetnet in één opzicht uitzonderlijk en innovatief. Voor het eerst worden de metingen in het kader van een bodemmeetnet vergezeld van specifiek op de Gelderse situatie toegesneden modelontwikkeling en modelberekeningen. Hiertoe is een zogenaamd 'meta-model' (GELRE) ontwikkeld, in feite een set rekenregels die is gebaseerd op regressie-analyse van berekeningsresultaten van een drietal onderling verwante bodem-chemische modellen. Doordat daarnaast ook meteorologische gegevens, met name regenval, in het model zijn in te voeren, kan worden berekend welk deel van de in het bodemvocht aanwezige milieukritische stoffen gedurende een bepaalde periode ook daadwerkelijk zal uitspoelen. Daarmee wordt het uiteindelijk mogelijk om op basis van een relatief gering aantal meetnetgegevens, op regioniveau uitspraken te doen over bijvoorbeeld belasting van het grondwater met nitraat. Het wordt zelfs mogelijk om op basis van meetgegevens van bodem en bodemvocht terug te rekenen wat bijvoorbeeld de geschatte aanvoer van stikstof op landbouwgrond in een bepaald jaar moet zijn geweest.

Behalve de mogelijkheid om goed gevalideerde modellen te gebruiken om op deze wijze meetgegevens te extrapoleren, levert het gebruik van deze eenvoudige

rekenmodellen op termijn nog meer voordelen. Een belangrijk aspect is het feit dat op termijn minder metingen behoeven te worden verricht om toch dezelfde nauwkeurigheid te bereiken bij het vaststellen van de bodemkwaliteit op provinciaal niveau. Dit zal kosten besparen. Als alternatief wordt het ook mogelijk om bij gelijkblijvende kosten van meetcampagnes, een grotere nauwkeurigheid te bereiken bij het vaststellen van de bodemkwaliteit in de gehele provincie Gelderland, bijvoorbeeld door meerdere bodemtypen bij het meten te betrekken dan in de eerste opzet van het meetnet het geval is geweest.

3 De opzet van het Gelders bodemmeetnet

3.1 Algemene bemonsteringsstrategie

Om de ontwikkeling van de bodemkwaliteit in de tijd te kunnen vaststellen is gekozen voor bemonstering van niet alleen de bovenste laag van de grond maar ook van de grond op 60-90 cm diepte. De oppervlakkige bemonstering werd gebruikt voor het verkrijgen van monsters voor de bepaling van algemene bodemkenmerken en voor de bepaling van totaalgehalten van milieukritische stoffen. De diepere bodemlaag (60-90 cm) werd gebruikt voor het verkrijgen van bodemvochtmonsters waarin met name gehalten aan milieukritische stoffen werden bepaald. De gekozen bemonsteringsdiepte van 60-90 cm is gebaseerd op de aanname dat stoffen die zich op het moment van bemonstering (in maart) op een diepte van 60-90 cm in het bodemvocht bevinden, niet meer terug kunnen keren naar de bouwvoor of daarmee overeenkomende bodemlaag (0-30 cm) en derhalve formeel als uitgespoeld moeten worden beschouwd. Met name voor het constateren en voorspellen van langere termijn uitspoeling naar het grond- en oppervlaktewater is deze aanpak geschikt.

In monsters die afkomstig zijn uit gebieden met een lage grondwaterstand (GT VII) is het bodemvocht op een diepte van 60-90 cm bemonsterd en geanalyseerd. In monsters die afkomstig zijn uit gebieden met een hoge grondwaterstand (GT I, GT II en GT III) is vanwege deze hydrologische condities niet het bodemvocht bemonsterd, maar het bovenste grondwater.

- Bemonstering van de *bodem* vindt plaats door op een perceel veertig steekmonsters te nemen en die vervolgens ter plaatse samen te voegen tot een gehomogeniseerd mengmonster, dat vervolgens wordt geanalyseerd. Een eventuele strooisellaag wordt eerst met de hand verwijderd. Voor elk perceel wordt deze exercitie in tweevoud uitgevoerd teneinde analyseresultaten in duplo te verkrijgen. Dit vergroot de nauwkeurigheid en de zeggingskracht van het gemeten resultaat. In 1997 en 1998 is de bovenste 25 cm van de bodem bemonsterd en geanalyseerd; in 1999 is, om de vergelijkbaarheid met andere databestanden te garanderen overgestapt naar bemonstering van de bovenste 10 cm. Voor zandakkers en kleiakkers leiden deze bemonsteringswijzen in principe niet tot verschillende resultaten, aangezien hier wordt geploegd en de bovenste laag van 25 cm als gevolg hiervan min of meer homogeen van samenstelling is.
- Bemonstering van het *bodemvocht* wordt uitgevoerd door eerst op een perceel twintig steekmonsters van de laag van 60-90 cm diepte te nemen. Nadat hieruit een homogeen mengmonster is bereid wordt op het laboratorium het bodemvocht geïsoleerd door centrifugeren en filtreren. In 1997 gebeurde dit door direct 'veldvochtige' monsters te centrifugeren; in 1999 werd overgeschakeld op het toevoegen van zoveel water aan de monsters dat een vast percentage water (25%) in de monsters aanwezig was voordat werd gecentrifugeerd. De reden hiervoor was tweeledig. Enerzijds is bij monsters die in een droogteperiode worden verkregen het verkrijgen van bodemvocht op de directe manier een langdurig, weinig reproduceerbaar en kostbaar karwei.

Anderzijds worden schommelingen tussen de bemonsteringsjaren verwacht indien tussen de bemonsteringsjaren grote verschillen bestaan in vochtigheid van monsters van hetzelfde perceel. Voor elk perceel wordt ook deze exercitie in tweevoud uitgevoerd teneinde analyseresultaten in duplo te verkrijgen.

- Bemonstering van het *bovenste grondwater* vindt plaats met peilbuizen, die zijn ingegraven op vier plaatsen op een perceel. De bovenste 50 cm van het grondwater wordt hiermee bemonsterd. Van de monsters wordt geen mengmonster in duplo gemaakt, maar alle monsters worden onafhankelijk geanalyseerd.

Bemonstering van de bodem, maar met name van het bodemvocht en het bovenste grondwater vindt plaats in het vroege voorjaar (februari-april), zodra de percelen begaanbaar zijn en bemonsterd kunnen worden. De bepaling van de totaalgehalten van milieukritische stoffen in de bodem vindt in principe eens in de vier tot acht jaar plaats, terwijl de bepaling van milieukritische stoffen in bodemvocht en bovenste grondwater in principe jaarlijks plaatsvindt. Van deze aanpak is in de eerste jaren van het functioneren van het bodemmeetnet om verschillende redenen enigszins afgeweken.

In 1999 is eenmalig een bemonstering uitgevoerd om volgens een vast protocol de fosfaatverzadiging te bepalen in bodemmonsters die afkomstig zijn van percelen van het bodemmeetnet.

3.2 Keuze van de te bemonsteren percelen

Een eerste selectie is gebaseerd op variaties in (i) landgebruik, (ii) bodemtype en (iii) grondwaterstand. Hiertoe werden een landgebruikkaart (verdeeld in 12 bodemgebruiksklassen), een bodemkaart (verdeeld in 14 bodemtypen) en drie grondwatertrappen (nat, intermediair, droog) met elkaar vergeleken. Van de theoretisch mogelijke 504 combinaties ($12 \times 14 \times 3$) bleken er in de provincie Gelderland 364 voor te komen. Sommige combinaties van landgebruik-bodemtype-hydrologie (LBH-combinaties) werden frequent aangetroffen, andere waren zeer zeldzaam. Uit de 364 mogelijkheden werden er vervolgens 11 geselecteerd. Deze zijn weergegeven in tabel 1, waarin ook wordt aangegeven welk percentage van het oppervlak van de provincie Gelderland onder de betreffende LBH-combinatie kan worden gerangschikt. In Gelderland zijn milieu-actieggebieden aangewezen, die verspreid liggen over de gehele provincie. Dit zijn gebieden waar versnelde verbetering van de omgevingskwaliteit wordt nagestreefd, vooral met het oog op de natuur. De ligging van de Gelderse milieu-actieggebieden is aangegeven op het bijgevoegde kaartje (Kaart 1). Tabel 2 geeft aan in hoeverre de in tabel 1 geselecteerde LBH-combinaties voorkomen in milieu-actieggebieden (gebieden 1-8 en 11-15) en overige gebieden (gebieden 9, 10 en 16). Er wordt alleen een arcering gegeven indien (i) de LBH-combinatie voldoende vaak voorkomt in het betreffende milieu-actieggebied en indien (ii) het Streekplan 1996 aangeeft dat in principe de komende decennia geen grootschalige bestemmingsveranderingen zullen optreden (zogenaamde 'behoudsgebieden').

Tabel 1 Meest voorkomende combinaties van landgebruik-bodemtype-hydrologie in de provincie Gelderland; in grijs aangegeven zijn de voor het bodemmeetnet geselecteerde combinaties

1	loofbos	moder	Droog	1.7%
2	naaldbos	moder	Droog	3.2%
3	naaldbos	Humuspodzol	Droog	4.3%
4	Naaldbos	kalkloos zand	Droog	3.2%
5	gras	kalkloze rivierklei	Nat	4.9%
6	gras	kalkloos zand	Nat	7.2%
7	gras	enkeerd	Droog	3.6%
8	gras	kalkhoudende rivierklei	Droog	1.4%
9	mais	kalkloos zand	Nat	1.3%
10	mais	enkeerd	Droog	1.4%
11	akkerbouw	kalkhoudende rivierklei	Droog	0.6%



Kaart 1 Gelderse milieuactiegebieden

Tabel 2 Combinaties van landgebruik/bodemtype/hydrologie in Gelderse milieu-actieggebieden en andere voor het Gelders bodemmeetnet geselecteerde percelen

Gebied:		LBH-combinatie										
(zwart: milieu-actieggebied)		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	NOORDELIJKE GELDERSE VALLEI				2		4				4	
2	UDDEL-ELSPEET-SPEULD-GARDEREN				2		4				4	
3	NOORD-OOST VELUWE				2		4				4	
4	HARDERWIJK-ELBURG				2		4				4	
5	DE DRIESPRONG				2		3				4	
6	ZUIDELIJK IJSSELVALLEI				2		4				4	
7	HUMMELO-KEPPEL				3		2				3	
8	DE GRAAFSCHAP				4		4				4	
9	ACHTERHOEK				4		4				4	
10	VELUWE				6		7				8	
11	GROESBEEK						4					
12	NEEDE-BORCULO						3				3	
13	WINTERSWIJK						3				4	
14	FORT ST. ANDRIES											
15	GELDERSE POORT										2	11
16	RIVIERENGEBIED											10
		NAALDBOS				GRASLAND				ZANDAKKER		
										KLEIAKKER		

Binnen deze toch nog grote selectie zijn tenslotte een viertal LBH-combinaties uitgekozen die in tabel 1 door een markering in grijs en in tabel 2 door een markering in zwart zijn aangegeven: de combinaties 4, 6, 10 en 11. Deze keuze werd gebaseerd op de volgende overwegingen:

- **NAALDBOS**

Droog, kalkloos zand met naaldbos

(LBH-combinatie 4)

De Gelderse bossen zijn zeer kwetsbaar voor verzuring, met name de hoger gelegen bossen op arme grond. Aan deze bossen dient dus in het bodemmeetnet uitdrukkelijk aandacht te worden besteed. Omdat een humuspodzol nadelen biedt (heterogeniteit van het bodemprofiel) blijven de bossen uit de combinaties 1, 2 en 4 over. Gekozen is voor LBH-combinatie 4 omdat daarbij de spreiding over milieu-actieggebieden het grootst is.

- **GRAS**

Nat, kalkloos zand met gras

(LBH-combinatie 6)

Gelderland bestaat voor het grootste deel uit grasland hetwelk op zichzelf reeds een belangrijk argument is om natte graslanden in het bodemmeetnet op te nemen. LBH-combinaties 5 en 6 komen dan in aanmerking. Gekozen is voor LBH-combinatie 6, aangezien deze in Gelderland het meest voorkomt (7.2% van het oppervlak, zie tabel 1) en bovendien de grootste spreiding laat zien over milieu-actieggebieden. Natte graslanden zijn met name interessant voor het monitoren van vermeting.

- **ZANDAKKER**

Droge enkeerden met mais

(LBH-combinatie 10)

Deze droge landbouwgronden zijn met name geschikt voor het meten van vermessing in het kader van het bodemmeetnet. Opname van deze LBH-combinatie in het meetnet, naast LBH-combinatie 6, geeft goede mogelijkheden tot onderlinge vergelijking (hoog versus laag en mais versus gras).

- **KLEIAKKER**

Droge, kalkhoudende rivierklei met akkerbouw

(LBH-combinatie 11)

Deze LBH-combinatie is opgenomen in het bodemmeetnet om redenen van volledigheid, aangezien rivierklei naast zandgronden en enkeerden kwantitatief van belang is in de provincie. Kleigebieden komen echter weinig voor in de uiteindelijke selectie zoals die in tabel 2 is weergegeven. Dit heeft vooral te maken met het feit, dat kleiakkers doorgaans vallen in een intermediaire grondwaterklasse (GT IV, GT V, GT VI); dit maakt dergelijke percelen ongeschikt voor bodemvocht bemonstering (te nat) en ook voor bemonstering van het bovenste grondwater (te droog).

In tabel 2 staat tevens aangegeven hoeveel percelen er uiteindelijk binnen de vier gekozen LBH-combinaties in het bodemmeetnet zijn opgenomen, uitgesplitst over de gebieden. De geselecteerde percelen zijn in principe 'schoon': dat wil zeggen dat er geen bekende puntverontreiniging heeft plaatsgevonden en dat het perceel dus uitsluitend aan diffuse verontreiniging via de atmosfeer (industrie, verkeer) en via land- en bosbouw is blootgesteld. Daarnaast is er voor zorggedragen dat zoveel mogelijk percelen zich in de buurt bevinden van bemonsteringspunten van de Gelderse meetnetten voor grondwaterkwaliteit, vegetatie en luchtkwaliteit (ammoniak). Dit om de mogelijkheid te hebben om de opgebouwde databestanden effectief te koppelen.

3.3 Chemische en fysische bepalingen

In de bodemmonsters is een groot aantal parameters bepaald, waarbij ruwweg de volgende verdeling in groepen kan worden gemaakt:

- *toestandsparameters van de bodem*
Algemene bodemeigenschappen, die bijvoorbeeld van belang zijn bij het interpreteren van modelresultaten (lutumgehalte, organische stof gehalte, kalkgehalte, kationenuitwisselings-capaciteit (CEC)).
- *parameters die vermessing en verzuring mede bepalen*
Naast het totaalgehalte aan stikstof en fosfor alsmede de pH-KCl worden met name ook parameters die de biologische beschikbaarheid van fosfor bepalen (P_w , P_{Al} , oxalaat-extraheerbaar fosfor, ijzer en aluminium), bepaald.
- *verspreidingsparameters*
De gehalten aan zware metalen en organische microverontreinigingen zijn bepaald in de bodemmonsters.

Bij het bodemvocht en bij het bovenste grondwater wordt sterk de nadruk gelegd op het kwantificeren van milieukritische stoffen, en dan vooral stoffen waarvan het voornaamste milieu-risico uitspoeling naar het grondwater is. Voorbeelden zijn (i) meststoffen als fosfor en stikstof, (ii) zware metalen (koper, zink, cadmium, lood, nikkel, chroom, arseen) en (iii) gemobiliseerde macro-elementen zoals bijvoorbeeld aluminium. Bij de meststoffen fosfor en stikstof wordt onderscheid gemaakt tussen verschillende chemische vormen omdat het gedrag ervan in de bodem sterk verschillend is. Dit is van belang bij de interpretatie van de meetresultaten en van de resultaten van de modelberekeningen. Zo wordt bij fosfor onderscheid gemaakt tussen orthofosfaat en organisch gebonden fosfor en bij stikstof tussen ammonium-stikstof en nitraat-stikstof. Aan aluminium is aandacht besteed vanwege het ecotoxicologisch belang. Toxische effecten kunnen optreden op alle trofische niveaus in de bodem en ook humaan-toxicologische effecten worden vermoed (relatie met de ontwikkeling van de ziekte van Alzheimer). Aluminium kan bij (sterke) bodemverzuring mobiliseren, in het bodemvocht terechtkomen en uiteindelijk uitspoelen.

Naast deze milieukritische stoffen worden ook parameters gemeten, die van belang zijn bij de interpretatie van modelberekeningen en bij de validatie van de modellen. Voorbeelden zijn ionen, die belangrijk bijdragen aan de ionsterkte (chloride, sulfaat, kalium, natrium, calcium, magnesium etc.) en opgeloste koolstofverbindingen, waarbij onderscheid wordt gemaakt tussen organisch koolstof en anorganisch koolstof (carbonaten). Tenslotte worden de pH en de geleidbaarheid gemeten als maat voor respectievelijk de zuursterkte en de ionsterkte.

3.4 GELRE

Ten behoeve van het Gelders bodemmeetnet is het model GELRE ontwikkeld, een zogenaamd meta-model dat is gebaseerd op regressie-analyse van berekeningsresultaten van een drietal onderling verwante modellen (SEKTRAS, STRASS en MOHOC). GELRE is op dit moment volledig ontwikkeld voor nutriënten (via SEKTRAS); uitbreiding voor zware metalen en organische microverontreinigingen via respectievelijk STRASS en MOHOC vindt op dit moment plaats.

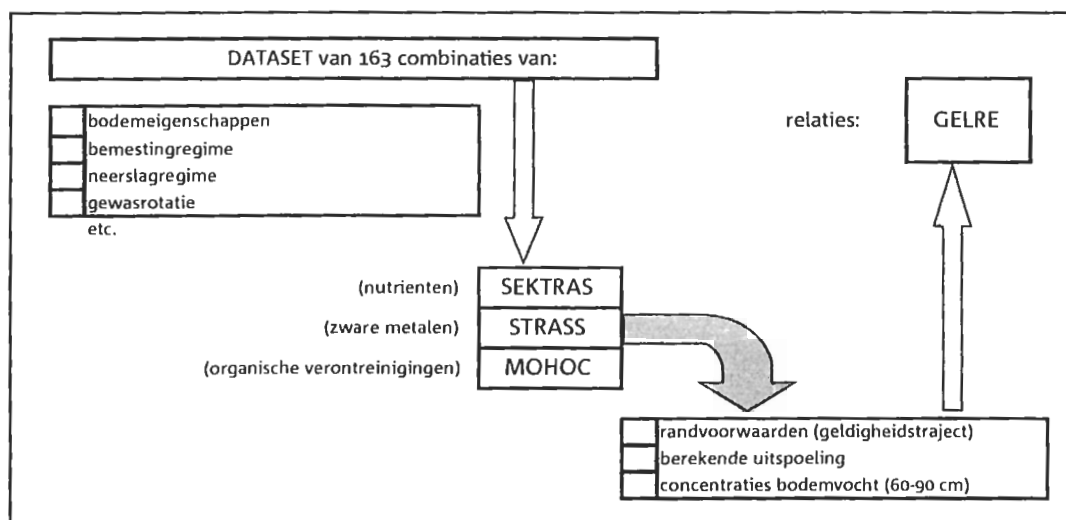
In figuur 1 is de onderlinge relatie tussen SEKTRAS, STRASS en MOHOC enerzijds en GELRE anderzijds schematisch weergegeven.

Berekeningen met SEKTRAS werden uitgevoerd voor bodems met een grote variatie van combinaties van bodemeigenschappen, temperatuur, bemestingregime, neerslag en gewassen; in totaal zijn 163 combinaties doorgerekend. Hiermee wordt een databestand gecreëerd van randvoorwaarden (zoals temperatuur en neerslag), berekende uitspoeling en concentraties in de bodem tussen 60 en 90 cm diepte op 1 maart, het begin van het groeiseizoen. Vervolgens is met behulp van regressie gezocht naar relaties waarmee de uitspoeling kan worden voorspeld. De relaties in het model 'GELRE' simuleren dus SEKTRAS voor nutriënten (en later STRASS en MOHOC voor zware metalen en organische verontreinigingen). De relaties zijn op dit moment alleen met een hoge mate van betrouwbaarheid toepasbaar binnen de

variatie die voorkomt in de database van 163 doorgerekende combinaties (vergelijk tabel B1.3 in bijlage 1). Bij extreme klimatologische condities is de toepasbaarheid van GELRE dus beperkt door grotere onzekerheden als gevolg van de noodzaak van extrapolaties in plaats van interpolaties.

Naast het berekenen van de uitspoeling van nutriënten is ook gezocht naar relaties tussen de belasting enerzijds en randvoorwaarden en concentraties anderzijds. Hierdoor ontstaat een instrument waarmee (met name voor stikstof) de in het laatste jaar uitgevoerde bemesting kan worden teruggerekend uit de met het meetnet verkregen bodemvochtgegevens. Tenslotte is een relatie ontwikkeld die een verband beschrijft tussen de randvoorwaarden (temperatuur, neerslag), bodemkenmerken (m.n. organisch stof gehalte), concentratie stikstof in het bodemvocht en de voorraad anorganisch stikstof in de bodem (zgn. N-mineraal).

Hierna volgt een korte beschrijving van de modellen SEKTRAS, STRASS en MOHOC, waarmee de berekeningen zijn of worden uitgevoerd die leiden tot de definitie van GELRE. Voor een uitgebreide beschrijving van het model-instrumentarium zij verwezen naar bijlage 1. Voor STRASS en MOHOC zijn in bijlage 1 ook rekenvoorbeelden gegeven ter illustratie van de mogelijkheden van beide modellen bij toekomstige interpretatie van meetgegevens van het Gelders bodemmeetnet.



Figuur 1 GELRE als resultaat van berekeningen met SEKTRAS (en STRASS en MOHOC) met 163 sterk uiteenlopende bodem-bodemgebruik-meteorologie combinaties

SEKTRAS

Het model SEKTRAS berekent de concentraties van chemische stoffen in het bodemvocht. Het model is gekoppeld aan een hydrologisch model en is voorzien van subroutines voor 'verdwijnsfuncties' als gewasopname, microbiële omzettingen en irreversibele vastlegging aan de bodem. Hiermee is het ook geschikt gemaakt voor het voorspellen van uitspoeling.

Het model SEKTRAS is ontstaan uit het chemische evenwichtsmodule van het rekenprogramma CHARON, dat rond 1990 werd ontwikkeld bij het Waterloopkundig Laboratorium te Delft. Het model SEKTRAS berekent de chemische vorm(en) waarin een bepaalde stof in de bodem voorkomt. SEKTRAS gaat hierbij uit van een complexe interactie van fysisch-chemische evenwichten. Deze fysisch-chemische evenwichten beschrijven uitwisselingsprocessen tussen de vaste en vloeibare fase en ook in de vloeibare fase zelf. Op deze manier kan de concentratie van een bepaalde stof in het bodemvocht worden berekend indien de globale samenstelling van de bodem bekend is. De berekening wordt nauwkeuriger naarmate de bodemsamenstelling meer in detail bekend is. Voor de bij het Gelders bodemmeetnet gestelde doelen worden voldoende nauwkeurige resultaten verwacht indien de meest essentiële bodemparameters bekend zijn (kleigehalte, gehalte organische stof, pH etc.).

Het kunnen berekenen van gehalten in het bodemvocht is een belangrijke eerste voorwaarde om ecologische effecten van stoffen op langere termijn te kunnen voorspellen. Hoewel het een belangrijke eerste voorwaarde is, is de berekening van concentraties in het bodemvocht op zich niet voldoende om andere belangrijke aspecten van de bodemkwaliteit te kunnen voorspellen: stikstof-uitspoeling, accumulatie van fosfaat en zware metalen etc.

Om dit toch mogelijk te maken is het nodig het model uit te breiden met een aantal additionele modules:

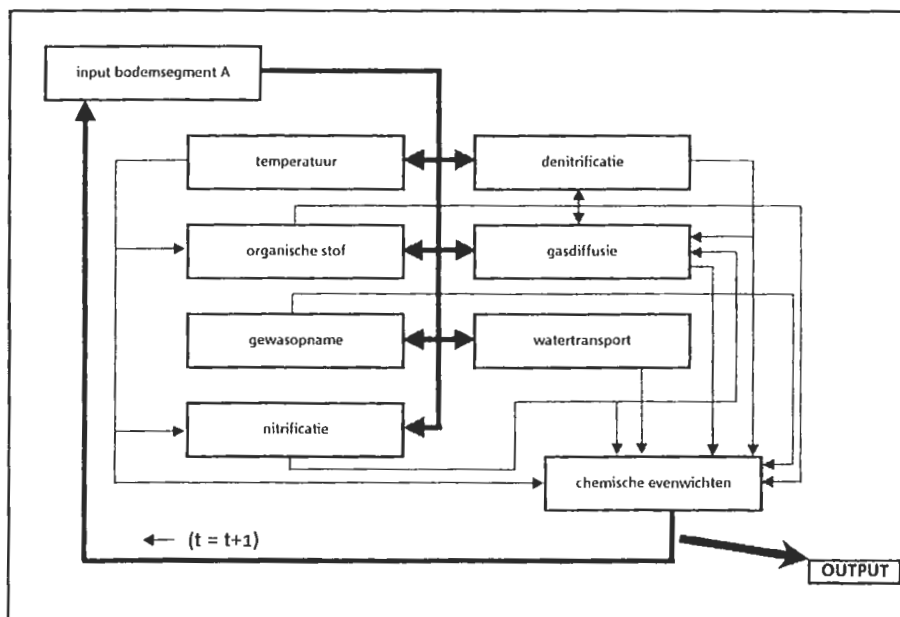
- *Een hydrologisch model*
Deze module berekent de waterbalans van de bodemkolom op basis van dagelijkse neerslag- en temperatuurgegevens en beschrijft het *watertransport* in de bodem. De module bevat een functie voor de verdamping van water door gewassen en een functie voor fysische verdamping gebaseerd op een functie voor het modelleren van de *temperatuur* in de bodem. Een dergelijk hydrologisch model is in staat om samen met het chemisch evenwichtsmodel SEKTRAS het uitspoelingsgedrag te simuleren in een bodemkolom met een goed gedefinieerde bodemfysische structuur.
- *Specifieke modules voor SEKTRAS*
Om SEKTRAS aan te passen voor gebruik ten behoeve van het Gelders bodemmeetnet dienen, naast de puur chemische evenwichtsrelaties, specifieke modelfuncties aan SEKTRAS te worden gekoppeld. Deze functies zijn met name noodzakelijk om het gedrag te kunnen beschrijven van stoffen, die in de bodem kunnen worden omgezet of uit de bodem worden afgevoerd:

➤ *Microbiële processen*

Met name van belang zijn de afbraak van *organische stof* (en dus bijvoorbeeld ook het mineraliseren van organisch gebonden stikstof en fosfor), *nitrificatie* (de omzetting van ammonium in nitraat) en *denitrificatie* (de omzetting van nitraat in stikstofgas en lachgas). Voor het modelleren van deze gasvormige verbindingen en om zuurstof-diffusie te kunnen beschrijven is tevens een *gasdiffusiefunctie* opgesteld.

➤ *Gewasopname*

Met name voor nutriënten is de opname door het gewas een kwantitatief belangrijke ‘verdwijnfunctie’, die daarom ook in het model is opgenomen.



Figuur 2 Stroom-schema voor het model SEKTRAS

In figuur 2 is een 'stroom-schema' van het model SEKTRAS weergegeven. Eerst wordt de gehele bodemkolom geïnitieerd. Dit behelst o.a. het vaststellen van de chemische samenstelling van ieder segment van de bodemkolom. Vervolgens worden de belasting (neerslag, bemesting etc.) en andere randvoorwaarden voor de eerste tijdsstap gelezen. Vanuit deze 'input' met tijdsafhankelijke gegevens worden alle zeven hulp-modules (temperatuur, organische stof, gewasopname, nitrificatie, denitrificatie, gasdiffusie, watertransport) gevoed met informatie, waarmee zij kunnen gaan rekenen. De output van deze zeven modules leveren de *veranderingen in de massabalansen van alle gemodelleerde stoffen* gedurende de vooraf ingestelde tijdstap en in elk segment van de bodem. Bovendien levert een aantal modules inputgegevens voor andere modules, waardoor de volgorde van de geactiveerde modules niet geheel toevallig is. Zo moet eerst het nieuwe temperatuurprofiel berekend worden voordat de afbraak van organische stof kan worden gesimuleerd. De veranderingen in de massabalansen van de gemodelleerde stoffen dienen als input voor *chemisch evenwicht* berekeningen. Nadat op basis van chemisch evenwicht berekeningen een nieuwe

samenstelling voor bodem + bodemvocht in de hele kolom is vastgesteld, wordt (indien gewenst) output gegenereerd. De door SEKTRAS gehanteerde tijdstap is 1 etmaal (24 uur).

Uiteindelijk worden twee soorten modelresultaten verkregen:

- Een *uitgebreide file* met concentraties van de bestudeerde componenten in alle bodemsegmenten op alle van tevoren gedefinieerde tijdstippen.
- Een *'executive file'* waarin de totale input, uitspoeling, gewasopname, afbraak en samenstelling van bodem en bodemvocht aan het einde van de gemodelleerde periode wordt weergegeven.

Daarnaast wordt een file gegenereerd, waarin de inputgegevens zijn opgeslagen voor de onafhankelijk van SEKTRAS opererende modellen STRASS en MOHOC, die speciaal zijn ontwikkeld voor resp. het beschrijven van het gedrag van zware metalen en het beschrijven van organische microverontreinigingen in bodems.

STRASS

Het model STRASS berekent transport en 'speciatie' van zware metalen in het bodemvocht. Dit wil zeggen dat STRASS het mogelijk maakt om onderscheid te maken tussen de verschillende chemische vormen waarin zware metalen in het bodemvocht voorkomen. Dit bepaalt vervolgens in belangrijke mate het uitspoelingsgedrag van de zware metalen.

De inputgegevens voor STRASS, gegenereerd door SEKTRAS, betreffen met name bodemkenmerken alsmede de pH, de ionsterkte en de calciumconcentratie in het bodemvocht. Het model STRASS gebruikt deze gegevens om de speciatie van zware metalen in het bodemvocht te berekenen. Speciatie houdt in: het onderscheid maken tussen verschillen chemische vormen ('species') waarin de zware metalen in het bodemvocht voorkomen. Dit betekent bijvoorbeeld het onderscheid maken tussen 'vrij' opgeloste zware metaal-ionen en zware metaal-ionen die ook in oplossing voorkomen, maar dan geassocieerd met grote organische moleculen, zoals humuszuren. STRASS koppelt vervolgens deze speciatiemodule met een adsorptiemodel om zo een volledige beschrijving te kunnen geven van de gecompliceerde uitwisseling van zware metalen tussen de vaste fase in de bodem en het bodemvocht. Bij het adsorptiemodel wordt gebruik gemaakt van bij Alterra ontwikkelde *transfer functies*. Met deze functies kan het adsorptiegedrag van verschillende zware metalen voor een wijde variatie in bodemkenmerken op adequate wijze beschreven worden.

STRASS is in staat om dezelfde soort modelresultaten te leveren als SEKTRAS, doordat het gebruik maakt van alle veranderingen zoals deze met SEKTRAS berekend zijn. Daarnaast is voorondersteld dat het gedrag van de zware metalen geen invloed uitoefent op het macro-chemische systeem dat met SEKTRAS wordt uitgerekend. Hierdoor kan met één (arbeidsintensieve en tijdrovende) SEKTRAS berekening een groot aantal STRASS scenario's worden doorgerekend.

Het model STRASS dient als basis voor het verder versimpelde model MOHOC dat het gedrag van organische verontreinigingen in de bodem beschrijft teneinde uitspoeling en veranderingen in biologische beschikbaarheid te kunnen voorspellen.

MOHOC

Het model MOHOC kwantificeert de verschillende chemische vormen waarin matig oplosbare organische microverontreinigingen in het bodemvocht voorkomen. Dit bepaalt vervolgens in belangrijke mate het uitspoelingsgedrag van deze verbindingen (PAK, pesticideresiduen etc.).

MOHOC kan worden beschouwd als een aangepaste en in vele opzichten versimpelde versie van STRASS. MOHOC is zo geconstrueerd dat het eenvoudig als sub-model kan worden gekoppeld aan een complex watertransport model (ontwikkeld op Rothamsted Experimental Station in Engeland). Op deze manier kan uitspoeling worden gesimuleerd. Het model is in een eerste versie rond 1996 ontwikkeld voor een EU-gefinancierd project en vervolgens verbeterd in het kader van meer recente EU-gefinancierde projecten.

MOHOC leidt voor slecht in water oplosbare organische verbindingen tot eenvoudiger beschrijvingen dan het oorspronkelijke model STRASS dat doet voor zware metalen. Het verschil is gelegen in het feit, dat organische verbindingen in hun gedrag vrijwel uitsluitend worden beïnvloed door de organische stof en in (zeer veel) mindere mate door kleideeltjes. Bij zware metalen en niet bij organische microverontreinigingen spelen daarnaast ook ijzer en aluminium oxides, kation uitwisselingscapaciteit (CEC) en pH een belangrijke rol. Ook gewasopname speelt bij organische verontreinigingen nagenoeg geen rol.

Het belangrijkste onderdeel van MOHOC is een module om de concentratie opgelost organisch materiaal ([DOC]) in bodemvocht te berekenen op basis van algemene bodemparameters. DOC bepaalt in belangrijke mate de aanwezigheid van organische verontreinigingen in het bodemvocht. Zo kan de concentratie van DDT in het bodemvocht toenemen tot circa 1 mg L⁻¹ bij 100 mg DOC L⁻¹, terwijl de nominale oplosbaarheid in water nagenoeg nihil is. Een goede modelbeschrijving voor het ontstaan van DOC uit bodemorganische stof is dus een absolute voorwaarde voor een adequate modelbeschrijving.

Naast de module voor de vorming van DOC is ook de associatie van de organische verontreiniging met organische stof (zowel organische stof in de vaste fase als DOC) essentieel. Deze wordt bepaald door associatieconstanten, die vaak weer zijn afgeleid van zogenaamde K_{ow} waarden (octanol-water partitie-coëfficiënten).

Indien deze beide modules worden gekoppeld aan het water transport model, is een goede voorspelling van met name het uitspoelingsgedrag van de organische verontreiniging mogelijk. In de modelbeschrijving is ook nog een aantal pro forma 'verdwijf-functies' geïntroduceerd: microbiële afbraak, gewasopname, verdamping.

4 Resultaten Gelders bodemmeetnet 1997-1999

4.1 Inleiding

Alle meetresultaten zijn weergegeven in bijlagen, maar daarnaast ook op het niveau van 'clusters' in tabelvorm in de hoofddekst samengevat. Verder concentreert dit hoofdstuk zich vooral op het beantwoorden van de vraag hoe het met de bodemkwaliteit in het landelijke gebied in de provincie Gelderland is gesteld. Dit gebeurt, wederom op het niveau van geclusterde analyseresultaten, door vergelijking met streefwaarden, interventiewaarden en overige relevant geachte normen. Hiermee wordt de nitgangssituatie voor het Gelders bodemmeetnet vastgelegd, hetwelk het belangrijkste doel van deze rapportage is. De bodemkwaliteit wordt ook weergegeven in een aantal bodemkaarten. Naast het vaststellen van de nitgangssituatie met betrekking tot de bodemkwaliteit in Gelderland wordt ook aandacht besteed aan mogelijk significante regionale verschillen (mede met behulp van visualisering door bodemkaarten) en worden toekomstige ontwikkelingen voorspeld op basis van modelberekeningen met GELRE. Beide laatste doelstellingen van het Gelders bodemmeetnet zullen in latere rapportages meer aandacht krijgen omdat dan meerdere bemonsteringsjaren kunnen worden vergeleken.

In bijlage 2 zijn alle individuele meetresultaten weergegeven, met uitzondering van de duplo-waarden van elke meting:

- Bijlage 2a geeft de meetresultaten voor alle bodemmonsters uit de bemonsteringscampagnes 1997, 1998 en 1999. Dit betreft de laag 0-25 cm in 1997 en 1998 en de laag 0-10 cm in 1999. Voor kwik en arseen kon voor een aanzienlijk aantal percelen geen betrouwbaar gehalte worden verkregen. Debet hieraan zijn met name de hoge bepalingsgrenzen voor deze bepalingen.
- Bijlage 2b bevat de meetresultaten voor het bodemvocht op een diepte van 60-90 cm (droge zandakkers en naaldbossen) en het bovenste grondwater (natte graslanden) in 1997 en 1999.

De individuele meetresultaten zijn geclusterd in zes regio-gerelateerde groepen door samenvoeging van onderling vergelijkbare gebieden. De reden voor deze clustering is de aanname dat veranderingen in de periode tussen bemonsteringen waarschijnlijk pas significant zijn wanneer telkens het gemiddelde van minstens 10 waarnemingen per landgebruiktype wordt vergeleken. Clustering biedt tevens het voordeel dat rapportage overzichtelijker wordt. De wijze van clustering is weergegeven in tabel 3, waarbij de clusters 4 en 6 niet bestaan uit Gelderse milieu-actiegebieden en de overige clusters wel.

Tabel 3 Clustering meetresultaten Bodemmeetnet

Gebied:					
1		NOORDWEST VELUWE	2	4	4
2		NOORDELIJKE GLV	2	4	4
5		ZUIDWEST VELUWE	2	3	4
	Cluster 1	WESTELIJKE ZAND ACTIEGEBIEDEN	6	11	12
3		NOORDOOST VELUWE	2	4	4
4		NOORD VELUWE	2	4	4
6		ZUIDOOST VELUWE	2	4	4
	Cluster 2	CENTRALE ZAND ACTIEGEBIEDEN	8	12	12
7		KEPPEL	3	2	3
8		GRAAFSCHAP	4	4	4
11		GROESBEEK		4	
12		NEEDE		3	3
13		WINTERSWIJK		3	4
	Cluster 3	OOSTELIJKE ZAND ACTIEGEBIEDEN	7	16	14
9		ACHTERHOEK	4	4	4
10		VELUWE	6	7	8
	Cluster 4	OVERIG ZANDGEBIED	10	11	12
14		SINT ANDRIES			
15		GELDERSE POORT		2	11
	Cluster 5	KLEI ACTIEGEBIEDEN	7	16	14
16		RIVIERENGEBIED			10
	Cluster 6	OVERIG KLEIGEBIED			10
			NAALDBOS	GRASLAND	ZANDAKKER
					KLEIAKKER

Uit tabel 3 blijkt dat het streven naar telkens minstens 10 percelen per landgebruiktype haalbaar is voor grasland, zandakkers en kleiakkers, maar dat voor naaldbossen soms slechts 6 percelen beschikbaar bleken. De beide zandakker percelen in cluster 6 zijn bij de clustering overigens meegenomen in cluster 5. In de volgende paragrafen (4.2 tot en met 4.4) zullen de resultaten worden besproken op basis van een aantal globale beleidsrelevante vragen.

Deze vragen zijn de volgende:

I Hoe staat het op dit moment (1997-1999) met de bodemkwaliteit in de provincie Gelderland?

Deze vraag zal worden beantwoord door een samenvatting te geven van de analyseresultaten voor de oppervlakkig genomen monsters (0-25 cm voor 1997 en 1998 en 0-10 cm voor 1999). Weergave vindt plaats in tabellen op het niveau van de hierboven genoemde clusters. Voor zware metalen en organische verontreinigingen volgt dan een beschouwing waarbij de gevonden gemiddelde waarden worden vergeleken met streefwaarden en interventiewaarden. Voor elk individueel perceel is deze vergelijking ook gemaakt en ondergebracht in bijlagen.

II Zijn er regionale verschillen in bodemkwaliteit waar te nemen in Gelderland?

Alle in deze rapportage opgenomen tabellen en figuren vatten de meetgegevens samen op het niveau van gebiedsclusters en landgebruikvormen. Hierdoor geven deze tabellen op zich reeds een beeld van regionale spreiding in belasting met nutriënten en zware metalen. Een overzicht van de meest in het oog springende regionale verschillen wordt verder geïllustreerd door twee bodemkaarten, die de spreiding van cadmium en van de fosfaatverzadigingsgraad in de provincie zichtbaar maken.

III Zijn er ontwikkelingen in de tijd in de bodemkwaliteit in Gelderland te constateren?

Het hier gerapporteerde onderzoek geeft in de eerste plaats een beeld van de huidige belasting van de Gelderse bodem met nutriënten, zware metalen en organische verontreinigingen. Veranderingen in gehalten, die mogelijkwerwijze statistisch verantwoord geïnterpreteerd kunnen worden, zijn eerst voorhanden bij de volgende analyse van totaalgehalten, omstreeks 2005. Jaarlijks worden echter ook gehalten in het bodemvocht gemeten, die bij de juiste correctie voor klimaatinvloeden, wel op een kortere termijn kunnen leiden tot het vaststellen van veranderingen in gehalten in het bodemvocht. Dergelijke veranderingen vormen een aanwijzing voor veranderingen in de biologische beschikbaarheid van de bestudeerde componenten en derhalve voor ontwikkelingen in risico's op uitspoeling, doorvergiftiging in voedselketens, gewasopname etc. Om een inschatting te kunnen maken van dergelijke ontwikkelingen in de periode 1997-1999 is voor nutriënten het model GELRE toegepast en zijn de resultaten samengevat weergegeven. Een vergelijking tussen 1997 en 1999 bleek voor zware metalen niet goed mogelijk, omdat de methode voor het verkrijgen van bodemvocht tussentijds is gewijzigd, zodat resultaten moeilijk vergelijkbaar zijn.

4.2 Hoe staat het met de bodemkwaliteit in Gelderland?

Deze paragraaf begint met enige algemene conclusies als beantwoording van de in de titel gestelde vraag. Daarna wordt eerst op het niveau van de clusters de kwaliteit van de bodem vastgelegd. Dit is de 'nulmeting' waaraan de metingen in de komende jaren zullen worden getoetst. Vervolgens worden door vergelijking met streefwaarden, interventiewaarden en overige relevante normen de algemene conclusies geïllustreerd door middel van grafieken en tabellen. Ook de samenstelling van het bodemvocht en van het bovenste grondwater wordt in deze paragraaf besproken en vergeleken met normen van verschillende origine.

4.2.1 Enige algemene conclusies

- In het algemeen kan worden gesteld dat de situatie met betrekking tot de zware metalen in de bodem van het Gelderse buitengebied bepaald niet zorgwekkend

kan worden genoemd. Dit is ook zo indien wordt vergeleken met overige provincies. Streefwaarden worden slechts zelden overschreden.

- Voor organische verontreinigingen (pesticideresiduen, PAK) wordt in een aanzienlijk aantal gevallen de streefwaarde overschreden. Deze overschrijding kan zeer groot zijn, waarbij echter wel moet worden aangetekend dat voor deze veelal xenobiotische stoffen de streefwaarden voor de bodem zijn gedefinieerd in de buurt van de detectielimiet. Streefwaarden zijn dus zeer laag. Het valt op dat met name het niveau van DDT en zijn metabolieten hoog is op landbouwgronden (zowel kleiakkers als zandakkers) terwijl HCHs (lindaan) en Drins (Dieldrin, Aldrin, Endrin) voornamelijk op kleiakkers worden aangetroffen. Weinig van dergelijke pesticideresiduen worden aangetroffen in natte graslanden en naaldbossen. Dit houdt verband met een minder breed gebruik van deze stoffen op graslanden en met name ook in bossen. Het resultaat toont overigens aan dat residuen van deze reeds geruime tijd geleden verboden chemische stoffen nog zeer lang aanwezig kunnen blijven in de bodem.
- Zoals verwacht liggen de gehalten aan de zware metalen cadmium, koper en zink in de bodem op een veel hoger niveau op bouwland (zandakkers zowel als kleiakkers) en grasland dan in naaldbossen. Incidenteel worden weliswaar op perceelsniveau waarden aangetroffen die aanzienlijk boven de streefwaarde liggen, maar gemiddeld per cluster wordt voor geen enkele vorm van landgebruik voor zware metalen de streefwaarde overschreden. Bij lood, arseen en kwik worden geen grote verschillen aangetroffen tussen de onderscheiden landgebruiksvormen. De hoge gehalten aan cadmium (en in mindere mate zink) zijn een gevolg van het langdurig gebruik van fosfaat kunstmeststoffen, die van nature zijn verontreinigd met cadmium en zink. De hoge gehalten aan koper zijn veroorzaakt door het gebruik van varkensdrijfmest dat hoge kopergehalten bevatte als gevolg van het gebruik van koperverbindingen als groeistimulanten bij varkens.
- De gehalten aan zware metalen in het bodemvocht (zandakkers, naaldbossen) dan wel in het bovenste grondwater (natte graslanden) zijn niet zodanig dat er sprake is van grote ecologische risico's. Het feit echter dat incidenteel de interventiewaarde voor grondwater wordt overschreden, leidt wel tot de conclusie dat dergelijke verhoogde gehalten in bodemvocht en bovenste grondwater toch een risico op uitspoeling inhouden dat uiteindelijk kan leiden tot milieu-problemen. Indien landbouwgronden met een hoog niveau van belasting met sommige zware metalen uit productie worden genomen in het kader van natuurontwikkeling zullen na een aantal jaren ernstige problemen met de grondwaterkwaliteit ontstaan.
- De gehalten aan aluminium in het bodemvocht zijn in een aantal gevallen zeer hoog, met name indien de bemonsterde laag van 60-90 cm diepte zuur is. Grondwaternormen voor aluminium bestaan niet, maar onder bijna alle onderzochte percelen wordt de huidige drinkwaternorm overschreden, soms in hoge mate.
- Geheel conform de verwachtingen is de P-verzadigingsgraad tamelijk hoog voor nat grasland (gemiddeld 39%, weinig verschillen tussen gebieden) en voor zandakkers met mais (gemiddeld 52%, ook hier weinig verschillen tussen gebieden), dit in schril contrast met de bodem onder naaldbossen.

4.2.2 Samenvatting meetresultaten 1997-1999

De tabellen 4a en 4b bevatten de op clusterniveau samengevatte meetgegevens betreffende de totaalgehalten van respectievelijk zware metalen en organische microverontreinigingen in de bodem (*nulwaarden*). Zoals eerder vermeld, zijn in de bijlage 2a alle resultaten op perceelsniveau weergegeven. In tabel 4a en tabel 4b worden slechts de geclusterde resultaten gegeven die betrekking hebben op de bemonstering van de bovenste 10 cm van natte graslanden en naaldbossen of van de bovenste 25 cm van geploegde zandakkers en kleiakkers. Dit betekent dat:

- Voor zandakkers en kleiakkers alle weergegeven bodemparameters zijn bepaald op basis van bemonstering en analyse in 1997 (anorganische parameters) en 1998 (organische verontreinigingen). Dit geldt niet voor de bepaling van de P-verzadiging en onderliggende parameters (oxalaat-extraheerbaar Fe, Al en P), die zijn gebaseerd op de resultaten van de bemonstering en analyse van 1999.
- Voor natte graslanden en naaldbossen alle weergegeven bodemparameters zijn bepaald op basis van bemonstering en analyse in 1999.

Deze keuze is gemaakt om de 'uitgangssituatie' van het Gelders Bodemmeetnet goed te definiëren op basis van bemonstering van de bovenste 10 cm grond. Aangezien in geploegde gronden de bovenste 25 cm frequent worden gemengd zullen de gehalten in de bovenste 10 cm nagenoeg gelijk zijn aan de gehalten in de bovenste 25 cm.

Die keuze heeft echter consequenties:

- Organische verontreinigingen alsmede kwik en arseen zijn in 1999 niet bepaald en ontbreken derhalve bij het definiëren van de 'uitgangssituatie' voor natte graslanden en naaldbossen, aangezien de resultaten voor 1998 niet relevant zijn (bovenste laag van 25 cm bemonsterd). Dit geldt tevens voor de bepaling van de CEC, totaal stikstof en totaal fosfor in deze bodems.
- Als gevolg van te hoge bepalingsgrenzen zijn voor veel monsters van zandakkers en kleiakkers geen getallen verkregen voor kwik, arseen en organische verontreinigingen.

Het open laten van plaatsen in tabel 4a betekent, dat er geen analyse is uitgevoerd of dat gehalten onder de detectielimiet zijn gevonden (dit laatste in het geval van de bepaling van het percentage kalk). Tevens moet worden opgemerkt dat de clustergemiddelden voor de organische verontreinigingen (tabel 4b) slechts zeer beperkte waarde hebben. Veelal zijn binnen een cluster veel metingen verricht waarbij gehalten onder de detectielimiet werden geconstateerd (vgl. bijlage 2a). Om deze reden zijn er vele open gelaten plaatsen in de tabel en zijn waarnemingen voor naaldbossen en natte graslanden niet in de tabel weergegeven omdat er behalve PAK vrijwel geen andere organische verontreinigingen zijn gevonden. In veel gevallen zijn de gemiddelden sterk beïnvloed door een of meer extreme waarnemingen op perceelsniveau (vgl. bijlage 2a); de waarde van dergelijke extremen is waarschijnlijk beperkt in het kader van een bodemmeetnet, bijvoorbeeld indien deze worden veroorzaakt door een 'tijdelijke puntbron' of lozing in het verleden.

Tabel 4a Geclusterde gehalten in de bodem ten behoeve van de bepaling van de uitgangssituatie van de bodemkwaliteit in Gelderland. Anorganische parameters, zware metalen en nutriënten.

nat grasland																			
	pH-	kalk	lutum	CEC	Pw	P-AL	P	N	OS	Al	Fe	P	P-verz.	Cd	Cu	Pb	Zn	Hg	As
	KCl	%	%	cmol/kg	mg P2O5/l	mg P2O5/100g	total in %	total in %	%	mmol/kg	mmol/kg	mmol/kg	%	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
westelijke zand actiegebieden	5.2		2.5		58.2	64.6			6.9	23.9	34.0	12.2	49	0.27	13.4	14.3	38.1		
centrale zand actiegebieden	4.9		2.9		43.1	45.7			6.7	24.5	34.8	9.1	32	0.28	10.3	16.1	31.0		
oostelijke zand actiegebieden	5.2		3.8		40.5	39.1			4.5	27.5	30.3	7.6	28	0.31	12.5	15.0	37.4		
overig zandgebied	5.5		4.1		63.2	67.9			5.0	20.6	36.5	11.9	47	0.29	15.5	14.8	42.7		
klei actiegebieden																			
overig kleigebied																			
GEMIDDELD:	5.2		3.3		51.3	54.3			5.8	24.1	33.9	10.2	39	0.29	12.9	15.1	37.3		
naaldbossen																			
	pH-	kalk	lutum	CEC	Pw	P-AL	P	N	OS	Al	Fe	P	P-verz.	Cd	Cu	Pb	Zn	Hg	As
	KCl	%	%	cmol/kg	mg P2O5/l	mg P2O5/100g	total in %	total in %	%	mmol/kg	mmol/kg	mmol/kg	%	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
westelijke zand actiegebieden	3.5		1.3		19.7	4.3			2.8	36.3	16.8	2.2	7	0.06	3.7	14.9	9.9		
centrale zand actiegebieden	3.4		2.2		17.8	5.8			2.9	25.1	15.4	1.3	6	0.08	2.6	11.8	7.2		
oostelijke zand actiegebieden	3.4		1.7		20.0	5.8			2.4	35.9	16.0	3.2	13	0.05	3.4	18.8	11.0		
overig zandgebied	3.3		1.5		10.5	1.6			2.4	29.6	13.2	0.7	3	0.05	3.0	12.2	7.0		
klei actiegebieden																			
overig kleigebied																			
GEMIDDELD:	3.4		1.7		17.0	4.4			2.6	31.7	15.4	1.8	7	0.06	3.2	14.4	8.8		
kleiakkers																			
	pH-	kalk	lutum	CEC	Pw	P-AL	P	N	OS	Al	Fe	P	P-verz.	Cd	Cu	Pb	Zn	Hg	As
	KCl	%	%	cmol/kg	mg P2O5/l	mg P2O5/100g	total in %	total in %	%	mmol/kg	mmol/kg	mmol/kg	%	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
westelijke zand actiegebieden																			
centrale zand actiegebieden																			
oostelijke zand actiegebieden																			
overig zandgebied																			
klei actiegebieden	7.2	3.1	26.2	24.4	39.4		0.097	0.181	4.0	33.7	61.9	14.7		0.45	28.5	39.6	119.0	0.12	11.5
overig kleigebied	6.9	1.8	19.9	17.5	87.4		0.100	0.120	2.7	25.4	42.6	16.9		0.41	22.5	29.3	83.9	0.06	9.9
GEMIDDELD:	7.1	2.5	23.0	20.9	63.4		0.066	0.150	3.3	29.5	52.2	15.8		0.43	25.5	34.4	101.5	0.09	10.7
zandakkers																			
	pH-	kalk	lutum	CEC	Pw	P-AL	P	N	OS	Al	Fe	P	P-verz.	Cd	Cu	Pb	Zn	Hg	As
	KCl	%	%	cmol/kg	mg P2O5/l	mg P2O5/100g	total in %	total in %	%	mmol/kg	mmol/kg	mmol/kg	%	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
westelijke zand actiegebieden	4.5		3.3	4.7	164.5		0.120	0.147	4.4	36.5	43.2	30.6	58	0.19	16.8	22.6	26.9	0.06	2.5
centrale zand actiegebieden	4.5		3.3	4.1	136.7		0.091	0.153	4.6	23.2	37.3	20.4	55	0.18	9.7	23.5	19.3	0.07	3.7
oostelijke zand actiegebieden	4.9	0.0	4.7	6.1	130.2		0.107	0.159	5.0	41.0	43.0	24.6	44	0.27	15.5	23.1	31.3	0.06	5.1
overig zandgebied	4.7		4.4	5.1	132.8		0.090	0.156	4.2	35.2	38.8	23.9	50	0.21	14.4	24.0	33.3	0.05	4.1
klei actiegebieden																			
overig kleigebied																			
GEMIDDELD:	4.6	0.0	3.9	5.0	141.0		0.082	0.154	4.5	34.0	40.6	24.9	52	0.21	14.1	23.3	27.7	0.06	3.9

Tabel 4b Geclusterde gehalten in de bodem ten behoeve van de bepaling van de uitgangssituatie van de bodemkwaliteit in Gelderland. Organische parameters.

alle in mg/kg	Naftaleen	Fenanthreen	Anthracen	Fluorantheen	Benzol(a)anthracen	Chryseen	Benzol(k)fluorantheen	Benzol(a)pyreen	Benzol(g,h,i)peryleen	Indeno(1,2,3-cd)pyreen	Totaal van 10 PAKs		
kleiakkers													
westelijke zand actiegebieden													
centrale zand actiegebieden													
oostelijke zand actiegebieden													
overig zandgebied													
klei actiegebieden	17.5	19.5	9.0	48.6	24.5	32.4	18.7	31.7	31.0	26.9	197.9		
overig kleigebied		40.8		44.3	30.0	33.1	22.2	27.5	23.6	31.0	176.1		
GEMIDDELD:	17.5	30.1	9.0	46.4	27.3	32.8	20.4	29.6	27.3	29.0	187.0		
zandakkers													
westelijke zand actiegebieden	46.8	38.6	12.0	54.5	31.4	45.5	26.0	29.4	35.2	40.3	240.4		
centrale zand actiegebieden	18.5	23.4		61.6	33.0	43.0	22.6	31.8	39.0	41.0	232.1		
oostelijke zand actiegebieden		36.9	7.5	68.0	28.1	45.2	22.1	36.7	39.4	39.9	284.5		
overig zandgebied	11.0	30.1	6.5	50.4	30.9	42.8	23.6	29.8	35.4	48.3	242.5		
klei actiegebieden													
overig kleigebied													
GEMIDDELD:	25.4	32.3	8.7	58.6	30.8	44.1	23.6	31.9	37.2	42.4	249.9		

alle in mg/kg	gamma-HCH	HCB	p,p'-DDE	o,p'-TDE	p,p'-TDE	Dieldrin	o,p'-DDT	p,p'-DDT	Endosulfansulfaat	Totaal-HCH	Totaal-Drins	Totaal-DDT	Chloorpyrofos
kleiakkers													
westelijke zand actiegebieden													
centrale zand actiegebieden													
oostelijke zand actiegebieden													
overig zandgebied													
klei actiegebieden	1.5	2.6	60.6		7.6		5.0	26.7		0.3		28.1	
overig kleigebied		1.2	63.0		11.7		4.4	22.7	12.0			54.8	
GEMIDDELD:	1.5	1.9	61.8		9.6		4.7	24.7	12.0	0.3		41.4	
zandakkers													
westelijke zand actiegebieden		2.8	3.0		1.7	9.8	5.5	17.8			5.0	13.9	24.5
centrale zand actiegebieden	2.6	2.3	6.4		7.6	5.1	6.1	24.6		0.5	0.9	30.0	68.0
oostelijke zand actiegebieden	24.0	4.0	5.5	1.4	6.2	4.0	5.9	29.9	16.3	8.3	1.9	34.3	
overig zandgebied	1.2	4.8	5.8	1.4	4.7	6.3	3.7	17.4	4.1	0.1	1.1	24.4	
klei actiegebieden							0.0						
overig kleigebied													
GEMIDDELD:	9.3	3.5	5.1	1.4	5.0	6.3	4.2	22.4	10.2	2.9	2.2	25.7	46.3

Tabel 5a Geclusterde gehalten in bodemvocht en bovenste grondwater in Gelderland. Bemonstering 1997

1997

nut grasland (peilbuisen)

pH	EC	TC	DOC	IC	Cl ⁻	N	NH ₄	NO ₃	P	PO ₄ -P	P _{org}	S	SO ₄	Al	Fe	Mn	Na	K	Ca	Mg	Cu	Zn	Cd	Pb	Ni	Cr	As
us	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
6.16	636	48.7	13.8	37.7	38.4	27.2	0.37	119.0	0.17	0.13	0.04	15.0	63.0	0.39	3.76	0.43	18.6	24.6	74.7	13.1	10.1	0.018	0.18	1.3			
6.19	431	38.7	12.7	26.3	24.1	14.4	0.41	62.0	0.13	0.10	0.04	20.3	66.4	0.62	4.55	0.65	11.8	12.4	64.5	9.3	5.5	0.032	0.27	1.6			
6.50	696	46.1	23.1	23.4	30.6	35.0	0.16	154.1	0.09	0.06	0.04	23.5	76.5	0.29	1.55	0.50	13.8	26.3	97.3	17.8	12.9	0.036	0.50	1.3			
6.50	778	72.3	22.6	50.5	42.4	16.7	0.83	70.2	0.09	0.06	0.03	24.9	107.9	0.18	6.46	1.07	19.4	30.0	115.1	16.9	9.6	0.019	0.10	1.3			
klei aangebieden																											
overig kleigebied																											
GEMIDDELD:	6.34	635	51.5	15.0	34.3	33.9	23.3	0.44	101.3	0.12	0.09	0.04	21.4	78.4	0.37	4.08	0.68	15.9	23.3	87.8	14.2	9.5	0.026	0.26	1.4		

naaldbossen (bodemvocht)

pH	EC	TC	DOC	IC	Cl ⁻	N	NH ₄	NO ₃	P	PO ₄ -P	P _{org}	S	SO ₄	Al	Fe	Mn	Na	K	Ca	Mg	Cu	Zn	Cd	Pb	Ni	Cr	As
us	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
4.63	226	18.5	18.4	0.1	33.3	17.5	5.25	54.4	0.03	0.01	0.02	8.6	31.3	1.45	0.09	0.44	10.5	6.8	5.9	1.8	12.3	0.158	2.32	18.0			
4.74	241	24.7	24.6	0.1	22.2	14.6	5.07	42.1	0.03	0.01	0.02	8.3	28.8	1.64	0.15	0.20	10.6	7.2	3.9	1.7	9.4	0.132	2.07	10.1			
4.65	376	19.7	19.4	0.2	22.4	20.4	5.78	64.7	0.03	0.01	0.02	19.6	53.4	2.56	0.10	2.49	16.0	11.3	32.0	5.0	15.1	0.413	5.16	13.3			
4.69	254	19.7	19.6	0.1	34.7	17.3	5.45	52.3	0.03	0.01	0.02	13.4	44.4	2.29	0.10	2.09	12.4	7.6	6.3	3.0	11.0	0.250	3.89	15.2			
klei aangebieden																											
overig kleigebied																											
GEMIDDELD:	4.68	274	20.7	20.5	0.1	23.1	17.4	5.39	53.4	0.03	0.01	0.02	12.3	38.5	1.99	0.11	1.50	12.4	8.2	7.0	2.5	12.0	0.235	3.36	14.1		

zandstokers (bodemvocht)

pH	EC	TC	DOC	IC	Cl ⁻	N	NH ₄	NO ₃	P	PO ₄ -P	P _{org}	S	SO ₄	Al	Fe	Mn	Na	K	Ca	Mg	Cu	Zn	Cd	Pb	Ni	Cr	As
us	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
5.00	597	68.7	68.6	0.2	21.2	49.7	4.19	201.7	0.86	0.71	0.15	11.3	40.9	1.72	0.89	0.71	8.8	43.2	38.6	9.4	32.3	0.165	1.11	9.7			
4.91	621	58.1	58.0	0.1	34.2	54.6	4.50	222.0	0.36	0.23	0.13	12.7	47.8	1.22	0.53	1.18	17.7	54.4	52.2	10.5	23.9	0.150	1.32	9.4			
4.90	593	36.1	36.0	0.1	17.8	53.6	4.75	216.4	0.10	0.04	0.06	15.5	64.5	1.11	0.25	0.31	10.3	27.2	51.6	13.0	28.9	0.124	1.65	10.2			
4.93	781	44.1	43.9	0.3	40.3	70.0	4.25	201.1	0.61	0.53	0.08	19.6	63.5	0.89	0.50	1.10	22.4	54.0	59.2	15.0	26.1	0.197	1.73	9.2			
klei aangebieden																											
overig kleigebied																											
GEMIDDELD:	4.94	645	51.5	51.6	0.2	28.4	57.6	4.42	220.5	0.48	0.35	0.10	14.8	54.2	1.24	0.54	1.24	14.5	44.7	50.4	12.0	27.5	0.159	1.45	9.6		

Tabel 5b Geclusterde gehalten in bodemvocht en bovenste grondwater in Gelderland. Bemonstering 1999

1999

nat grasland (peilbuizen)

pH	EC	TC	DOC	IC	Cl ⁻	N	NH ₄	NO ₃	P	PO ₄ -P	P _{org}	S	SO ₄	Al	Fe	Mn	Nu	K	Ca	Mg	Cu	Zn	Cd	Pb	Ni	Cr	As
μS	mgC/l	mgC/l	mgC/l	mgC/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
6,17	342	68,9	39,1	29,9	20,9	2,8	0,52	10,4	0,47	0,51	0,01	11,3	34,0	0,87	2,52	0,64	10,9	13,9	46,4	8,2	9,8	0,021	0,23	24,1	10,0	3,29	4,45
6,12	293	62,1	35,3	26,9	24,7	3,3	0,68	12,2	0,19	0,19	0,02	10,0	30,0	0,79	6,18	0,75	9,0	9,3	39,5	6,9	4,8	0,020	0,39	54,0	11,3	4,26	8,78
6,23	406	51,8	27,7	24,1	14,9	9,9	0,49	42,3	0,05	0,04	0,02	11,5	34,6	0,53	1,63	0,48	9,7	13,3	48,5	9,5	15,6	0,029	0,31	15,5	22,5	3,19	5,89
6,32	544	72,8	29,9	42,9	23,7	2,9	0,88	10,0	0,48	0,47	0,03	15,3	46,0	0,35	2,33	0,57	12,9	25,4	69,2	13,1	12,3	0,021	0,21	22,4	25,4	3,09	4,24
overig grasgebied																											
GEMIDDELD:																											
6,21	396	63,9	33,0	30,9	21,1	4,7	0,64	15,7	0,30	0,30	0,02	12,1	36,2	0,64	3,16	0,61	10,6	15,3	50,5	9,4	10,6	0,023	0,25	29,0	17,3	3,46	5,84

naaldbossen (bodemvocht)

pH	EC	TC	DOC	IC	Cl ⁻	N	NH ₄	NO ₃	P	PO ₄ -P	P _{org}	S	SO ₄	Al	Fe	Mn	Nu	K	Ca	Mg	Cu	Zn	Cd	Pb	Ni	Cr	As	
μS	mgC/l	mgC/l	mgC/l	mgC/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	
4,88	171	10,1	10,1	0,0	8,7	7,5	1,29	28,7	0,12	0,02	0,10	12,1	36,3	1,29	0,37	1,63	8,2	4,2	11,0	2,0	22,7	0	0,592	2,15	1,2	14,9	1,90	3,30
4,88	172	18,1	18,0	0,0	8,8	6,1	1,11	23,1	0,11	0,04	0,07	12,0	36,0	1,59	0,44	0,75	8,9	2,9	9,9	1,7	22,5	0	0,539	1,84	1,7	10,2	3,10	6,64
4,40	253	11,8	11,8	0,0	10,0	9,3	1,25	36,7	0,05	0,03	0,03	21,7	65,0	2,34	0,25	5,93	11,0	4,4	14,4	3,0	191,9	0	0,918	4,78	1,0	36,1	3,19	3,20
5,03	245	16,6	15,4	1,2	10,2	9,1	1,02	36,9	0,03	0,01	0,02	18,7	56,1	1,26	0,24	5,07	9,0	2,6	24,7	2,2	144,0	0	0,619	2,81	1,3	25,0	2,89	2,17
overig naaldbos																												
GEMIDDELD:																												
4,79	210	14,1	13,5	0,3	9,6	8,0	1,17	31,3	0,05	0,03	0,05	16,1	48,5	1,62	0,32	3,34	9,3	3,5	15,0	2,2	197,2	0	0,601	2,90	1,3	21,5	2,77	2,82

zandakkers (bodemvocht)

pH	EC	TC	DOC	IC	Cl ⁻	N	NH ₄	NO ₃	P	PO ₄ -P	P _{org}	S	SO ₄	Al	Fe	Mn	Nu	K	Ca	Mg	Cu	Zn	Cd	Pb	Ni	Cr	As	
μS	mgC/l	mgC/l	mgC/l	mgC/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	
5,22	250	78,0	77,9	0,2	10,7	16,8	0,43	73,0	1,18	0,72	0,48	7,6	22,9	2,17	1,75	0,44	6,0	19,8	23,0	4,4	328,6	0	0,352	0,37	1,2	7,9	4,50	4,21
5,36	340	88,5	87,8	0,7	13,0	25,4	0,65	110,1	0,95	0,46	0,50	9,5	28,5	3,63	2,66	0,71	7,3	39,3	25,2	4,6	359,2	0	0,295	0,52	3,5	10,2	9,04	4,32
5,14	341	44,9	44,5	0,5	7,6	26,3	0,45	114,7	0,16	0,09	0,12	13,9	41,8	0,89	0,59	0,34	6,8	16,3	33,3	6,4	289,2	0	0,380	0,36	0,6	5,0	3,08	0,93
5,30	306	63,4	62,4	1,0	9,4	20,6	0,82	88,2	0,64	0,34	0,31	12,1	36,3	1,34	2,03	0,44	6,8	20,5	22,2	4,6	338,9	0	0,249	0,40	1,0	5,4	3,07	2,08
overig zandgebied																												
GEMIDDELD:																												
5,25	395	65,7	65,2	0,6	10,2	22,3	0,59	96,5	0,73	0,40	0,35	10,5	32,4	2,01	1,76	0,48	6,7	26,2	23,9	5,0	359,0	0	0,319	0,41	1,6	7,1	5,07	2,45

Tabel 5 bevat de meetgegevens voor het bodemvocht en het bovenste grondwater (tabel 5a: 1997 en tabel 5b: 1999); een totaaloverzicht wordt gegeven in bijlage 2b. De resultaten voor het bodemvocht in de jaren 1997 en 1999 zijn slechts in beperkte mate onderling vergelijkbaar, gezien de verschillen in bemonsteringswijze. De argumenten voor deze verandering van bemonsteringsmethode zijn eerder aangegeven. De verschillen tussen 1997 en 1999 zijn het grootst voor sommige zware metalen (en vooral voor koper). In volgende jaren zal het bodemvocht in principe op dezelfde wijze worden bemonsterd als in 1999. De slechte onderlinge vergelijkbaarheid geldt overigens niet voor natte graslanden, waar in 1997 en in 1999 op dezelfde wijze werd bemonsterd en geanalyseerd.

4.2.3 Meetresultaten in relatie tot streefwaarden en interventiewaarden

4.2.3.1 Totaalgehalten zware metalen in de bodem

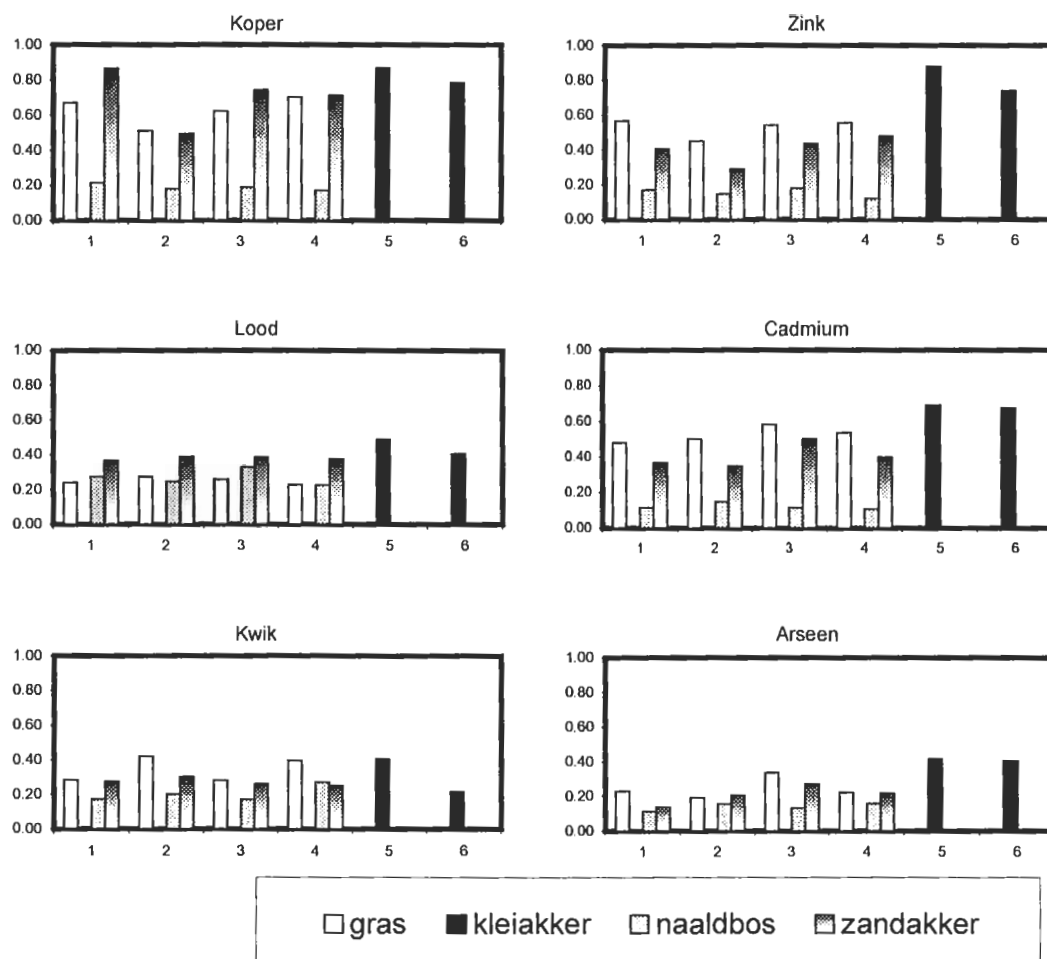
Om een eventuele overschrijding van de streefwaarden te constateren op perceelsniveau is het eerst noodzakelijk om de generieke streefwaarden, die zijn gedefinieerd voor een standaardbodem met 10% organische stof en 25% lutum, om te rekenen naar de *specifieke streefwaarde* voor het betreffende perceel.

Dit wordt gedaan met daarvoor ontwikkelde empirische formules, waarvan hieronder een voorbeeld wordt gegeven:

$$SW_{\text{actueel}} = SW * (A + B * \% \text{ lutum} + C * \% \text{ organische stof}) / (A + 25 * B + 10 * C)$$

SW is de officieel door de overheid voor elk individueel zwaar metaal vastgestelde streefwaarde voor standaardbodems met 25% lutum (= klei) en 10% bodem-organische stof. A, B en C zijn constanten die op basis van statistisch onderzoek naar achtergrondwaarden zijn vastgesteld voor een bepaald zwaar metaal. Streefwaarden en de bovengenoemde berekeningswijze inclusief constanten zijn het meest recent gepubliceerd in de Nederlandse Staatscourant van 24 februari 2000. Deze waarden zijn in deze rapportage gebruikt.

In bijlage 3a is voor de waarden die werden gevonden tijdens de meetcampagne 1997 de procentuele onder- dan wel overschrijding van de actuele (perceelspecifieke) streefwaarde SW_{actueel} weergegeven. De resultaten van bijlage 3a zijn op clusterniveau gemiddeld en weergegeven in figuur 3, waarbij de gehalten zijn weergegeven als fractie van de streefwaarden. Er blijkt duidelijk uit, dat op cluster-niveau en uitgesplitst naar landgebruikvorm in geen enkel geval streefwaarden worden overschreden (geen waarden >1). Voor koper, zink en cadmium worden streefwaarden voor landbouwgronden (graslanden, zand- en kleiakkers) wel benaderd en op perceelsniveau tamelijk frequent overschreden (bijlage 3a). Dit is een duidelijke weerslag van de belasting met koper (via dierlijke mest) en met cadmium (en zink) (via fosfaat-meststoffen).



Figuur 3 Gehalten aan zware metalen in de Gelderse bodem, weergegeven als fractie van de streefwaarde, gemiddeld per regio-gerelateerde clusters (conform tabel 3)

4.2.3.2 Gehalten zware metalen in bodemvocht of bovenste grondwater

Het is minder eenvoudig om de gevonden gehalten aan zware metalen in het bodemvocht (zandakkers, kleiakkers, naaldbossen) of het bovenste grondwater (peilbuisbemonstering natte graslanden) in een, algemeen door het beleid geaccepteerd, referentiekader te plaatsen. De meest voor de hand liggende optie is vergelijking met streefwaarden en interventiewaarden voor grondwater, zoals recentelijk gepubliceerd in de Staatscourant (februari 2000). Dit is redelijk aangezien een hoge concentratie in het bodemvocht, na uitspoeling, op termijn leidt tot verhoogde gehalten in het grondwater; vergelijking met deze waarden heeft dus de functie van een vroege signalering van (toekomstige) risico's.

In bijlage 3b zijn op perceelsniveau de overschrijdingen van streefwaarden en interventiewaarden voor grondwater weergegeven voor de resultaten van het meetjaar 1997. Zoals eerder opgemerkt is in 1999 een andere wijze van bodemvochtbemonstering geïntroduceerd die leidde tot sterk afwijkende resultaten ten opzichte van 1997 (en bij sommige zware metalen een veel vaker voorkomende overschrijding van streefwaarden en interventiewaarden). Dit hoeft overigens niet aan de wijze van bodemvocht bemonsteren te liggen; ook de extreme klimatologische omstandigheden in 1996/7 en 1998/9 kunnen er mee te maken hebben. Het feit dat ook voor natte graslanden (waar de bemonstering van het bovenste grondwater in beide jaren op dezelfde wijze is uitgevoerd) grote verschillen werden aangetoond, wijst in deze richting.

Uit bijlage 3b blijkt, dat streefwaarden voor de zware metalen Cu, Zn en Cd veelvuldig worden overschreden, met name in naaldbossen en zandakkers, en dat dit voor Pb minder frequent voorkomt. Voor Cu, Zn en Cd worden in een aantal gevallen zelfs lichte overschrijdingen van de interventiewaarden geconstateerd. Het verschil tussen grasland enerzijds en naaldbossen en zandakkers anderzijds houdt wellicht verband met de verschillen in bemonsteringswijze voor natte en droge bodems.

In tabel 6 zijn de overschrijdingen van de streefwaarden gegroepeerd op cluster-niveau, waarbij onderscheid wordt gemaakt tussen overschrijding van de streefwaarden en overschrijding van 50% van de interventiewaarden. Gemiddeld over clusters wordt nergens de interventiewaarde zelf overschreden.

Tabel 6 Overschrijding normen bovenste grondwater in monsters van het Gelders bodemmeetnet 1997, gemiddeld per cluster

streefwaarden:		15.0	0.065	0.4	15.0	0.2
interventiewaarden:		75.0	0.800	6.0	75.0	1.0
Cluster:		[Cu] ug/l	[Zn] mg/l	[Cd] ug/l	[Pb] ug/l	[Al] mg/l
1: westelijke zand actiegebieden	gras	10.1	0.018	0.2	1.3	0.4
2: centrale zand actiegebieden	gras	5.5	0.032	0.3	1.6	0.6
3: oostelijke zand actiegebieden	gras	12.9	0.036	0.5	1.3	0.3
4: overig zandgebied	gras	9.6	0.019	0.1	1.3	0.2
1: westelijke zand actiegebieden	naaldbos	12.3	0.158	2.3	18.0	1.5
2: centrale zand actiegebieden	naaldbos	9.2	0.138	2.2	10.1	1.6
3: oostelijke zand actiegebieden	naaldbos	15.1	0.413	5.2	13.3	2.6
4: overig zandgebied	naaldbos	11.0	0.250	3.9	15.2	2.3
1: westelijke zand actiegebieden	zandakker	32.3	0.165	1.1	9.7	1.7
2: centrale zand actiegebieden	zandakker	23.9	0.150	1.3	9.4	1.2
3: oostelijke zand actiegebieden	zandakker	28.9	0.124	1.6	10.2	1.1
4: overig zandgebied	zandakker	26.1	0.197	1.7	9.2	0.9



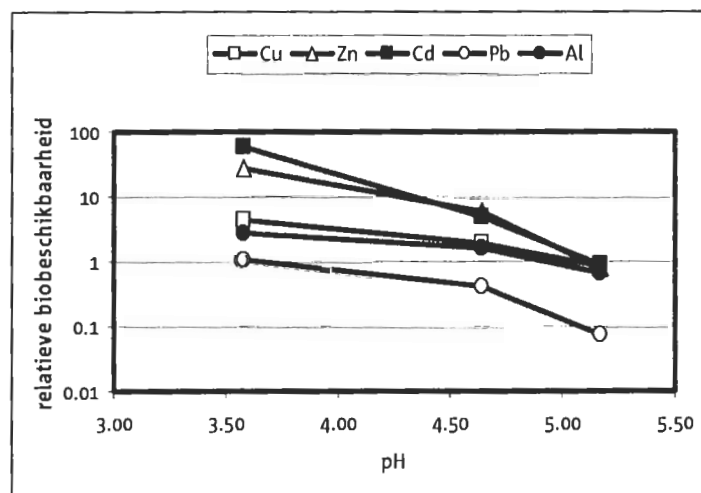
waarde tussen streefwaarde en 50% van de interventiewaarde
(aluminium: drinkwaternorm van 0.2 mg/l)



waarde boven 50% van de interventiewaarde
(aluminium: 5 maal de drinkwaternorm van 0.2 mg/l)

'Ter vergelijking zijn ook de resultaten voor aluminium weergegeven. Voor dit element zijn geen streefwaarden en interventiewaarden gedefinieerd. Arbitrair is hier gekozen voor overschrijding van de drinkwaternorm van 0.2 mg/l als laagste grenswaarde en voor een meer dan vijfvoudige overschrijding van deze norm als hoogste grenswaarde.

Een vergelijking tussen de meetresultaten van enerzijds de gehalten aan zware metalen in de bodem (laag 0-10 cm diepte) en anderzijds de gehalten aan zware metalen in bodemvocht of bovenste grondwater (laag 60-90 cm diepte) leert dat er geen correlatie bestaat tussen deze gehalten. Zo zijn de gehalten aan zink, cadmium en koper in landbouwgrond om eerder aangegeven redenen hoger dan de gehalten in bodems onder naaldbossen, terwijl voor het bodemvocht (cq. het bovenste grondwater) het tegenovergestelde het geval is. Voor bijvoorbeeld lood zijn de totaalgehalten in de bodem bij alle vormen van bodemgebruik ongeveer gelijk (input alleen via diffuse bronnen), maar de gehalten in het bodemvocht zijn ook voor lood in naaldbossen hoger dan in de andere onderzochte bodems. Dit verschijnsel kan worden verklaard uit verschillen in de zuurgraad bij verschillend landgebruik. Cultuurgrond wordt veelal bekalkt om de voor een goede gewasgroei noodzakelijke pH te bewerkstelligen en de pH is daardoor hoger dan in bodems onder naaldbossen.



Figuur 4 De invloed van de pH op de oplosbaarheid van zware metalen en aluminium in het bodemvocht. De pH-waarden komen overeen met de gemiddelden, gevonden voor de diverse landgebruiksvormen:
Naaldbossen: 3.57 Zandakkers: 4.64 Natte graslanden: 5.17

In figuur 4 is op de x-as de gemiddelde pH uitgezet voor de verschillende landgebruikstypes. Op de y-as is de 'relatieve biologische beschikbaarheid' van het zware metaal en aluminium op een logaritmische schaal uitgezet. Deze 'relatieve biobeschikbaarheid' is hier gedefinieerd als het gehalte in het bodemvocht op circa 70 cm diepte of in ondiep grondwater (in µg/l) gedeeld door het gehalte in de bodem op 0-10 of 0-25 cm diepte (in mg/kg; in het geval van aluminium de oxalaat-extraheerbare fractie in g/kg). De term 'relatieve biologische beschikbaarheid' heeft

geen fysische betekenis maar dient slechts om de invloed van de pH op de biologische beschikbaarheid te illustreren.

Uit figuur 4 blijkt duidelijk dat de op zich geringe verschillen in pH zich vertalen in grote verschillen (de y-as is een logaritmische schaal!) in de fractie van zware metalen en aluminium in de bodem die zich in bodemvocht en bovenste grondwater bevindt ('relatieve biobeschikbaarheid'). Dit kan belangrijke consequenties hebben, bijvoorbeeld bij het uit productie nemen van landbouwgrond ten behoeve van natuurontwikkeling, bijvoorbeeld in het kader van de Ecologische Hoofd Structuur, waar geleidelijke verzuring van de bodem optreedt.

NB.: *Modelberekeningen van Römkens (1997) hebben aangetoond dat indien een gemiddelde Nederlandse landbouwgrond wordt omgezet in een gemiddelde Nederlandse bosgrond, met name de gehalten aan cadmium, zink en koper in het bodemvocht sterk zullen stijgen. In het geval van cadmium zou 80% van het bodemvocht na natuurontwikkeling gehalten vertonen die (ver) boven de interventiewaarde voor grondwater zullen liggen. Een dergelijk proces van natuurvorming duurt enige decennia, zoals is aangetoond op terreinen in Groningen waar gedurende de gehele 20e eeuw landbouwpercelen in bos zijn omgezet.*

4.2.3.3 Totaalgehalten organische microverontreinigingen in de bodem

De belasting van bij het Gelders bodemmeetnet betrokken bodems met organische microverontreinigingen is in hoge mate gelokaliseerd op bepaalde percelen. Dit blijkt uit bijlage 2a. Het weergeven van de resultaten op cluster-niveau geeft in een dergelijk geval geen goede indruk van de feitelijke situatie, aangezien een locale hoge concentratie het cluster-gemiddelde onevenredig beïnvloedt. Daarom zijn in tabel 8 som-parameters (voor HCHs, Drins, DDT-derivaten en PAK) weergegeven op perceelniveau. Overschrijdingen van de streefwaarden zijn gevisualiseerd door grijskleuring, terwijl een meer dan 20-voudige overschrijding van de streefwaarden in zwart is weergegeven. In geen enkel geval wordt de interventiewaarde overschreden, mede omdat deze 40-800 maal hoger is dan de streefwaarde. Nogmaals zij opgemerkt dat de streefwaarde voor xenobiotische stoffen in de bodem niet is gebaseerd op achtergrondgehalten (die immers nul zouden behoren te zijn) maar op analytische detectielimieten.

In tabel 7 is ook de streefwaarde zelf (in µg/kg drogestof) weergegeven voor de genoemde groepen organische microverontreinigingen. Dit is noodzakelijk omdat (net als bij de zware metalen) de streefwaarde en interventiewaarde afhankelijk zijn van bodemomstandigheden. Bij zware metalen moet een relatief complexe formule worden toegepast (zie paragraaf 4.2.3.1), terwijl bij organische microverontreinigingen slechts dient te worden gecorrigeerd voor het gehalte aan bodemorganische stof. Normalisatie naar de standaardbodem met 10% bodemorganische stof geschiedt conform onderstaande formule:

$$SW_{\text{actueel}} = SW * \% \text{ organische stof} / 10$$

Tabel 7 Overschrijding streefwaarden voor organische verontreinigingen in Gelderland (meetgegevens 1998).
'nd' betekent dat er geen meting is verricht en een open gelaten plaats betekent dat er waarden onder de detectielimiet werden gevonden.

Gebied:	Cluster:	Gebiedsnaam:	Landgebruik	% organische stof	Totaal-HCH	Streefwaarde HCHs	Totaal-Dins	Streefwaarde DRINs	Totaal-DDT	Streefwaarde DDTs	Totaal van 10 PAHs	Streefwaarde totaal PAHs
1	1	uddel-elipeet-speuld-ganderen	naaldbos	nd							113	200
1	1	uddel-elipeet-speuld-ganderen	naaldbos	nd							44	200
2	1	noordelijke geldene vallei	naaldbos	nd							11	200
2	1	noordelijke geldene vallei	naaldbos	2.5		2.5		1.2		2.5	682	248
5	1	de driesprong	naaldbos	1.9		1.9		1.0		1.9	88	194
5	1	de driesprong	naaldbos	3.3		3.3		1.7		3.3	223	331
3	2	noord-oost veluwe	naaldbos	6.6		6.6		3.3		6.6	78	658
3	2	noord-oost veluwe	naaldbos	2.3		2.3	1.0	1.2	60.0	2.3	1015	233
4	2	harderwijk-elburg	naaldbos	1.9		1.9		0.9		1.9	120	189
4	2	harderwijk-elburg	naaldbos	4.3		4.3		2.1		4.3	90	425
4	2	zuidelijke ijsselvallei	naaldbos	1.9		1.9		1.0		1.9	68	190
6	2	zuidelijke ijsselvallei	naaldbos	1.1		1.1		0.6		1.1	56	111
7	3	hummelo-keppel	naaldbos	3.4		3.4		1.7		3.4	125	340
7	3	hummelo-keppel	naaldbos	1.4		1.4		0.7		1.4	160	139
7	3	hummelo-keppel	naaldbos	2.2		2.2		1.1		2.2	270	218
8	3	de grafischap	naaldbos	0.9		0.9		0.5		0.9	43	94
8	3	de grafischap	naaldbos	1.8		1.8		0.9		1.8	117	180
8	3	de grafischap	naaldbos	1.4		1.4		0.7		1.4	65	137
9	4	achterhoek	naaldbos	1.9		1.9		0.9		1.9	164	189
9	4	achterhoek	naaldbos	2.9		2.9		1.5	2.0	2.9	81	292
9	4	achterhoek	naaldbos	1.0		1.0		0.5		1.0	206	104
9	4	achterhoek	naaldbos	2.1		2.1		1.1		2.1	180	210
10	4	veluwe	naaldbos	1.6		1.6		0.8		1.6	68	158
10	4	veluwe	naaldbos	2.7		2.7		1.4		2.7	1504	274
10	4	veluwe	naaldbos	1.5		1.5		0.7		1.5	37	147
10	4	veluwe	naaldbos	4.2		4.2		2.1		4.2	255	421
10	4	veluwe	naaldbos	0.8		0.8		0.4		0.8	77	80
10	4	veluwe	naaldbos	3.0		3.0		1.5		3.0	107	302
1	1	uddel-elipeet-speuld-ganderen	gras	4.5		4.5		2.2	0.6	4.5	185	445
1	1	uddel-elipeet-speuld-ganderen	gras	5.9		5.9		2.9		5.9	525	588
1	1	uddel-elipeet-speuld-ganderen	gras	5.3		5.3		2.7		5.3	80	531
1	1	uddel-elipeet-speuld-ganderen	gras	2.2		2.2	13.5	1.1		2.2	101	222
2	1	noordelijke geldene vallei	gras	6.1		6.1	2.0	3.1		6.1	235	612
2	1	noordelijke geldene vallei	gras	4.6		4.6	2.0	2.3		4.6	240	460
2	1	noordelijke geldene vallei	gras	4.8		4.8		2.4		4.8	114	476
2	1	noordelijke geldene vallei	gras	8.9		8.9	2.0	4.4		8.9	295	885
5	1	de driesprong	gras	4.9		4.9	3.0	2.5		4.9	135	490
5	1	de driesprong	gras	2.3		2.3		1.1		2.3	12	226
5	1	de driesprong	gras	4.9		4.9		2.5	0.5	4.9	270	491
3	2	noord-oost veluwe	gras	3.3		3.3		1.7		3.3	89	334
3	2	noord-oost veluwe	gras	4.3		4.3		2.2		4.3	78	432
3	2	noord-oost veluwe	gras	5.8		5.8		2.9		5.8	200	580
3	2	noord-oost veluwe	gras	3.9		3.9		1.9		3.9	3500	389
4	2	harderwijk-elburg	gras	5.0		5.0		2.5		5.0	155	499
4	2	harderwijk-elburg	gras	2.5		2.5		1.2		2.5	97	245
4	2	harderwijk-elburg	gras	7.5		7.5		3.8		7.5	280	754
4	2	harderwijk-elburg	gras	4.4		4.4		2.2		4.4	115	444
6	2	zuidelijke ijsselvallei	gras	2.7		2.7		1.4		2.7	43	274
6	2	zuidelijke ijsselvallei	gras	4.5		4.5		2.3		4.5	165	450
6	2	zuidelijke ijsselvallei	gras	3.2		3.2		1.6		3.2	62	318
6	2	zuidelijke ijsselvallei	gras	4.4		4.4		2.2		4.4	215	444
7	3	hummelo-keppel	gras	3.0		3.0		1.5	0.5	3.0	101	295
7	3	hummelo-keppel	gras	2.3		2.3		1.2		2.3	300	234
8	3	de grafischap	gras	2.2		2.2		1.1		2.2	325	224
8	3	de grafischap	gras	2.1		2.1		1.0	2.0	2.1	125	206
8	3	de grafischap	gras	3.1		3.1		1.6		3.1	135	314
8	3	de grafischap	gras	4.6		4.6		2.3		4.6	630	461
11	3	groesbeek	gras	6.3		6.3		3.1		6.3	200	626
11	3	groesbeek	gras	4.1		4.1	2.5	2.1		4.1	745	413
11	3	groesbeek	gras	4.3		4.3		2.1		4.3	270	425
11	3	groesbeek	gras	7.6		7.6		3.8		7.6	305	755
12	3	neede-borculo	gras	3.1		3.1		1.6		3.1	125	314
12	3	neede-borculo	gras	2.4		2.4		1.2		2.4	38	240
12	3	neede-borculo	gras	3.4		3.4		1.7		3.4	995	339
13	3	winterwijk	gras	2.8	1.0	2.8		1.4		2.8	165	278
13	3	winterwijk	gras	2.7		2.7		1.3		2.7	67	266
13	3	winterwijk	gras	1.9		1.9		0.9		1.9	31	187
9	4	achterhoek	gras	3.0		3.0		1.5		3.0	420	302
9	4	achterhoek	gras	3.4		3.4		1.7		3.4	140	344
9	4	achterhoek	gras	3.5		3.5		1.7	2.0	3.5	560	346
9	4	achterhoek	gras	3.9		3.9		2.0	1.5	3.9	75	390
10	4	veluwe	gras	3.1		3.1		1.5		3.1	160	306
10	4	veluwe	gras	2.2		2.2		1.1		2.2	160	223
10	4	veluwe	gras	4.3		4.3		2.1	2.5	4.3	117	425
10	4	veluwe	gras	2.4		2.4		1.2		2.4	240	238
10	4	veluwe	gras	4.6		4.6		2.3	1.0	4.6	160	464
10	4	veluwe	gras	2.6		2.6		1.3		2.6	210	259

Tabel 7 Overschrijding streefwaarden voor organische verontreinigingen in Gelderland (meetgegevens 1998). 'nd' betekent dat er geen meting is verricht en een open gelaten plaats betekent dat er waarden onder de detectielimiet werden gevonden – continuering.

Gebied:	Cluster:	Gebiedsnaam:	Landgebruik:	% organische stof	Totaal-HCH	Streefwaarde HCHs	Totaal-Dins	Streefwaarde DBINs	Totaal-DDT	Streefwaarde DDTs	Totaal van 10 PAKs	Streefwaarde totaal PAKs
15	5	geldene poort	kleiakker	6.0		6.0		3.0		6.0	390	596
15	5	geldene poort	kleiakker	4.6		4.6		2.3		4.6	84	456
15	5	geldene poort	kleiakker	3.8		3.8		1.9		3.8	187	378
15	5	geldene poort	kleiakker	3.1		3.1		1.6	1.5	3.1	270	312
15	5	geldene poort	kleiakker	4.5		4.5		2.3		4.5	315	452
15	5	geldene poort	kleiakker	5.6	1.5	5.6		2.8		5.6	335	563
15	5	geldene poort	kleiakker	2.3		2.3		1.1	9.0	2.3	165	229
15	5	geldene poort	kleiakker	3.5		3.5		1.7	8.5	3.5	58	345
15	5	geldene poort	kleiakker	2.4		2.4		1.2	290.0	2.4	145	237
15	5	geldene poort	kleiakker	4.1	0.5	4.1		2.1		4.1	69	410
15	5	geldene poort	kleiakker	4.3	1.5	4.3		2.1		4.3	160	426
16	6	nivierengebied	kleiakker	4.2		4.2		2.1		4.2	134	417
16	6	nivierengebied	kleiakker	2.7		2.7		1.4		2.7	155	273
16	6	nivierengebied	kleiakker	3.0		3.0		1.5	25.0	3.0	81	297
16	6	nivierengebied	kleiakker	3.9		3.9		1.9	395.0	3.9	95	386
16	6	nivierengebied	kleiakker	1.5		1.5		0.7	1.0	1.5	245	146
16	6	nivierengebied	kleiakker	1.7		1.7		0.9		1.7	74	171
16	6	nivierengebied	kleiakker	1.9		1.9		0.9	2.5	1.9	68	183
16	6	nivierengebied	kleiakker	2.3		2.3		1.1	83.0	2.3	140	227
16	6	nivierengebied	kleiakker	3.3		3.3		1.7	24.0	3.3	640	334
16	6	nivierengebied	kleiakker	2.3		2.3		1.1	17.5	2.3	130	225
1	1	uddel-elpeet-speuld-garderen	zandakker	4.9		4.9		2.5	110.0	4.9	165	491
1	1	uddel-elpeet-speuld-garderen	zandakker	4.1		4.1	0.5	2.1	1.0	4.1	23	412
1	1	uddel-elpeet-speuld-garderen	zandakker	4.4		4.4		2.2	15.0	4.4	720	438
1	1	uddel-elpeet-speuld-garderen	zandakker	5.2		5.2	16.0	2.6	1.0	5.2	78	519
2	1	noordelijke gelderse vallei	zandakker	4.9		4.9	0.5	2.4	7.0	4.9	175	489
2	1	noordelijke gelderse vallei	zandakker	5.9		5.9	8.0	2.9	22.5	5.9	280	585
2	1	noordelijke gelderse vallei	zandakker	5.4		5.4		2.7		5.4	169	543
2	1	noordelijke gelderse vallei	zandakker	3.5		3.5	9.5	1.7	1.0	3.5	334	346
5	1	de dneisprong	zandakker	3.6		3.6		1.8		3.6	74	359
5	1	de dneisprong	zandakker	3.6		3.6	11.5	1.8	4.5	3.6	160	359
5	1	de dneisprong	zandakker	3.4		3.4	7.5	1.7	4.5	3.4	565	341
5	1	de dneisprong	zandakker	3.7		3.7	6.5	1.8		3.7	123	369
3	2	noord-oost veluwe	zandakker	6.1		6.1	2.0	3.0	5.5	6.1	145	609
3	2	noord-oost veluwe	zandakker	4.8		4.8		2.4	13.0	4.8	275	477
3	2	noord-oost veluwe	zandakker	4.9		4.9		2.4	24.5	4.9	170	486
3	2	noord-oost veluwe	zandakker	4.3		4.3		2.1	59.0	4.3	280	427
4	2	handenrijk-elburg	zandakker	4.2		4.2		2.1	11.5	4.2	240	418
4	2	handenrijk-elburg	zandakker	4.2		4.2		2.1		4.2	90	421
4	2	handenrijk-elburg	zandakker	2.9	6.0	2.9		1.5	2.0	2.9	105	293
4	2	handenrijk-elburg	zandakker	2.2		2.2		1.1		2.2	735	220
6	2	zuidelijke ijsselvallei	zandakker	6.9		6.9		3.4		6.9	300	686
6	2	zuidelijke ijsselvallei	zandakker	4.9		4.9		2.5	41.0	4.9	190	494
6	2	zuidelijke ijsselvallei	zandakker	4.1		4.1	8.0	2.1	130.0	4.1	115	414
6	2	zuidelijke ijsselvallei	zandakker	5.8		5.8	1.0	2.9	74.0	5.8	140	581
7	3	hummelo-keppel	zandakker	2.1		2.1	2.0	1.1	1.5	2.1	220	213
7	3	hummelo-keppel	zandakker	3.0		3.0	3.0	1.5	86.5	3.0	850	303
7	3	hummelo-keppel	zandakker	2.5		2.5	3.5	1.3	49.5	2.5	282	253
8	3	de graafschap	zandakker	6.6		6.6		3.3		6.6	245	662
8	3	de graafschap	zandakker	10.8		10.8		5.4	17.5	10.8	375	1076
8	3	de graafschap	zandakker	6.5		6.5		3.2		6.5	190	646
8	3	de graafschap	zandakker	6.5		6.5	9.5	3.2	6.0	6.5	160	647
12	3	neede-borculo	zandakker	4.0		4.0	1.0	2.0	98.0	4.0	170	399
12	3	neede-borculo	zandakker	4.0		4.0		2.0	105.0	4.0	61	403
12	3	neede-borculo	zandakker	5.8		5.8		2.9	29.0	5.8	310	583
13	3	wintervijk	zandakker	5.8	4.0	5.8	2.5	2.9	12.5	5.8	395	583
13	3	wintervijk	zandakker	6.5	90.0	6.5	3.5	3.3	65.0	6.5	185	652
13	3	wintervijk	zandakker	5.8		5.8	1.0	2.9	38.0	5.8	410	583
13	3	wintervijk	zandakker	4.7	34.0	4.7	1.0	2.4	22.0	4.7	175	471
15	3	geldene poort	zandakker	2.9	4.0	2.9	3.5	1.4	18.0	2.9	555	286
15	3	geldene poort	zandakker	2.0		2.0		1.0		2.0	270	202
9	4	achterhoek	zandakker	2.0		2.0		1.0	5.0	2.0	373	203
9	4	achterhoek	zandakker	4.1	1.0	4.1		2.1	33.0	4.1	160	414
9	4	achterhoek	zandakker	7.3		7.3		3.7	103.5	7.3	505	734
9	4	achterhoek	zandakker	4.1		4.1		2.0	23.5	4.1	115	406
10	4	veluwe	zandakker	3.4		3.4		1.7	5.5	3.4	98	335
10	4	veluwe	zandakker	4.9		4.9		2.4		4.9	315	487
10	4	veluwe	zandakker	4.5		4.5		2.3	3.0	4.5	270	454
10	4	veluwe	zandakker	3.7		3.7		1.8	23.5	3.7	205	365
10	4	veluwe	zandakker	4.3		4.3		2.2	47.5	4.3	215	430
10	4	veluwe	zandakker	2.6		2.6	8.5	1.3	24.5	2.6	98	260
10	4	veluwe	zandakker	4.7		4.7	3.5	2.4	15.5	4.7	470	471
10	4	veluwe	zandakker	4.5		4.5	1.0	2.3	8.5	4.5	86	450

De volgende conclusies kunnen worden getrokken:

- In bodems onder naaldbossen treedt zeer incidenteel een overschrijding op van de *streefwaarden voor PAK*. Bovendien varieert het PAK-gehalte zeer sterk tussen zeer lage en relatief hoge waarden. De incidentele hoge waarden zouden zeer wel kunnen worden gerelateerd aan vroegere bosbranden, de relatieve nabijheid van industrie en verkeer etc. Bij de andere typen bodemgebruik is het beeld voor PAK vergelijkbaar. Globaal kan worden gesteld dat verontreiniging van de Gelderse bodem in het buitengebied (afgezien van de uiterwaarden) met PAK zeker geen probleem is op dit moment. Zelfs de uitbijter van 3500 mg/kg komt overeen met minder dan 25% van de interventiewaarde.
- De *streefwaarden voor DDT* en zijn metaboliëten worden frequent overschreden, vooral op landbouwgrond. In naaldbossen en grasland wordt slechts hoogst zelden DDT aangetroffen in detecteerbare concentraties. Ook hier een grote variatie tussen percelen en geen statistisch relevante verschillen tussen gebieden of clusters. De interventiewaarde, die voor DDT-derivaten het 400-voudige is van de streefwaarde, wordt in geen enkel geval benaderd. De uitbijter van 395 µg/kg komt overeen met circa 25% van de interventiewaarde.
- De *streefwaarden voor Drins en HCHs* worden tamelijk frequent overschreden op landbouwpercelen. In het algemeen kan worden gesteld, dat geen van de gevonden gehalten ook maar in de buurt van de interventiewaarde komt. De situatie voor Drins en HCHs is in grote lijnen vergelijkbaar met die voor DDT-derivaten; de gehalten zijn echter lager en de milieu-implicaties (nog) geringer.
- Uit ongevalideerde modelberekeningen met MOHOC (weergegeven in bijlage 1) blijkt dat het niet waarschijnlijk is dat ook op langere termijn risico's voor de grondwaterkwaliteit mogen worden verwacht, die worden veroorzaakt door de aangetroffen huidige gehalten van organische verontreinigingen in de bovenlaag van de bodem.

4.2.3.4 Nutriënten in bodem en bodemvocht

Er bestaan verschillende methoden om de belasting van de bodem met stikstof en fosfor in een referentiekader te plaatsen en daarmee over een handvat te beschikken om de bodemkwaliteit ten aanzien van deze stoffen te evalueren. Belangrijk in dezen zijn niet zozeer de gehalten in de bodem, maar meer nog de risico's van uitspoeling naar grond- en oppervlaktewater. Een van deze methoden is het bepalen van de fosfaatverzadigingsgraad, die gebaseerd is op het bepalen van de orthofosfaat-bezettingsgraad van adsorberende materialen in de bodem (ijzeroxide, aluminiumoxide). De resultaten op perceelsniveau staan in bijlage 2a. Ditzelfde geldt voor andere fosfor-gerelateerde parameters (P_w , P_{Al}), die iets zeggen over de mate van beschikbaarheid van fosfor in de bodem. Naast deze parameters die in feite een relatie aangeven tussen de gehalten in de bodem en de bodemeigenschappen en die leiden tot een inschatting van de beschikbaarheid voor gewasopname en uitspoeling, zijn er meer numerieke normen voor grond- en oppervlaktewater. Bekend is de EU-nitraat-norm van 50 mg L⁻¹ en de indicatieve fosfor-norm van 0.15 mg L⁻¹ (voor totaal fosfaat) en 0.10 mg L⁻¹ voor orthofosfaat.

Deze normen kunnen worden gebruikt voor een eerste evaluatie van de resultaten van het Gelders bodemmeetnet in relatie tot de mogelijke uitspoeling van nutriënten, hetwelk een belangrijk aspect is van het thema vermesting. Hierbij is uitgegaan van de in bijlage 2b weergegeven waarden voor gehalten in het bodemvocht (droge gronden) en het bovenste grondwater (natte graslanden). De resultaten zijn weergegeven in bijlage 4. Na clustering worden regionale indicatie-waarden verkregen voor 1997 en 1999. Deze zijn weergegeven in tabel 9. Naast de normoverschrijdingen zijn ter vergelijking ook de in 1999 bepaalde percentages fosfaatverzadiging uit bijlage 2a in tabel 8 opgenomen.

Uit tabel 8 blijkt dat uitspoeling van nutriënten vooral een probleem is op de zandakkers met mais als gewas. Een opmerkelijke uitzondering is cluster 3 (oostelijke zand actiegebieden in de Achterhoek), zeker indien deze samen wordt beschouwd met gebied 9 in cluster (overige zandgebieden in de Achterhoek, vergelijk bijlage 4).

Ook valt het op dat de nitraatconcentraties in bodemvocht en bovenste grondwater en derhalve de potentiële uitspoeling hoger zijn in 1996/7 dan in 1998/9. In paragraaf 4.4 zal echter uit berekeningen met GELRE blijken dat deze verschillen geheel zijn terug te voeren op de extreme klimatologische condities van beide jaren.

Tabel 8 Nutriënten in het bodemvocht en bovenste grondwater en fosfaatverzadiging, gemiddeld per cluster

norm		50 mg/L	50 mg/L	0.15 mg/L	0.15 mg/L	0.1 mg/L	0.1 mg/L	P-verz. %
5-voud van de norm		250 mg/L	250 mg/L	0.75 mg/L	0.75 mg/L	0.5 mg/L	0.5 mg/L	
Cluster:		NO ₃ 1997	NO ₃ 1999	P-tot 1997	P-tot 1999	P-ortho 1997	P-ortho 1999	
1	gras	119.0	10.4	0.17	0.47	0.13	0.51	49
2	gras	62.0	12.2	0.13	0.19	0.10	0.19	32
3	gras	154.1	42.3	0.09	0.05	0.06	0.04	26
4	gras	70.2	10.0	0.09	0.48	0.06	0.47	47
1	naaldbos	54.4	28.7	0.03	0.12	0.01	0.02	6
2	naaldbos	42.1	23.1	0.03	0.11	0.01	0.04	6
3	naaldbos	64.7	36.7	0.03	0.05	0.01	0.03	12
4	naaldbos	52.3	36.9	0.03	0.03	0.01	0.01	3
1	zandakker	201.7	73.0	0.86	1.18	0.71	0.72	58
2	zandakker	222.0	110.1	0.36	0.95	0.23	0.46	55
3	zandakker	216.4	114.7	0.10	0.16	0.04	0.09	42
4	zandakker	291.1	88.2	0.61	0.64	0.53	0.34	50

P-normen, N-normen

-  waarde tussen streefwaarde en het vijfvoud van de streefwaarde
 waarde boven het vijfvoud van de streefwaarde

P-verzadigingsgraad:

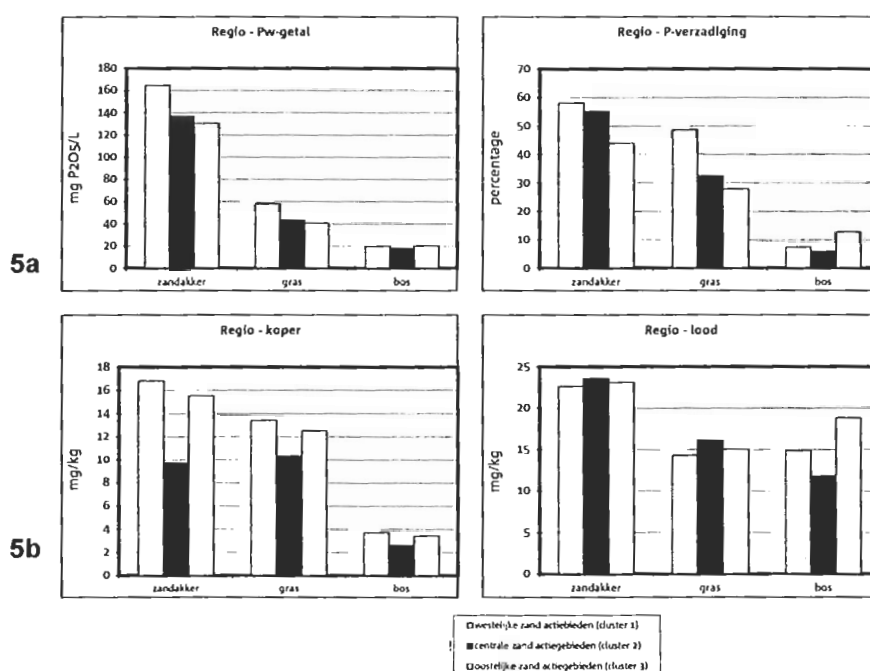
-  40-50%
 > 50%

4.3 Zijn er regionale verschillen in bodemkwaliteit waar te nemen in Gelderland?

4.3.1 Verschillen per regio

In het algemeen kan worden gesteld dat er veel grotere verschillen in bodemkwaliteit ten aanzien van zware metalen en nutriënten worden waargenomen bij vergelijking van verschillende vormen van bodemgebruik dan bij vergelijking van verschillende regio's. Dit heeft te maken met het kwantitatieve belang van landbouwkundige activiteiten als diffuse bron van zowel nutriënten als zware metalen (met name cadmium, zink en koper), maar ook met deze activiteiten in relatie tot bodemparameters als de pH. Dit betekent natuurlijk wel dat een veelvuldig voorkomen van een bepaalde landgebruiksvorm in een bepaalde regio zal leiden tot bepaalde karakteristieken van de bodemkwaliteit in deze regio ten aanzien van nutriënten en zware metalen.

Om dit nader toe te lichten worden hierna natte graslanden, zandakkers en naaldbossen binnen de clusters 1, 2 en 3 (westelijke, centrale en oostelijke zand actiegebieden) met elkaar vergeleken. De reden hiervoor is dat op deze wijze een volledige dataset wordt verkregen: van elke combinatie zijn voldoende gegevens beschikbaar voor zowel totaalgehalten als voor gehalten in het bodemvocht en het bovenste grondwater.



Figuur 5 Regionale verschillen, uitgesplitst over landgebruiksvormen (zandakkers met mais, natte graslanden, naaldbos).

5a: Pw-getal en P-verzadigingsgraad

5b: koper en lood

- In figuur 5a zijn de P-beschikbaarheid, zowel uitgedrukt als Pw-getal als als percentage P-verzadiging (methode van der Zee), weergegeven voor de diverse combinaties van regio en landgebruik. Duidelijk blijkt dat de fosfaatproblematiek significant groter is in de westelijke zand actiegebieden dan in de oostelijke zand actiegebieden. Dit heeft ongetwijfeld te maken met de plaatselijke afzet van pluimveemest, hetwelk ook blijkt uit het feit dat een grote variatie tussen percelen wordt aangetroffen (vgl. bijlage 2a).
- In figuur 5b zijn de gehalten aan koper en lood weergegeven voor de diverse combinaties van regio en landgebruik. Bij koper is duidelijk een effect waar te nemen van het gebruik van varkensdrijfmest, met name op de (voor maisproductie gebruikte) zandakkers en in mindere mate op de natte graslanden. Dit gebruik lijkt significant minder te zijn in de centrale zand actiegebieden in vergelijking met zowel de westelijke als de oostelijke zand actiegebieden. Wellicht wordt hier meer andere dierlijke mest dan wel kunstmest gebruikt. De gehalten aan lood worden minder door landgebruik beïnvloed, maar toch zijn op zandakkers en in mindere mate op natte graslanden de gehalten globaal iets hoger, wellicht door geleidelijke ophoping vanuit diffuse landbouw-bronnen. Van enig regio-effect lijkt geen sprake. Grote locale spreiding (zie tabel 2a) wordt wel aangetroffen, wellicht als gevolg van de (vroegere) invloed van verkeer.

Door bestudering van tabel 4a en de onderliggende bijlage 2a kunnen meer van dergelijke regio-effecten worden opgespoord. De beste manier om dit zichtbaar te maken is door middel van bodemkaarten; in de volgende paragraaf zijn als voorbeeld bodemkaarten voor cadmium en voor de P-verzadigingsgraad opgenomen.

4.3.2 Bodemkaarten

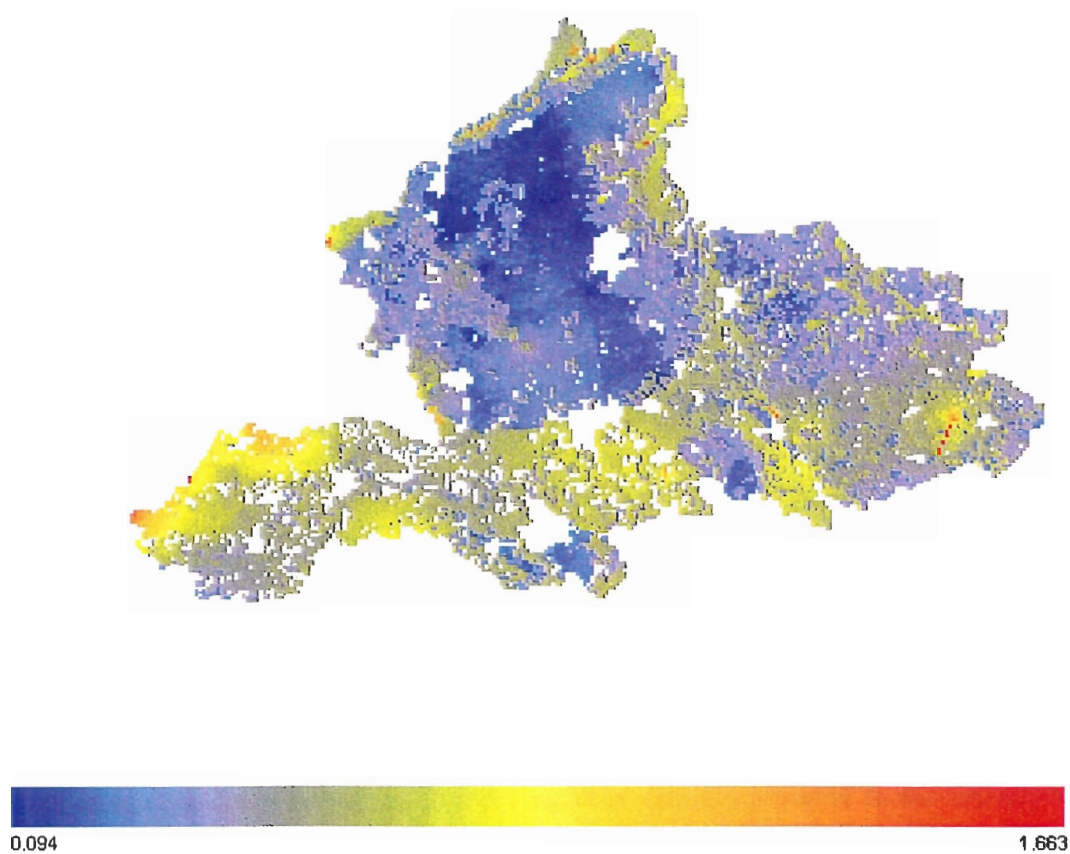
De hieronder weergegeven bodemkaarten geven een tweetal verschillende parameters visueel weer. De parameters zijn:

- 1 Cadmiumgehalten in de bodem (niet uitsluitend gebaseerd op gegevens van het Gelders bodemmeetnet). De kleurschakeringen komen overeen met cadmiumgehalten in de bodem en zijn weergegeven in de kleurenbalk. Deze (voorlopige) kaart is ter beschikking gesteld door dr. D.J. Brus (Alterra).
- 2 Fosfaatverzadigingsgraad in de bodem (gebaseerd op metingen in het kader van het Gelders bodemmeetnet). In groentinten de relatief lager scorende gebieden tot één- en tweemaal de standaardafwijking onder het gemiddelde. De relatief hoger scorende gebieden zijn in roodtinten weergegeven tot driemaal de standaardafwijking boven het gemiddelde. De kaart is tot stand gekomen door extrapolatie van de bemeten LBH-combinaties en ruimtelijke interpolatie met behulp van kriging. Hiermee kunnen grotere kleurvlakken worden verkregen ondanks een gering aantal meetpunten.

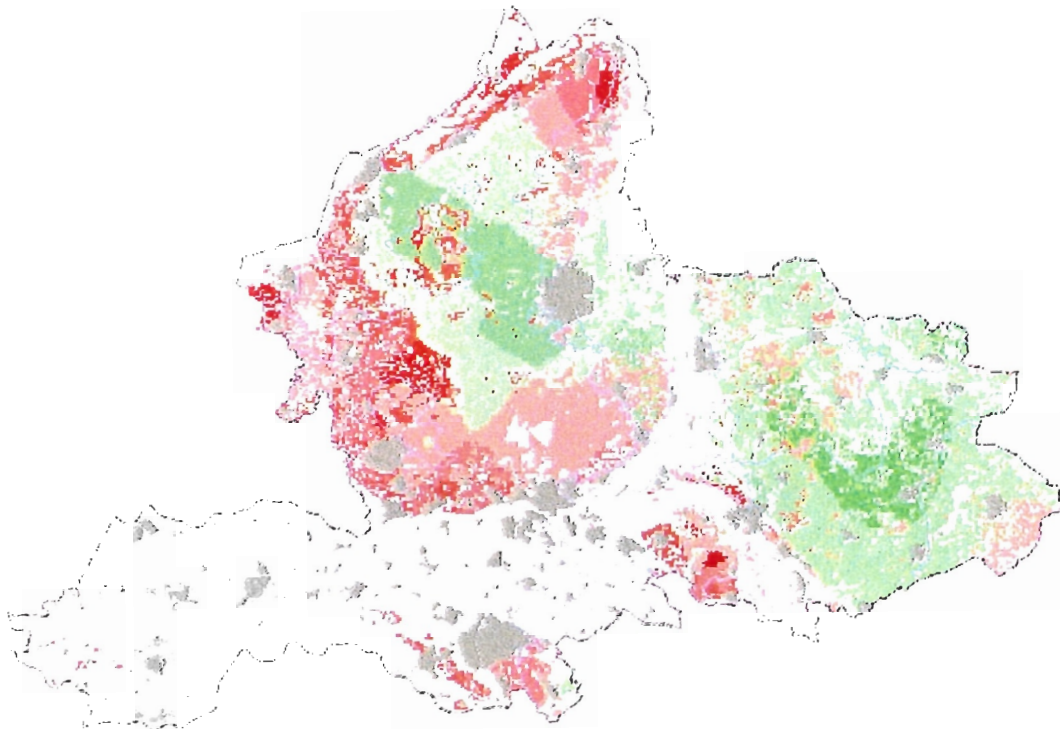
Deze beide kaarten dienen slechts als illustratie van de mogelijkheden die dergelijke bodemkaarten hebben bij het visualiseren van bodemkwaliteit. Alle andere gemeten parameters en van metingen afgeleide parameters kunnen op vergelijkbare wijze in de

vorm van bodemkaarten worden gevisualiseerd in plaats van uitsluitend te worden gepresenteerd in de vorm van tabellen, figuren etc.

Kaart 2 Spreiding cadmiumgehalten in de Gelderse bodem (gehalten in mg Cd/kg bovengrond)



Kaart 3 Spreiding procentuele P-verzadigingsgraad (relatief) in Gelderland; voor nadere informatie zij verwezen naar de tekst



4.4 Zijn er ontwikkelingen in de bodemkwaliteit in Gelderland te constateren?

Voor de nutriënten stikstof en fosfor en kalium is een complete modelberekening uitgevoerd op basis van meetgegevens van de bemonsteringen van 1997 en 1999. Vervolgens is met name aandacht besteed aan input/output budgetten van stikstof. Beide jaren waren klimatologisch extreem, waardoor zij in principe buiten het op zich brede calibratie-bereik van het model GELRE vielen. Desondanks heeft het model zijn mogelijkheden getoond, met name doordat de omrekeningen met het model vanuit beide extreme jaren (zeer droog en zeer nat) naar een gemiddeld klimatologisch jaar voor naaldbossen voor de stikstofuitspoeling tot hetzelfde resultaat leidde. Aangezien het in de rede ligt te veronderstellen dat voor naaldbossen op een dergelijke korte termijn geen wezenlijke schommelingen in stikstofstromen te verwachten zijn, schept dit resultaat vertrouwen in de uitkomsten van de overige modelberekeningen.

In het vervolg van deze paragraaf wordt in meer detail aandacht besteed aan de resultaten van de toepassing van GELRE op de in het kader van het Gelders bodemmeetnet verzamelde gegevens. Dit resulteert in een eerste proeve van op deze resultaten gebaseerde bodemkaarten en in een studie naar stikstofbalansen in het Gelders buitengebied.

Modellering nutriënten (GELRE)

Het doel van de modellering in de beginfase van het Gelders bodemmeetnet is tweeledig. In de eerste plaats is het model gebruikt om een inschatting te maken van de stikstofbelasting en van de uitspoeling van stikstof, fosfor en kalium in de beide jaren, voorafgaand aan bemonstering en analyse (respectievelijk 1996/7 en 1998/9) en van ontwikkelingen hierin in de tijd tussen deze jaren. In de tweede plaats zijn modelberekeningen uitgevoerd die vooral ten doel hadden de betrouwbaarheid van de modelberekeningen te testen, zodat de voorspellende kracht in de toekomst zonodig kan worden verbeterd.

- De totale *stikstofbelasting* van de bodem in 1996/7 en 1998/9 is door GELRE berekend op basis van de volgende typen invoergegevens: (i) bodemsamenstelling en bodemgebruik, (ii) neerslag en gemiddelde temperatuur en (iii) gemeten stikstofconcentraties in het bodemvocht tussen 60 en 90 cm diepte (bij grasland is hiervoor de concentratie in het bovenste grondwater gebruikt). Slechts de clusters 1-4 (zandgebieden) werden in beschouwing genomen, omdat op de kleiakkers (clusters 5 en 6) geen bodemvocht is bemonsterd.
- De *nutriëntenuitspoeling* (stikstof, fosfor en kalium) uit de bodem in 1996/7 en 1998/9 is door GELRE berekend, waarbij er van is uitgegaan, dat stikstof die tot dieper dan 60-90 cm in het bodemprofiel is doorgedrongen als uitgespoeld moet worden beschouwd. Ook hier zijn uitsluitend de zandgebieden in beschouwing genomen.
- Met name de resultaten voor de stikstofuitspoeling in de jaren 1996/7 en 1998/9 worden sterk beïnvloed door het feit dat beide jaren klimatologisch extreem waren: 1996/7 veel te droog en 1998/9 veel te nat (zie ook tabel 9). Toch bleek het mogelijk te zijn om GELRE te gebruiken voor het constateren van ontwikkelingen in de tijd in relatie tot stikstofuitspoeling. Hiertoe werden de bij a) berekende waarden voor de stikstofbelasting in GELRE ingevoerd (nu dus als invoer en niet als uitvoer) en werd voor beide jaren teruggerekend wat de uitspoeling *zou zijn geweest* als 1996/7 en 1998/9 meteorologisch gemiddelde jaren *zouden zijn geweest*. Ook werd de stikstofconcentratie in het bodemvocht op 75 cm diepte berekend, zowel uitgaande van het werkelijke neerslagpatroon in 1996/7 en 1998/9 als uitgaande van het neerslagpatroon in een gemiddeld klimatologisch jaar.

De gebruikte meteorologische gegevens voor beide bemonsteringsjaren en voor een gemiddeld meteorologisch jaar zijn weergegeven in tabel 9. In tabel 10 staan de resultaten van de modellering met GELRE weergegeven op clusterniveau.

Tabel 9 Meteorologische gegevens 1996/7 en 1998/9

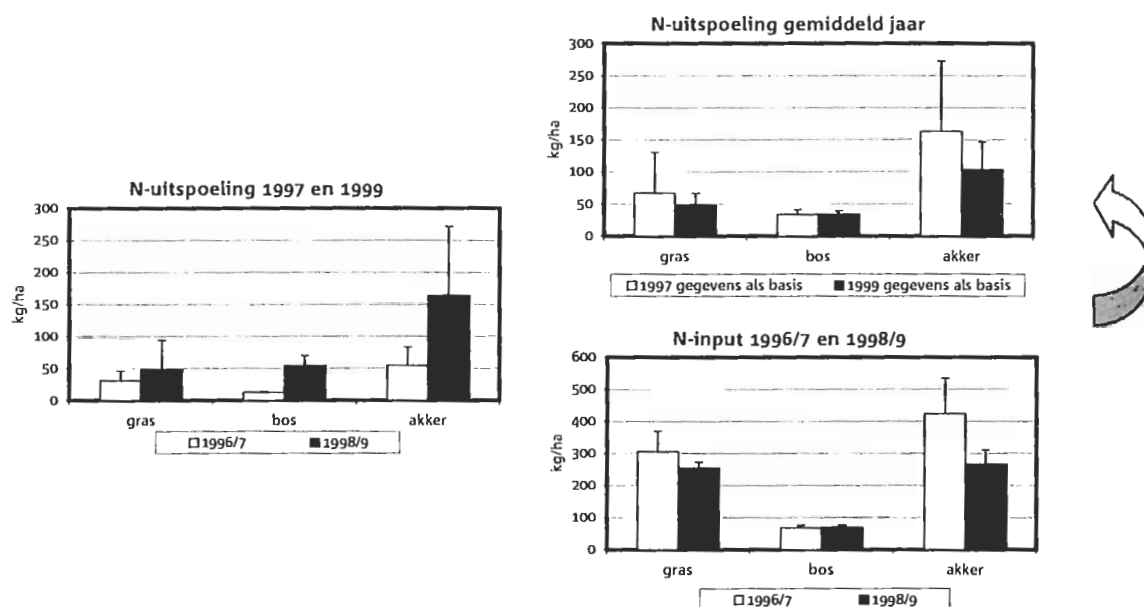
Jaar	Neerslag (in meter)	Gemiddelde temperatuur(°C)
1 maart 1996-28 februari 1997	0.543	8.9
1 maart 1998-28 februari 1999	1.175	10.3
Gemiddeld jaar	0.780	9.6

Tabel 10 Modelresultaten GELRE: nutriënten

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
nat grasland	1997	1997	1997	gemiddeld jaar	1997	gemiddeld jaar	1997	
	P-uitspoeling kg/ha	K-uitspoeling kg/ha	N-uitspoeling kg/ha	N-uitspoeling kg/ha	N-bodemvocht mg/L, gemeten	N-bodemvocht mg/L	N-input kg/ha	N-anorganisch kg/ha
westelijke rand actiegebieden	0.15	16.7	32.7	73.9	27.2	21.3	324.2	342.6
centrale rand actiegebieden	0.11	11.3	24.6	41.3	14.4	9.4	236.0	159.8
oostelijke rand actiegebieden	0.10	17.4	37.5	95.1	35.0	29.1	381.8	425.7
overig zandgebied	0.07	19.0	26.0	48.0	16.7	11.9	254.1	160.3
gemiddelde	0.11	16.3	30.8	67.2	28.3	18.9	306.0	285.2
standaarddeviatie	0.09	7.5	15.5	63.4	24.6	23.2	171.7	369.1
naaldbossen								
	P-uitspoeling kg/ha	K-uitspoeling kg/ha	N-uitspoeling kg/ha	N-uitspoeling kg/ha	N-bodemvocht mg/L, gemeten	N-bodemvocht mg/L	N-input kg/ha	N-anorganisch kg/ha
westelijke rand actiegebieden	0.03	3.4	12.8	33.4	17.5	11.2	67.3	110.2
centrale rand actiegebieden	0.03	3.2	13.2	28.6	14.6	8.1	44.9	82.1
oostelijke rand actiegebieden	0.03	1.8	12.3	38.0	20.4	14.0	88.1	134.2
overig zandgebied	0.03	3.1	12.8	33.1	17.3	10.9	65.7	105.7
gemiddelde	0.03	2.8	12.7	33.6	17.6	11.3	68.0	116.7
standaarddeviatie	0.00	1.1	0.8	7.4	4.9	4.6	34.4	50.1
zandakkers								
	P-uitspoeling kg/ha	K-uitspoeling kg/ha	N-uitspoeling kg/ha	N-uitspoeling kg/ha	N-bodemvocht mg/L, gemeten	N-bodemvocht mg/L	N-input kg/ha	N-anorganisch kg/ha
westelijke rand actiegebieden	0.64	27.4	49.7	144.5	49.7	45.8	375.5	559.2
centrale rand actiegebieden	0.28	33.0	53.1	157.3	54.6	50.1	409.1	1128.7
oostelijke rand actiegebieden	0.10	19.4	52.4	154.3	53.6	49.2	401.2	905.0
overig zandgebied	0.43	32.8	63.7	198.6	70.9	65.0	517.6	1220.8
gemiddelde	0.35	27.5	54.6	163.0	56.7	52.3	423.9	1018.9
standaarddeviatie	0.62	23.9	28.3	109.7	41.2	38.9	288.1	1349.4

nat grasland	1999	1999	1999	gemiddeld jaar	1999	gemiddeld jaar	1999	1999
	P-uitspoeling kg/ha	K-uitspoeling kg/ha	N-uitspoeling kg/ha	N-uitspoeling kg/ha	N-bodemvocht mg/L, gemeten	N-bodemvocht mg/L	N-input kg/ha	N-anorganisch kg/ha
westelijke rand actiegebieden	2.92	94.5	33.5	40.8	2.8	9.3	234.6	62.1
centrale rand actiegebieden	1.23	65.2	31.7	42.8	3.3	10.0	239.9	62.8
oostelijke rand actiegebieden	0.37	90.6	79.6	60.7	9.9	16.5	288.6	82.2
overig zandgebied	3.17	172.0	34.4	43.5	3.2	10.2	241.9	60.1
gemiddelde	1.73	103.3	49.2	48.2	5.3	12.0	254.8	68.2
standaarddeviatie	3.63	115.5	45.0	18.2	7.0	6.7	49.3	22.5
naaldbossen								
	P-uitspoeling kg/ha	K-uitspoeling kg/ha	N-uitspoeling kg/ha	N-uitspoeling kg/ha	N-bodemvocht mg/L, gemeten	N-bodemvocht mg/L	N-input kg/ha	N-anorganisch kg/ha
westelijke rand actiegebieden	0.55	25.3	51.1	33.1	7.5	10.9	65.7	26.0
centrale rand actiegebieden	0.47	19.5	44.3	30.5	6.1	9.4	54.0	23.6
oostelijke rand actiegebieden	0.23	25.3	58.6	33.7	9.1	12.6	78.1	29.5
overig zandgebied	0.16	17.8	58.8	35.6	9.1	12.5	77.4	31.2
gemiddelde	0.33	21.8	54.2	34.1	8.1	11.6	70.3	28.1
standaarddeviatie	0.38	7.3	16.2	5.2	3.4	3.2	24.0	10.5
zandakkers								
	P-uitspoeling kg/ha	K-uitspoeling kg/ha	N-uitspoeling kg/ha	N-uitspoeling kg/ha	N-bodemvocht mg/L, gemeten	N-bodemvocht mg/L	N-input kg/ha	N-anorganisch kg/ha
westelijke rand actiegebieden	7.40	134.8	126.2	88.4	16.8	25.8	227.9	140.9
centrale rand actiegebieden	5.95	261.2	182.3	110.9	25.4	33.8	287.0	197.1
oostelijke rand actiegebieden	1.91	111.6	188.2	112.9	26.3	34.5	292.3	186.2
overig zandgebied	4.03	197.6	150.7	98.5	20.6	29.4	254.5	154.8
gemiddelde	4.33	171.3	163.8	103.4	22.6	31.2	267.5	171.0
standaarddeviatie	5.21	204.9	107.4	43.7	16.3	15.5	114.7	99.5

- In de kolommen I, II en III staat de berekende uitspoeling van fosfor, kalium en stikstof in kilogram P, K, N per hectare. Voor stikstof is in kolom IV ook de berekende fictieve uitspoeling weergegeven voor 1996/7 en 1998/9 waarbij niet het waargenomen neerslagpatroon in het betreffende jaar, maar het neerslagpatroon van een gemiddeld jaar is gebruikt.
- In de kolommen V en VI is de gemeten stikstofconcentratie in bodemvocht of bovenste grondwater vergeleken met de door GELRE berekende stikstofconcentraties voor een gemiddeld meteorologisch jaar.
- In de kolommen VII en VIII zijn de door GELRE berekende stikstofbelasting en voorraad anorganisch stikstof weergegeven als N-input en N-anorganisch, beide in kg/ha.



Figuur 6 N-balansen in 1996/7 en 1998/9, berekend door GELRE, gemiddeld over alle percelen en gedifferentieerd naar landgebruik

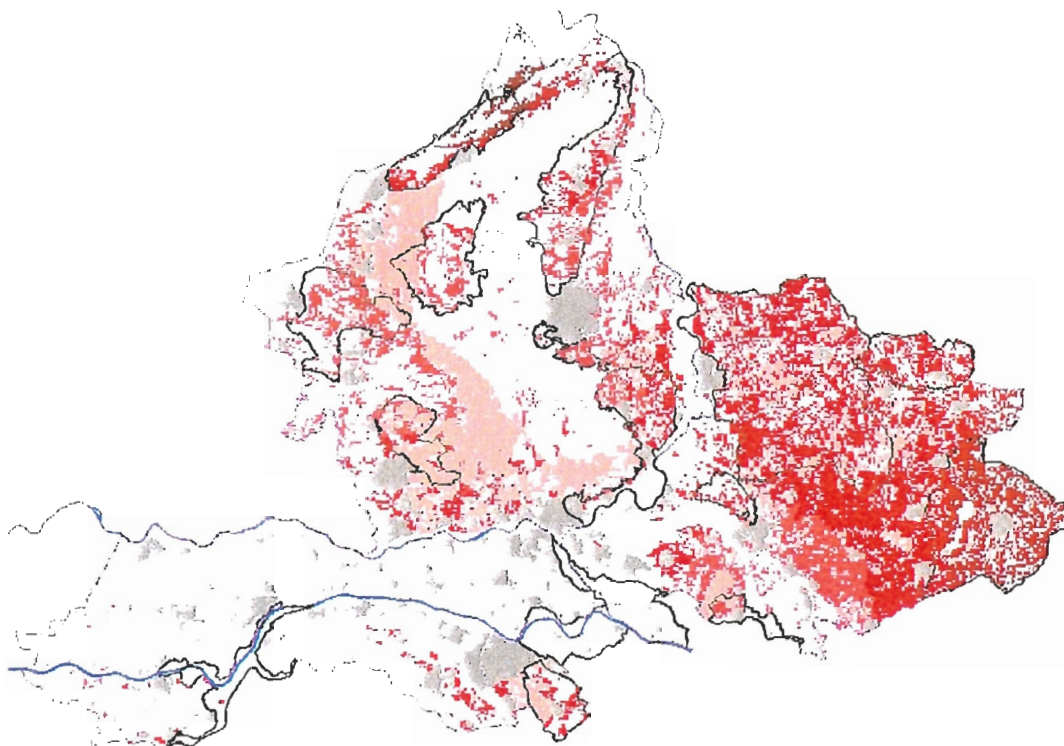
In figuur 6 zijn de berekende stikstofbelasting en stikstofuitspoeling voor de jaren 1996/7 en 1998/9 grafisch weergegeven, maar nu niet gedifferentieerd naar cluster (en derhalve regio) maar naar landgebruik. Uit de grafiek in het linkergedeelte van de figuur blijkt dat de berekende stikstofuitspoeling in 1998/9 veel hoger is dan in 1996/7. Dit valt eenvoudig te begrijpen, indien in aanmerking wordt genomen dat 1998/9 zeer veel natter was dan 1996/7 (vergelijk tabel 9). Voor de stikstofbelasting (rechtsonder in de figuur weergegeven) is de situatie anders en lijkt de belasting in landbouw- en veeteeltgebieden af te nemen. Interessant wordt het modelresultaat indien de berekende waarden voor de stikstofbelasting nogmaals in GELRE worden ingevoerd en daarna de fictieve uitspoeling wordt berekend voor een gemiddeld klimatologisch jaar (rechtsboven in de figuur). De afname van de stikstofuitspoeling onder grasland en akkers houdt nu gelijke tred met de afname van de (berekende) stikstofbelasting. De berekende stikstofuitspoeling onder naaldbossen blijkt sterk te verschillen voor de jaren 1996/7 en 1998/9, maar blijkt na omrekening naar een gemiddeld meteorologisch jaar dezelfde te zijn (vergelijk wederom de linker grafiek en de grafiek rechtsboven in de figuur). Dit resultaat is conform de verwachting omdat in principe de enige externe bron van stikstof in bossen een diffuse input is via de atmosfeer, waarvan kan worden verwacht dat deze zich in een dergelijke korte periode niet substantieel wijzigt. Er kan dus worden geconstateerd dat de belasting van landbouwgebieden enigszins afneemt, wellicht door reductie van bemesting, en dat, zoals gezegd, de belasting van bossen gelijk blijft.

Het blijkt dus dat berekeningen met GELRE die gebruik maken van verschillende invoergegevens toch leiden tot een modelresultaat dat geheel in de lijn der verwachtingen ligt: gelijkblijvende stikstofbelasting van naaldbossen en gelijkblijvende stikstofuitspoeling onder naaldbossen onder gestandaardiseerde omstandigheden. Dit geeft vertrouwen dat ook de overige resultaten, waarvan de uitkomst minder voor de hand ligt, redelijk tot goed betrouwbaar zijn. Op langere termijn zal GELRE dus een goed inzicht kunnen verschaffen in tendensen in de stikstofbelasting en stikstofuitspoeling in Gelderland. Indien GELRE verder operationeel wordt gemaakt voor de voorspelling van de verspreiding van zware metalen (via regressie-analyse van berekeningen met SEKTRAS/STRASS) en organische microverontreinigingen (via regressie-analyse van berekeningen met SEKTRAS/MOHOC) ontstaat een breed inzetbaar instrument ten behoeve van het milieubeleid in de provincie Gelderland.

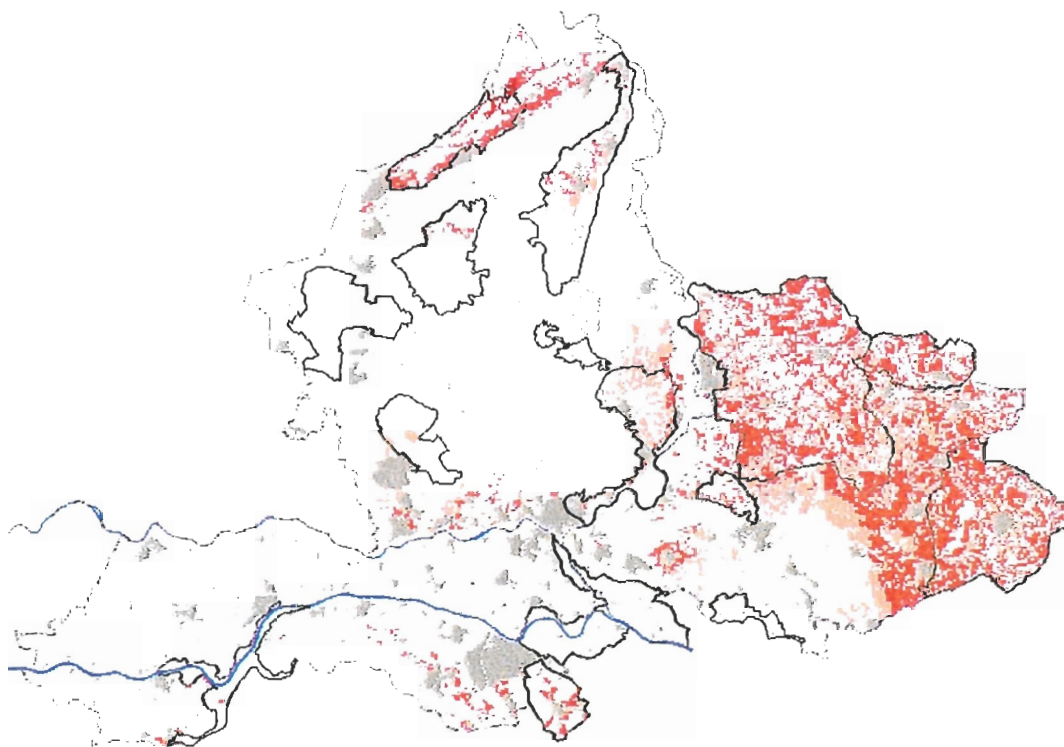
Ter illustratie zijn hieronder een tweetal bodemkaarten weergegeven die zijn gebaseerd op GELRE-berekeningen en dus indirect op in het Gelders bodemmeetnet verkregen analyseresultaten. De eerste kaart geeft de stikstofuitspoeling weer voor het jaar 1999, gebaseerd op directe modellering van de bodemmeetnetresultaten. De tweede kaart geeft eveneens de stikstofuitspoeling weer, maar nu gebaseerd op modellering van de bodemmeetnetresultaten waarbij het neerslagpatroon voor een klimatologisch gemiddeld jaar is gebruikt. De kaarten zijn tot stand gekomen door extrapolatie van de modelresultaten (GELRE) voor de bemeten LBH-combinaties en ruimtelijke interpolatie met behulp van kriging. Hiermee kunnen grotere kleurvlakken worden verkregen ondanks een gering aantal meetpunten. Deze tweede kaart is duidelijk minder rood gekleurd; roodkleuring komt overeen met een steeds hogere (gemodelleerde) uitspoeling van stikstof. De minste roodkleuring komt overeen met 0-50 kg N/hectare en de meeste roodkleuring met 250-300 kg N/hectare (inclusief uitschieters tot 325 kg N/hectare).

Bij de nauwkeurigheid van de modelresultaten voor 1996/7 en 1998/9 moeten toch enige kanttekeningen worden geplaatst. Dit houdt verband met het feit dat 1996/7 een extreem droog jaar was (circa 30% minder neerslag dan in een gemiddeld jaar, zie tabel 9) en dat 1998/9 een extreem nat jaar was (ruim 50% meer neerslag dan in een gemiddeld jaar, zie tabel 9). Dit betekent dat beide jaren (en vooral 1996/7) buiten de 'calibratieruimte' van GELRE vallen. Ondanks het grote aantal doorgerekende combinaties van bodemeigenschappen, temperatuur, bemestingsregime, neerslag en gewasgroei zijn er geen combinaties met dergelijke extreme klimatologische omstandigheden gebruikt. Dit betekent dat toepassing van GELRE in 1996/7 en 1998/9 een extrapolatie inhoudt in plaats van een interpolatie. Dit leidt tot een grotere onnauwkeurigheid en vooral ook tot *onzekerheid omtrent de mate van onnauwkeurigheid*. Complicerende factoren die een rol zouden kunnen spelen zijn:

- In 1996/7 was het neerslagoverschot zeer klein en voor bepaalde locaties zelfs negatief. Dit leidt tot soms moeilijk interpreteerbare resultaten; jaren met een negatieve netto uitspoeling zijn echter zeer zeldzaam in Nederland.
- Mogelijke onnauwkeurigheid in de modelvoorspellingen voor het natte jaar 1998/9 heeft vooral te maken met de mate van optreden van microbiële processen, die nitraat onder zuurstofarme omstandigheden in gasvormig stikstof

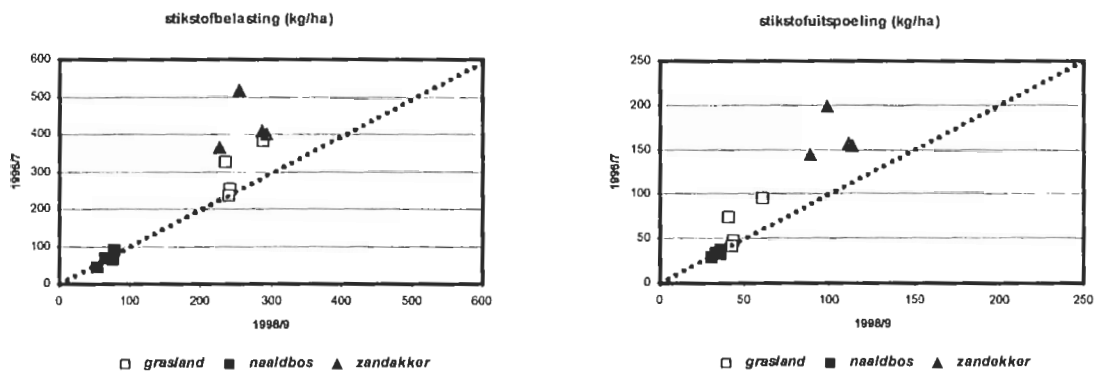


Kaart 4 Stikstofuitspoeling Gelderland (reëel)



Kaart 5 Stikstofuitspoeling Gelderland (gestandaardiseerd naar een klimatologisch gemiddeld jaar)

of lachgas omzetten: denitrificatie. Wanneer de bodem gedurende langere tijd geheel verzadigd met water is geweest, zoals in 1998/9 het geval is geweest, kan deze denitrificatie in werkelijkheid kwantitatief van meer belang zijn geweest dan met SEKTRAS is berekend voor de 163 situaties die zijn doorberekend bij het ontwikkelen van GELRE. Dit betekent dat de berekende stikstofbelasting en stikstofuitspoeling voor 1998/9 eerder een ondergrens dan een exact gemiddelde weergeven, aangezien stikstof mogelijkwijze is 'zoekgeraakt'. Dit leidt er vervolgens toe dat de in figuur 6 getoonde afname van stikstofbelasting en stikstofuitspoeling in het geval van akkers en graslanden waarschijnlijk minder sterk is geweest dan gesuggereerd. Het is echter zeer onwaarschijnlijk dat denitrificatie alleen in staat is om de afname tussen 1996/7 en 1998/9 te verklaren. Een gedeelte van de afname, met name bij akkers, heeft waarschijnlijk toch te maken met een reële invloed van veranderingen in bemestingsstrategieën. Resultaten voor de komende jaren zullen bevestigen of de waargenomen tendensen doorzetten in de door de resultaten voor 1996/7 en 1998/9 voorspelde mate.

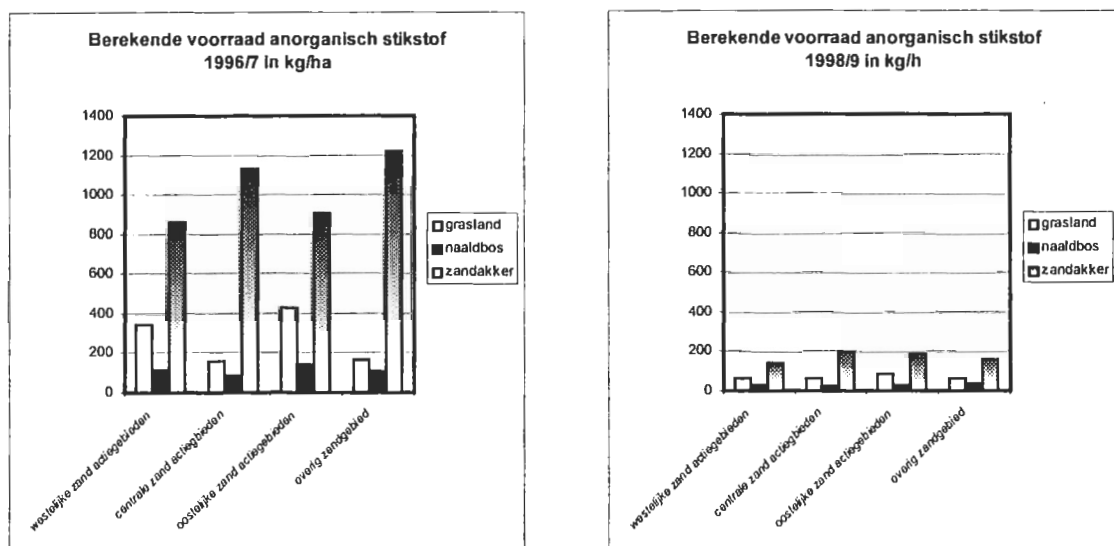


Figuur 7 Modellerings van stikstof: regionale verschillen (clusters) tussen de berekende stikstofbelasting en stikstofuitspoeling, in het geval van stikstofuitspoeling door GELRE teruggerekend naar een klimatologisch gemiddeld jaar

Ook regionale verschillen zijn waar te nemen. In figuur 7 is op het niveau van clusters de berekende stikstofuitspoeling voor een gemiddeld meteorologisch jaar, gebaseerd op meetgegevens van het natte jaar 1998/9, uitgezet tegen de berekende stikstofuitspoeling voor een gemiddeld meteorologisch jaar, maar nu gebaseerd op meetgegevens van het droge jaar 1996/7. Het blijkt dat voor naaldbossen een 1:1 relatie bestaat voor alle clusters. Dit houdt in dat de (gestandaardiseerde) uitspoeling gelijk blijft. Voor zandakkers wordt voor alle vier clusters een hogere gemiddelde uitspoeling berekend voor het jaar 1996/7 in vergelijking met het jaar 1998/9. Voor natte graslanden blijken er verschillen te bestaan tussen de clusters. Twee clusters blijken in beide jaren hetzelfde stikstofuitspoelingspatroon te vertonen, vergelijkbaar met dat van naaldbossen; dit betreft de centrale zand actiegebieden (cluster 2) en het overig zandgebied (cluster 4). De beide andere clusters (westelijke zand actiegebieden, oostelijke zand actiegebieden) zijn vergelijkbaar met de zandakkers. Het overig zandgebied (cluster 4) kan op basis van de perceelsgegevens, weergegeven in bijlage 5, worden uitgesplitst tussen 'Veluwe' en 'Achterhoek'. Het blijkt dat in het

overig zandgebied 'Veluwe' op natte graslanden sprake is van een nagenoeg gelijk blijven van de stikstofuitspoeling onder gestandaardiseerde omstandigheden (1996/7: 38.6 en 1998/9: 43.4) en in de 'Achterhoek' sprake is van een afname (1996/7: 64.4 en 1998/9: 43.6). Ondanks de onnauwkeurigheid ten gevolge van het geringe aantal percelen waarover het gemiddelde is berekend, komt er voor natte graslanden nu toch een duidelijk beeld naar voren. Tussen 1996/7 en 1998/9 neemt de berekende stikstofuitspoeling alleen af in de westelijke en oostelijke zand actiegebieden en in het gebied 'Achterhoek' van het overig zandgebied. In de overige gebieden treedt geen significante verandering op. De eerstgenoemde gebieden zijn alle zogenaamde 'overschotgebieden', waar mag worden verwacht dat het invoeren van strengere regelgeving ten aanzien van de lokale afzet van dierlijke mest meer effect sorteert op de stikstofbelasting en dus op de stikstofuitspoeling dan in de andere gebieden. Ook hier blijken dus de modelberekeningen met GELRE tot conclusies te leiden waarvoor een tamelijk voor de hand liggende verklaring kan worden geformuleerd.

Ook bij deze conclusies is echter voorzichtigheid ten aanzien van de nauwkeurigheid geboden, omdat de variatie in de meetresultaten voor het jaar 1996/7 erg hoog is.



Figuur 8 Modellering van stikstof: de berekende voorraad anorganisch stikstof in 1996/7 en 1998/9

De anorganische stikstofvoorraad in de laag 0-90 cm is ook met GELRE berekend. In figuur 8 zijn de gehalten op clusterniveau vergeleken, gerangschikt per bodemgebruiktype. Er moet echter voor gewaarschuwd worden teveel waarde te hechten aan deze getallen; door de zeer lage doorstroming van de bodem in 1996/7 is de schatting erg onnauwkeurig. Met name de hoge waarden in 1996/7 zijn daardoor waarschijnlijk te hoog ingeschat. De waarde van de berekening van de voorraden zal met name blijken wanneer meer meetjaren ter beschikking komen.

Bijlage 1 Gedetailleerde beschrijving modellen

1 Inleiding

Het doel van het Gelders bodemmeetnet is het vaststellen van de huidige bodemkwaliteit in het Gelders buitengebied in relatie tot de thema's verzuring, vermisting en verspreiding en het monitoren van veranderingen daarin. Om de huidige bodemkwaliteit vast te kunnen stellen is sinds 1997 de bodem op een groot aantal percelen bemonsterd en is een groot aantal parameters in de verkregen monsters bepaald.

Bij het integreren van de meetresultaten van het bodemmeetnet ligt de nadruk op het vaststellen van veranderingen in de aanvoer en de afvoer van milieukritische stoffen. Om dit mogelijk te maken wordt jaarlijks rond 1 maart op een aantal percelen het bodemvocht op een diepte van 60-90 cm bemonsterd en geanalyseerd. Hiermee wordt inzicht verkregen in met name de uitspoeling, aangezien een stof die zich op 1 maart op 60-90 cm diepte in mobiele vorm in de bodem bevindt als definitief uitgespoeld moet worden beschouwd. Het is niet eenvoudig om meetgegevens van totaalgehalten en concentraties in het bodemvocht om te zetten in schattingen omtrent de netto uitspoeling en de netto aanvoer in het jaar voorafgaande aan bemonstering. Hiervoor moeten meetnetgegevens worden gecorreleerd met bijvoorbeeld gegevens over het klimaat, de hydrologie en de opname door het gewas. Het model SEKTRAS is in staat om door integratie van verschillende modules het transport in de bodem gedurende een bepaalde periode uit te rekenen op basis van een aantal bodemkenmerken. Ook kan de concentratie in het bodemvocht op een diepte van 60-90 cm worden berekend. SEKTRAS is met name in staat het transport van macro-elementen (koolstof, stikstof, fosfor) te simuleren. De van SEKTRAS afgeleide modellen STRASS en MOHOC simuleren het transport van zware metalen en organische verontreinigingen, respectievelijk.

Het grootste probleem van SEKTRAS en daaraan gerelateerde modellen is het feit dat daarmee weliswaar op perceelsniveau uitspoeling kan worden berekend, maar dat vanwege het feit dat de uitvoerparameter 'concentratie in het bodemvocht op 60-90 cm diepte' tevens meetgegeven is, iteratieve berekeningen moeten worden uitgevoerd. Dit maakt directe SEKTRAS-modellering zeer tijdrovend en derhalve te duur om standaard binnen het bodemmeetnet toe te passen. Een alternatief voor het direct toepassen van SEKTRAS (of STRASS, MOHOC voor respectievelijk zware metalen en organische microverontreinigingen) is het opstellen van uit SEKTRAS afgeleide rekenregels, waarmee na invoeren van hydrologische parameters en bodemkenmerken, alsmede de gemeten concentratie op 60-90 cm diepte, de uitspoeling van een bepaalde stof kan worden geschat. Deze rekenregels vormen tezamen het model *GELRE* (*GEL*derse *RE*kenregels).

In de volgende hoofdstukken worden eerst de modellen SEKTRAS (hoofdstuk 2), STRASS (hoofdstuk 3) en MOHOC (hoofdstuk 4) kort beschreven. In hoofdstuk 5 wordt omschreven hoe GELRE is ontstaan uit de basismodellen en wordt een aantal rekenregels weergegeven.

2 SEKTRAS

Het model SEKTRAS (Simulation of Equilibria, Kinetics and TRANsport in Soils) is ontwikkeld uit het evenwichtsmodule van het chemische rekenprogramma CHARON (de Rooij, 1991). Hieraan zijn routines toegevoegd voor de beschrijving van niet-evenwichtsprocessen in de bodem. Het model is het afgelopen decennium onder meer toegepast voor de berekening van de emissie van lachgas (N₂O) uit grasland en voor de berekening van de optimale fertigatie-strategie voor de nutriëntenvoorziening van appelbomen. Het model bestaat uit een aantal modules. In dit hoofdstuk wordt een kort overzicht van de verschillende modules gegeven: in paragraaf 1.1 wordt het 'stand-alone' hydrologisch model beschreven en in paragraaf 1.2 het bodemchemisch model inclusief microbiële processen, plantopname, transportroutines etc.

2.1 Het hydrologisch model

Dit model, dat als 'stand-alone' programma opereert naast het hoofdprogramma van SEKTRAS (en daardoor eenvoudig inwisselbaar is), berekent de waterbalans van de bodemkolom op basis van dagelijkse neerslag- en temperatuurgegevens. Voor een 1-dimensionale bodemkolom van 5-50 segmenten wordt per dag de stroming in het bodemprofiel, de plantopname van water en het watergehalte van de segmenten van de kolom berekend. Belangrijk in het hydrologisch model is een aantal functies, die gefit zijn op meetgegevens, en die een beschrijving geven voor de in het model gebruikte functies voor de inschatting van de verdamping door gewassen en de 'normale' fysische verdamping.

Verdamping door gewassen (evapo-transpiratie)

De evapo-transpiratie E_v is het product van een temperatuurafhankelijke functie (de 'referentie gewas verdamping' R_{gv} , uitgedrukt in millimeter water) en een empirische numerieke factor GF die afhangt van het type gewas:

$$E_v = R_{gv} * GF$$

$$R_{gv} = 0.65 * \sin(2\pi * [dagnr-30]/365) + 0.165 * (1 + T - T/20)$$

waarin:

dagnr: volgnummer van de dag in het jaar

T: gemiddelde etmaaltemperatuur

De functie is gedefinieerd voor $T > 4^\circ \text{C}$, aangezien beneden deze temperatuur geen gewasopname van water geacht wordt plaats te vinden.

Fysische verdamping

De fysische verdamping treedt slechts op vanuit de bovenste laag van de bodem en is als volgt gedefinieerd:

$$V_f (\text{mm/etmaal}) = 0.06 * T * \theta$$

waarin:

V_f : fysische verdamping in millimeter per etmaal

θ : volumetrisch watergehalte van het bovenste segment van de bodemkolom

2.2 Het bodemchemisch model

In het bodemchemische deel van het SEKTRAS model wordt een bodemkolom, opgebouwd uit een variabel aantal lagen, gesimuleerd. Processen die in de modelformulering zijn opgenomen zijn:

2.2.1 *Simulatie van de bodemtemperatuur*

2.2.2 *Gasdiffusie*

2.2.3 *Microbiële processen:*

Afbraak organische stof

Nitrificatie

Denitrificatie

2.2.4 *Plantopname van stoffen*

2.2.5 *Transport van opgeloste stoffen*

2.2.6 *Chemische evenwichtsreacties:*

Complex-vorming

Kationen-uitwisseling

Adsorptie aan variabele ladingoppervlakken

Neerslaan/oplossen van zouten

Voor de simulaties is gebruik gemaakt van een bodemkolom van 6 segmenten van 15 cm ieder, zodat de gesimuleerde bodemkolom 90 cm lang is. Ieder etmaal wordt voor ieder segment het chemisch evenwicht berekend. Vervolgens wordt een tijdsstap (= 24 uur) gezet, en worden alle kinetische processen geëvalueerd. Het resultaat van deze exercitie wordt vervolgens in rekening gebracht op de componenten van het evenwichtssysteem. Hierna wordt opnieuw chemisch evenwicht berekend.

Figuur B1.1 toont het flowschema van SEKTRAS.

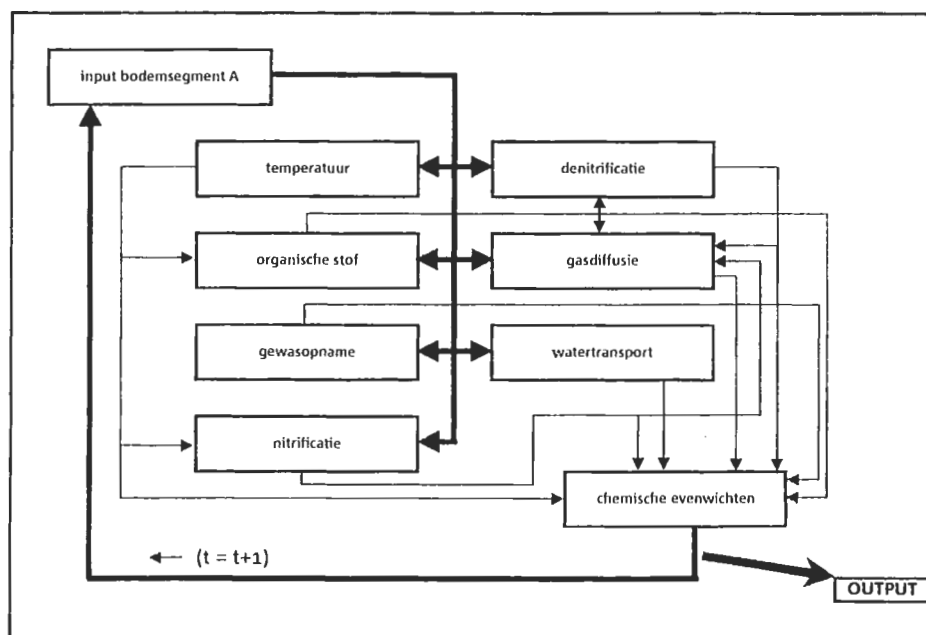
2.2.1 Simulatie van de bodemtemperatuur

De bodemtemperatuur wordt dynamisch, met behulp van een 1-dimensionaal convectie-dispersie model, berekend. Het startprofiel van de bodemtemperatuur in laag I ($T_{0,i}$) op dag jd, wordt berekend met de *analytische* oplossing:

$$T_{0,i} = T_{av} + A * \sin(2*\pi*(jd-120)/365 - d_i/2) * \exp(-d_i/2)$$

waarin:

T_{av} : gemiddelde jaarlijkse temperatuur
 A : amplitude van de jaarlijkse temperatuur variatie
 d_i : diepte van de laag in het bodemprofiel in meters



Figuur B1.1 Flowschema SEKTRAS

Hierbij wordt aangenomen, dat de dempingdiepte van de temperatuurgolf 2 meter bedraagt, een reële waarde voor zandgronden. De gemiddelde jaartemperatuur voor Nederland is gesteld op 10°C, en voor de amplitude is ook 10°C gekozen.

De *dynamische* berekening van de temperatuurverandering in de bodem is gebaseerd op de vergelijking:

$$\frac{\partial T}{\partial t} = \frac{\lambda}{Cw} * \frac{\partial^2 T}{\partial x^2}$$

waarin:

λ/Cw : warmte diffusie coëfficiënt
 λ : warmte-geleidings coëfficiënt
 Cw : warmte capaciteit van de grond

De waarde van λ/C_w wordt iedere tijdsstap voor ieder segment van de bodemkolom berekend. C_w wordt berekend uit het watergehalte ($C_w = 1000 \text{ kcal.m}^{-3}.\text{°C}^{-1}$), organische stof ($C_w = 600 \text{ kcal.m}^{-3}.\text{°C}^{-1}$), en minerale delen ($C_w = 480 \text{ kcal.m}^{-3}.\text{°C}^{-1}$) (data: de Vries, 1963). λ wordt uit het watergehalte van het segment berekend met behulp van de vergelijking:

$$\lambda \text{ (in cal.m}^{-1}.\text{°C}^{-1}.\text{ seconde}^{-1}\text{)} = 0.04 + 0.35 * \text{WFPS}^2 / (0.065 + \text{WFPS}^2)$$

waarin:

WFPS : fractie van de poriënruimte die is gevuld met water

De vergelijking is gefit op de curve van λ voor zandgronden zoals gegeven door van Duin (1956). Wanneer wordt aangenomen dat (i) de lucht temperatuur (gemiddelde waarde voor een etmaal) de randwaarde aan de bovenkant van de kolom is, en (ii) de temperatuur in het laatste segment na de vorige tijdsstap de randwaarde aan de bodem van de kolom is, dan kan hiermee het temperatuursprofiel voor de nieuwe tijdstap berekend worden.

2.2.2 Gasdiffusie

Gasdiffusie in de bodem wordt berekend met een één-dimensionaal, volledig impliciet transport model inclusief simulering van mogelijke reacties met nulde en eerste orde kinetiek. Evenwicht met de waterfase wordt met de Henry constante, die wordt gebruikt als een eerste orde extractieterm, gesimuleerd. De hoeveelheid gas in de waterfase op tijdstip $t-1$ is nulde orde modelinvoer. Gastransport wordt berekend voor CO_2 en NH_3 . Het model bevat een extra segment van 2.5 cm boven op de bodemkolom waarin alleen gas diffusie optreedt. De gasdiffusie coëfficiënt van ieder grensvlak in de bodemkolom wordt nu berekend met:

$$D_{\text{eff}} = D_{\text{mol}} * \Theta_{\text{gas}}^2$$

waarin:

Θ_{gas} : gemiddelde volumefractie gas in de segmenten rond het grensvlak
 D_{mol} : moleculaire diffusie coëfficiënt van gas, ongeveer $1 \text{ m}^2.\text{etmaal}^{-1}$
 D_{eff} : effectieve diffusie coëfficiënt zoals die in de transportberekening gebruikt wordt

De gegeven vergelijking is een 'best-fit' van de diffusiecoëfficiënten zoals door Bruckler et al. (1989) gerapporteerd zijn. Ook is deze vergelijking equivalent aan de effectieve diffusie coëfficiënt voor opgeloste stoffen in poriënwater in sedimenten (zie o.a. Berner, 1980). Er wordt vanuit gegaan dat geen gas de bodemkolom aan de onderzijde verlaat.

De productie van CO_2 als gevolg van afbraak van organische stof (beschreven in paragraaf 2.2.3.1) wordt in elk segment ingevoerd als proces met een nulde orde

kinetiek. Na berekening van het gastransport worden de daardoor ontstane verschillen weer in het evenwichtssysteem gebracht.

2.2.3 Microbiële processen

2.2.3.1 Afbraak organische stof

Het model bevat 3 organische stof 'pools'. De verandering in pool j in segment i ($\Delta OM_{i,j}$) wordt iedere tijdsstap berekend met de volgende vergelijking:

$$\Delta OM_{i,j} = -k_{\max,i,j} * k_{t,j} * F(\text{water}) * [OM_{i,j}] + [OM_{i,j}\text{-input}]$$

waarin:

$k_{\max,j}$:	eerste orde afbraak constante (maximaal) in pool j
$k_{t,j}$:	temperatuur coëfficiënt van de afbraak in pool j
$F(\text{water})$:	functie die het verband tussen de afbraaksnelheid en het watergehalte van de poriën weergeeft
$[OM_{i,j}]$:	organische stof gehalte (pool j) in segment i, uitgedrukt in mol koolstof per m ²
$[OM_{i,j}\text{-input}]$:	aanvoer van organische stof (pool j) in segment i, uitgedrukt in mol koolstof per m ²

Voor de temperatuur coëfficiënt $k_{t,j}$ wordt het volgende verband gebruikt:

$$k_{t,j} = (a_{0,j} + a_{1,j} * T_i^{a_{2,j}}) * (1 + a_{3,j} * T_i^{a_{4,j}})^{-1}$$

waarin:

a_0, a_1, a_2, a_3, a_4 :	constanten (zie tabel 1) die zo gekozen zijn dat per organische stof pool een typische temperatuursafhankelijkheid beschreven wordt
T_i :	temperatuur in segment i in °C

Figuur B1.2a toont het verloop van de temperatuursfuncties van de afbraak per organische stof pool tegen de temperatuur in graden Celsius.

Voor de functie $F(\text{water})$ is het gesimuleerde verband:

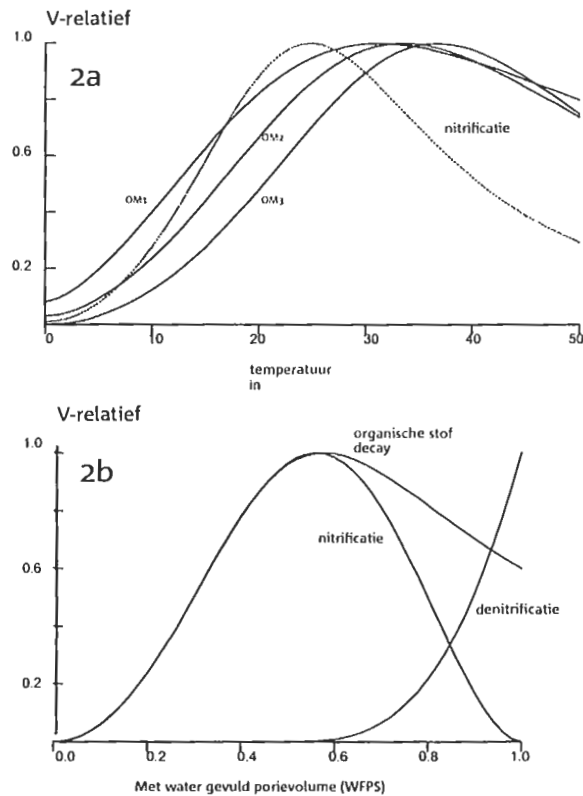
$$F(\text{water}) = (6 * WFPS^2) / (1 + 9 * WFPS^4)$$

waarin:

WFPS:	fractie van de poriënruimte die is gevuld met water
-------	---

Het verloop van deze functie is weergegeven in figuur B1.2b.

De input van organische stof in segment i, $OM_{i,j}\text{-input}$ (uitgedrukt in mol koolstof per m²), wordt berekend op basis van de wortelverdeling over de segmenten. Hierbij wordt ervan uitgegaan dat de totale wortelbiomassa eenmaal per jaar afsterft. De hoeveelheid wortels voor gras is gesteld op 3000 kg organische stof per hectare.



Figuur B1.2 De afhankelijkheid van microbiële processen (afbraak organische stof, nitrificatie, denitrificatie) van de temperatuur (figuur B1.2a) en van de fractie watergevuuld porievolumen (figuur B1.2b)

Voor gras wordt per tijdstap de volgende vergelijking toegepast:

$$[OM_{i,j}\text{-input}] \text{ (voor gras)} = 0.02 * 0.95^{(T-20)}$$

waarin:

T: gemiddelde etmaaltemperatuur

Voor maïs wordt vanaf het begin van het groeiseizoen een wortelbiomassa opgebouwd, die na de oogst in enkele dagen overgaat naar de organische stof pools van de bodem. In totaal wordt zo 2000 kg organische stof per hectare per jaar aangevoerd en toegevoegd aan de verschillende pools.

De aanvoer van organische stof uit wortelmasa en oogstresten wordt in het model verdeeld over de drie pools conform de verdeelsleutel die in tabel B1.1 wordt gegeven. Ook de organische stof die als dierlijke mest wordt toegevoegd, wordt in

het model verdeeld conform dezelfde verdeelsleutel. Deze organische stof wordt dan in de modelbeschrijving niet over de gehele bewortelde diepte verspreid, maar alleen in het bovenste segment ingevoerd.

Tabel B1.1 Eigenschappen organische stof 'pools' SEKTRAS

'POOL':	OM1	OM2	OM3
verdeelsleutel	0.45	0.35	0.20
mol C / kg OM	37.5	40.0	45.0
mol C / mol N	15.0	45.0	25.0
k_{max} (ctmaal ⁻¹)	0.1	0.001	0.00001
a_0	0.08	0.03	0.0
a_1	0.0105	0.0037	0.001236
a_2	1.5	1.75	2.0
a_3	3.0E-5	6.0E-7	1.0E-8
a_4	3.0	4.0	5.0

2.2.3.2 Nitrificatie

Nitrificatie wordt in het model beschreven als een functie van uitsluitend (i) de bodemtemperatuur, (ii) de WFPS, (iii) de pH en (iv) de concentratie ammonium-ionen. Er wordt geen populatiedynamica voor nitrificerende bacteriën berekend. Per tijdsstap wordt voor ieder segment uitgerekend hoe de concentratie ammonium-ionen is afgenomen:

$$\Delta[\text{NH}_4]/\Delta t = k_i * F(T) * F(\text{WFPS}) * F(\text{pH}) * [\text{NH}_4] / (k_2 + [\text{NH}_4]^2)$$

- De functies voor $F(T)$, $F(\text{WFPS})$ en voor de ammonium-ionen concentratie $[\text{NH}_4]$ zijn gefit op de metingen van Malhi en McGill (1982).
 - De temperatuursafhankelijkheid $F(T)$ wordt met de volgende functie beschreven:

$$F(T) = (a_0 + a_1 * T_i^{a_2}) * (1 + a_3 * T_i^{a_4})^{-1} \quad (T_i \text{ in } ^\circ\text{C})$$

De waarden voor de coëfficiënten zijn: $a_0 = 0.0077$, $a_1 = 0.00315$, $a_2 = 2$, $a_3 = 0.0000025$, $a_4 = 4$. Hierbij is $T_{\max} = 25^\circ\text{C}$ (en $F(T_{\max}) = 1.0$). Deze functie geeft het verloop van de nitrificatie met de temperatuur goed weer op het temperatuurtraject van 4 tot 20 °C. Daarboven zijn de functiewaarden te hoog in vergelijking met de door Malhi en McGill gemeten waarden. Er wordt vanuit gegaan dat voor Nederlandse omstandigheden een betere adaptatie van de bacteriën aan hogere temperaturen heeft plaats gevonden dan voor de Canadese omstandigheden waarbij Malhi en McGill hun metingen verricht hebben.

- De functie $F(WFPS)$, die goed voldoet voor de beschrijving van de data van Malhi en McGill en daarnaast aan de volgende eigenschappen voldoet: $WFPS = 0 \Rightarrow F(WFPS) = 0$, $WFPS = 1 \Rightarrow F(WFPS) = 0$, $F(WFPS)_{\max} = 1$, is de volgende:

$$F(WFPS) = \sin^{\alpha}(\pi * WFPS^{\beta}) \quad \alpha = 1.75, \beta = 1.2 \text{ (gefit)}$$

- $F(pH)$ is gekozen als $1/(1+10^{4.5} * 10^{-pH})$, waardoor de relatieve snelheid van de nitrificatie bij $pH=4$ ongeveer 25 %, bij $pH=4.5$ ongeveer 50 %, bij $pH=5$ ongeveer 75 % en boven $pH=6$ ongeveer 100% bedraagt.

In figuur B1.2a zijn de afhankelijkheid van de nitrificatie-snelheid van de temperatuur en van WFPS conform de hierboven gegeven formules weergegeven. Per tijdstap worden de omgezette hoeveelheden NH_4^+ per segment teruggevoerd in het evenwichtssysteem, nu als $NO_3^- + 2 H^+$.

2.2.3.3 Denitrificatie

Denitrificatie wordt in het model beschreven als een functie van (i) afbraak organische stof, (ii) WFPS en (iii) nitraatconcentratie. In het model wordt er impliciet vanuit gegaan dat de bacteriën die denitrificeren, altijd ruimschoots voorhanden zijn, en dat deze bacteriën facultatief zuurstof of nitraat als terminale electronenacceptor kunnen gebruiken. Hierdoor is het niet nodig een populatiedynamica van denitrificeerders te berekenen. Het enige dat berekend moet worden is de mate waarin denitrificatie optreedt. Denitrificatie is alleen van belang bij zeer lage zuurstofconcentratie. Daar het model geen zuurstof berekent, wordt de zuurstofbeschikbaarheid berekend aan de hand van het watergehalte. Voor ieder segment en voor iedere tijdstap wordt de vermindering van de nitraatconcentratie berekend conform:

$$\Delta NO_3 / \Delta t = c_0 * F(\text{water}) * F-NO_3 * \Delta C_{org} / \Delta t$$

waarin:

$\Delta C_{org} / \Delta t$: de hoeveelheid organisch koolstof die per tijdstap wordt omgezet in ieder segment, berekend in de module voor de afbraak van organische stof (zie 2.2.3.1)

De functie voor $F(\text{water})$ is (zie ook figuur B1.2b):

$$F(\text{water}) = [(WFPS - 0.4) / 0.6]^{2.5}$$

Tenslotte is de functie voor de nitraat concentratie (Michaelis-Menten kinetiek):

$$F-NO_3 = [NO_3] * (c_1 + [NO_3])^{-1}$$

De eenheid van concentratie $[\text{NO}_3]$ in deze vergelijking is mol NO_3 per kg totaalgewicht grond, dwz. per kilogram nat gewicht. Bij de simulaties is voor c_0 een waarde van 1.25 en voor c_1 een waarde van $0.0085 \text{ mol NO}_3/\text{kg grond}^{-1}$ aangenomen.

2.2.4 Plantopname van stoffen

Per beworteld segment wordt per dag de potentiële toelevering van stoffen naar de wortel berekend. Hiervoor wordt de maximale flux door een waterfilm naar het oppervlak van de wortel berekend, waarbij rekening wordt gehouden met convectie en moleculaire diffusie. De gemiddelde diffusielengte wordt berekend uit worteloppervlak en WFPS. Deze potentiële levering wordt (arbitrair) voor iedere stof beperkt tot 10 % van de totaal aanwezige stof (vast + oplossing) in het segment. Vervolgens wordt voor de gehele bodemkolom de totale potentiële levering berekend. Indien deze groter is dan de potentiële behoefte (uit invoergegevens van totale potentiële opname over het gehele groeiseizoen), dan wordt de opname evenredig gereduceerd. Indien dit niet het geval is wordt de berekende hoeveelheid in het model aan elk segment onttrokken. De waarden voor de gerealiseerde opname en het tekort t.o.v. de potentiële opname worden bewaard in een uitvoerfile van het model. Bij stikstofopname wordt de totale opname verdeeld over nitraatopname en ammoniumopname volgens de ratio van de concentraties van beide stoffen in het bodemvocht (er wordt van uitgegaan, dat het gewas geen voorkeur heeft voor een van beide vormen van beschikbare stikstof).

Na vaststelling van de componentopname voor ieder segment, wordt de ionenbalans voor de opname in het model sluitend gemaakt door bij opname van te veel kationen productie van H^+ te simuleren en bij opname van te veel anionen OH^- .

2.2.5 Transport van opgeloste stoffen

Watertransport tussen de segmenten van de bodemkolom wordt berekend door het hydrologisch model. Omdat voor alle componenten de opgeloste concentratie op $t-1$ bekend is (uit de het laatst uitgevoerde evenwichtsberekening), kan het stoftransport voor een component tussen de segmenten i en $i+1$ (bij neerwaartse stroming) worden berekend met:

$$M_{\text{trans}(i,i+1)} = \text{flow}_{i,i+1} * C_{i,t-1} \quad (\text{expliciet transport})$$

Als de stroming opwaarts is, dan geldt:

$$M_{\text{trans}(i+1,i)} = \text{flow}_{i+1,i} * C_{i+1,t-1}$$

Deze aanpak is echter alleen toepasbaar indien de stroming van water in de tijdsstap klein is vergeleken met het volume water in het bronsegment. Dit is altijd het geval voor opwaartse stroming, maar niet voor neerwaartse stroming. Wanneer de neerwaartse stroming groot is in vergelijking tot het watervolume van het segment, dan wordt overgestapt op een impliciet transportschema:

$$M_{\text{trans}(i,i+1)} = \text{flow}_{i,i+1} * C_{i,t} \quad (\text{impliciet transport})$$

$C_{i,t}$ wordt, onder aanname van conservatief menggedrag van alle opgeloste componenten, berekend.

Voor ieder segment is de massa balans voor iedere component (bij neerwaartse stroming):

$$M_{i,t} = M_{i,t-1} + M_{\text{trans}(i-1,i)} - M_{\text{trans}(i,i+1)}$$

Omdat het transportschema numeriek is, wordt numerieke dispersie geïntroduceerd. Bij de berekening wordt aangenomen dat de numerieke dispersie dusdanig groot is dat geen rekening behoeft te worden gehouden met werkelijk optredende diffusie en dispersie.

2.2.6 Chemische evenwichtsreacties

In iedere laag van de bodemkolom wordt geacht een chemisch evenwicht te heersen, zodat het systeem kan worden beschreven als een chemisch evenwichtssysteem. Hierbij worden processen zoals (i) complexvorming in oplossing, (ii) neerslaan en oplossen van zouten, (iii) gasuitwisseling tussen gasfase en vloeistof en (iv) kationen uitwisseling berekend. Het chemisch evenwichtssysteem onderscheidt *componenten* (bouwstenen), *species* (verbindingen) en *fasen* (chemisch homogene, fysisch onderscheidbare delen van een evenwichts-systeem).

- De componenten van het evenwichtssysteem zijn in deze berekeningen H^+ , OH^- , Al^{3+} , Fe^{3+} , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , NH_4^+ , PO_4^{3-} , SO_4^{2-} , CO_3^{2-} , Cl^- , NO_3^- , humaten, CEC (kationen uitwisselingscapaciteit met permanente lading), AEC (variabele lading uitwisselingscapaciteit voor anionen), VCEC (variabele kationen uitwisselings-capaciteit) en inert gas (IG).
- Ionsterkte effecten worden berekend met de 'extended Debye-Hückel' vergelijking:

$$\log \gamma = -A * z^2 * \sqrt{I} * (1 + B * a * \sqrt{I})$$

waarin:

γ : activiteitscoëfficiënt van een ionische species
 I : ionsterkte van het bodemvocht

A, B:	temperatuursafhankelijke constanten voor water (bij 25 °C, A=0.509, B=0.328)
ã:	ion-specifieke constante overeenkomend met de effectieve gehydrateerde ionstraal in Ångstrom (e.g. $\text{Ca}^{++} = 6$)

2.3 Uitvoer van SEKTRAS

Het model produceert 3 uitvoerfiles:

- een file met berekende concentraties (vloeistof en vast) in het profiel per tijdsstap
- een file met benodigde gegevens voor STRASS en MOHOC simulaties (zie hoofdstuk 3 en 4)
- een file met berekende cumulatieve uitvoergegevens zoals input, plantopname, uitspoeling, afbraak en omzettingen, alsmede de eindprofielen van alle opgeloste stoffen.

3 STRASS

STRASS ('Simulation of TRansport And Sorption in Soils') beschrijft het chemisch gedrag van zware metalen (en andere micro-componenten) in de bodem vooral als resultante van de interacties tussen deze stoffen enerzijds en complexerende/adsorberende stoffen in bodem en bodemvocht anderzijds. Omdat de chemische evenwichten van macro-elementen het gedrag van zware metalen en andere micro-componenten in de bodem bepalen en er vice versa geen sprake is van beïnvloeding, kunnen gegevens omtrent de globale samenstelling van bodem en bodemvocht, zoals gegenereerd door SEKTRAS rechtstreeks als invoer voor STRASS worden gebruikt. Om deze procedure te vereenvoudigen worden de voor STRASS noodzakelijke gegevens automatisch in een uitvoerfile van SEKTRAS ondergebracht (vgl. paragraaf 1.3). In paragraaf 3.1 wordt de speciatie van zware metalen (dat wil zeggen de gedetailleerde chemische vorm waarin zij in bodem en bodemvocht kunnen voorkomen) toegelicht met cadmium en koper als voorbeelden. Daarna wordt in paragraaf 3.2 beschreven hoe de adsorptie van zware metalen in het model is beschreven. Tenslotte wordt de koppeling van het speciatiemodel en het adsorptiemodel in STRASS besproken (paragraaf 3.3) alsmede een aantal andere aspecten van de structuur van STRASS (paragraaf 3.4).

In principe kan met STRASS overigens het resultaat van elk model, dat de pH, de calcium concentratie en de ionsterkte van de bodemoplossing in de tijd voorspelt, gebruikt worden. De in het basismodel gebruikte tijdsstap is hierbij essentieel. Bij de ontwikkeling van GELRE is als macro-chemisch model SEKTRAS gebruikt, omdat SEKTRAS rekent met tijdstappen van een etmaal. Hierbij is de berekening gericht op veranderingen binnen enkele jaren. Indien een voorspelling dient te worden gemaakt van ontwikkelingen gedurende decennia of eeuwen, kan ook het model

RESAM worden gebruikt als 'basismodel'. RESAM werkt met tijdstappen van een jaar.

3.1 Chemische aspecten van cadmium en koper in de bodem

Cadmium en koper komen in het bodemvocht voor in drie vormen:

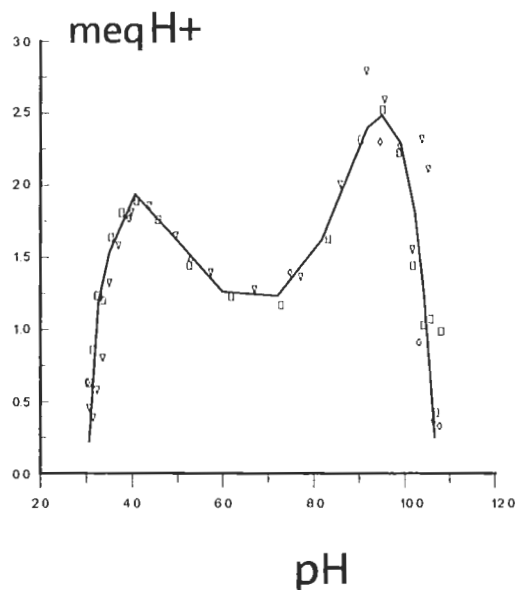
- Als vrij ion Me^{2+} (in werkelijkheid als gehydrateerd ion in 6-omringing, $\text{Me}(\text{H}_2\text{O})_6^{2+}$; de watermoleculen worden bij de standaard schrijfwijze echter altijd weggelaten)
- Als simpele anorganische complexen, zoals hydroxy-, chloride en sulfaat complexen (o.a. MeOH^+ , MeCl^+)
- Als complexen met opgeloste organische verbindingen zoals humus- en fulvozuren.

De speciatie in het bodemvocht is gedefinieerd als de verdeling van het opgeloste metaal over deze drie verschijningsvormen.

Berekeningen en metingen tonen aan dat de speciatie in 'zoet' bodemvocht (niet beïnvloed door zeewater) in Nederlandse bodems vrijwel uitsluitend bepaald wordt door de organische (humus- en fulvo-) complexen.

Om het gedrag van de zware metalen in de bodem te begrijpen, moet dus de interactie tussen de metalen en de opgeloste humus- en fulvozuren beschreven worden. De chemie van de humus- en fulvozuren is zeer complex omdat het hier niet gaat om één verbinding, maar om een groot aantal macromoleculaire stoffen. Bij scheiding met gelpermeatie chromatografie blijkt de moleculaire massa te variëren van ongeveer 1000 tot ongeveer 500000 dalton. Een belangrijke maat voor het opgeloste humus- en fulvozuur is het DOC gehalte van het bodemvocht (DOC = Dissolved Organic Carbon).

Figuur B1.3 geeft de titratiecurve weer van DOC dat is geïsoleerd uit de A-horizon van een humus-podzol. Op de Y-as staat het pH-bufferend vermogen, op de X-as de pH. Het blijkt dat het pH-bufferend vermogen twee maxima heeft: één tussen pH=4 en pH=5, en één tussen pH=9 en pH=10. De eerste piek wordt in het algemeen geassocieerd met dissociatie van carboxylgroepen (R-COOH), terwijl het tweede maximum meestal wordt toegeschreven aan fenolische OH groepen. Het lijkt dus redelijk om als model voor DOC een dibasisch zuur te nemen met als pKz waarden: $\text{pKz}_1 = 4.3$ en $\text{pKz}_2 = 9.5$. Hierbij wordt dan impliciet ook aangenomen dat de hoeveelheid carboxylgroepen gelijk is aan de hoeveelheid fenolische OH groepen. Het totale oppervlak onder de curve van figuur 7.2 is 11 meq/g C. Hieruit kan de 'molmassa' van het zuur H_2DOC worden afgeleid: ongeveer 180 g C/mol H_2DOC . Met deze gegevens kan vervolgens de complexvorming voor de metalen bestudeerd worden. Het blijkt hierbij essentieel ook di- en trivalente kationen, met name Ca^{2+} , in de beschouwing te betrekken. Op grond van metingen van Römken et al. (1996), Sanders (1982) en Mantoura et al. (1978) kan een set evenwichtsconstanten worden gepostuleerd, zoals weergegeven in tabel B1.2.



Figuur B1.3 Titratiecurve DOC humuspodzol A-horizon (titratie in drievoud)

Alle overige complexen zijn in deze studie (voor koper en cadmium) buiten beschouwing gelaten. De organische complexen kunnen een belangrijk deel van de opgeloste concentratie vormen: voor cadmium in de orde van grootte van de concentratie van het vrije ion, voor koper tot wel 10000 maal de vrije ion concentratie onder normale veldomstandigheden.

Tabel B1.2 Speciatie van cadmium en koper in het bodemvocht

Reactie:		Evenwichtskonstante	
H ₂ DOC	⇌ HDOC + H ⁺	$\log K = -4.3$	
HDOC	⇌ DOC + H ⁺	$\log K = -9.5$	
Ca ²⁺ + HDOC	⇌ CaHDOC	$\log K = 3.6$	
Ca ²⁺ + DOC	⇌ CaDOC	$\log K = 6.0$	
Cd ²⁺ + HDOC	⇌ CdHDOC	$\log K = 3.9$	
Cd ²⁺ + DOC	⇌ CdDOC	$\log K = 7.7$	
Cd ²⁺ + Cl ⁻	⇌ CdCl ⁺	$\log K = 1.92$	
Cd ²⁺ + 2 Cl ⁻	⇌ CdCl ₂	$\log K = 2.6$	
Cd ²⁺ + SO ₄ ⁼	⇌ CdSO ₄	$\log K = 2.4$	
Cu ²⁺ + HDOC	⇌ CuHDOC	$\log K = 5.7$	
Cu ²⁺ + DOC	⇌ CuDOC	$\log K = 10.8$	
Cu ²⁺ + Cl ⁻	⇌ CuCl ⁺	$\log K = 0.5$	
Cu ²⁺ + SO ₄ ⁼	⇌ CuSO ₄	$\log K = 2.4$	

3.2 Adsorptie van zware metalen

Het model dat gehanteerd is voor de adsorptie van de zware metalen is beschreven in Reinds et al. (1995). Het model is een Freundlich model, waarbij de Freundlich constante afhangt van algemene bodemkenmerken en macro-chemische eigenschappen van het bodemvocht. De vergelijkingen van Reinds et.al. (1995) zijn enigszins aangepast.

Voor cadmiumadsorptie is het volgende verband gebruikt:

$$Q_{Cd} = 10^{(0.5 \cdot pH - 3.1)} * CEC * \%lut^{-0.24} * a_{Ca}^{-0.4} * a_{Cd}^{0.8}$$

waarin:

Q_{Cd} :	cadmiumconcentratie in de vaste stof in mol Cd / kg grond
pH :	pH van het bodemvocht (<i>niet</i> pH _{KCl} of pH _{water})
CEC:	kationen uitwisseling capaciteit van de grond in equivalenten / kg grond
%lut:	percentage kleimineralen in de grond
a_{Ca} :	activiteit van calcium in het bodemvocht in mol Ca / m ³ .
a_{Cd} :	activiteit van cadmium in het bodemvocht in mol Cd / m ³

Voor koperadsorptie is de volgende relatie gebruikt:

$$Q_{Cu} = 10^{(0.6 \cdot pH - 3.03)} * CEC^{0.57} * \%OM^{0.45} * \%lut^{-0.14} * a_{Ca}^{-0.3} * a_{Cu}^{0.6}$$

waarin:

Q_{Cu}	koper concentratie in vaste stof in mol Cu / kg grond
pH :	pH van het bodemvocht (<i>niet</i> pH _{KCl} of pH _{water})
CEC:	kationen uitwisseling capaciteit van de grond in equivalenten / kg grond
%lut:	percentage kleimineralen in de grond
%OM	percentage organische stof in de grond
a_{Ca} :	activiteit van calcium in het bodemvocht in mol Ca / m ³ .
a_{Cu}	activiteit van koper in het bodemvocht in mol Cu / m ³

3.3 Koppeling speciatiemodel en adsorptiemodel

Om de adsorptievergelijkingen voor Q_{Cd} en Q_{Cu} (paragraaf 3.2) te kunnen toepassen zijn naast algemene bodemkenmerken numerieke waarden noodzakelijk voor de pH en voor de calciumactiviteit. Beide zijn invoergegevens voor STRASS, en gegenereerd door SEKTRAS berekeningen. De concentratie van het zware metaal Me kan berekend worden door de speciatievergelijkingen en de adsorptievergelijkingen te combineren:

$$[Me] = a_{Me} * (1/\gamma^{2+} + K_{HDOC} * [HDOC] + K_{DOC} * [DOC] + \sum_j K_j * L_j)$$

waarin:

$[Me]$

de concentratie van Me in het bodemvocht

a_{Me}

activiteit van Me in het bodemvocht

$[HDOC]$, $[DOC]$:

concentraties van ionische DOC-species in het bodemvocht (zie tabel B1.2)

K_{HDOC} , K_{DOC} :

dissociatieconstanten van ionische DOC-species

$\sum_j K_j * L_j$ beschrijft in deze vergelijking de bijdrage van chloride, sulfaat en (bi)carbonaatcomplexen aan de totaalconcentratie.

γ^{2+} , de activiteitscoëfficiënt van het vrije ion, is te berekenen uit de ionsterkte I met behulp van de Davis vergelijking:

$$\log \gamma^{2+} = -2 * [I^{0.5} / (1 + I^{0.5}) - 0.3 * I]$$

Voor de verdere toepassing van de vergelijking voor het berekenen van de concentratie van het zware metaal Me in het bodemvocht zijn tenslotte de concentraties van HDOC, DOC, Cl^- en SO_4^{2-} noodzakelijk. Ook deze worden aangeleverd door SEKTRAS berekeningen.

3.4 Overige modelaspecten voor STRASS simulaties

3.4.1 Fysische schematisatie

De tijdsstap van de berekening is 1 etmaal. De berekening beslaat een periode van 365 dagen. De bodemkolom is gesimuleerd als een kolom van 6 lagen van 15 cm dikte, gelijk aan de schematisatie van SEKTRAS. De porositeit van de bodem wordt aangeleverd door SEKTRAS en wordt berekend op basis van het organisch stof gehalte van de bodem. Transport is berekend volgens het schema gepresenteerd in Bril & Postma (1993). De hydrologie wordt identiek verondersteld met de hydrologie van de onderliggende SEKTRAS berekening.

3.4.2 Plantopname zware metalen

Plantopname is gesimuleerd met het schema gepresenteerd in Bril & Postma (1993). Er wordt bij de berekening van uitgegaan dat de opname afhankelijk is van de activiteit (de concentratie van het vrije ion) en niet van de totale concentratie in het bodemvocht. Tenslotte is de opnamecoëfficiënt voor cadmium op 0.35 en voor koper op 15.0 gezet. Deze waarden zijn gebaseerd op berekeningen aan veldgegevens.

3.4.3 Atmosferische depositie metalen

De depositie van zware metalen (droog+nat) wordt in de berekening aan de bovenste bodemlaag toegekend. De depositie wordt echter geheel toegekend aan de neerslag. Aangenomen deposities zijn $40 \text{ g Cu. (ha.jaar)}^{-1}$ en $1.5 \text{ g Cd. (ha.jaar)}^{-1}$. Naast de atmosferische depositie wordt bij bemesting extra metaal toegevoerd. STRASS heeft hiervoor een extra invoerfile nodig.

3.4.5 Een rekenvoorbeeld van voorspellingen met STRASS

De vraagstelling bij dit voorbeeld is de volgende:

Wat is de invloed van maatregelen om de verzuring van de bodem tegen te gaan op het transport van koper in het profiel van een voormalige landbouwgrond gedurende een periode van honderd jaar?

Twee scenario's zijn vergeleken:

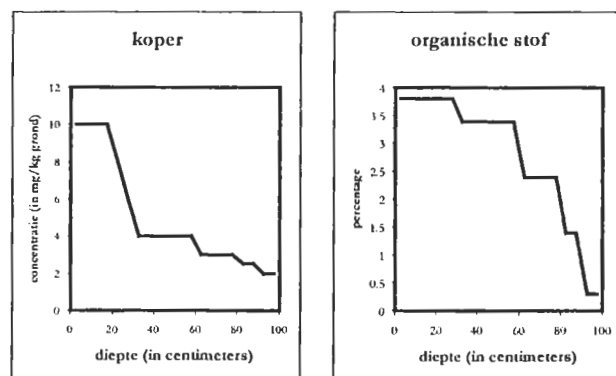
BAU	'business as usual': verzuring volgens depositieniveaus van 1990 zonder maatregelen
IMP	Improved': depositie conform scenario 2 uit het Additioneel Programma Verzuring 2e fase.

In figuur B1.4 is de in het model STRASS ingevoerde uitgangssituatie weergegeven ten aanzien van het organische stof gehalte en het kopergehalte in een bodemprofiel van 0-100 cm. Het betreft hier een gemiddelde enkeerdgrond met een gemiddeld kopergehalte in de bouwvoor (10 mg/kg). Een jaarlijkse aanvoer van 50 gram koper per hectare is in het model opgenomen. De overige invoerparameters in het model zijn ook karakteristiek voor een enkeerdgrond. Omdat een voorspelling wordt beoogd die een tijdsperiode van honderd jaar beslaat is ervoor gekozen om een apart model, RESAM, te gebruiken voor het voorspellen van de macrochemische condities gedurende 100 jaar. STRASS berekent op basis daarvan de oplosbaarheid van koper en daarmee ook het transport door het bodemprofiel.

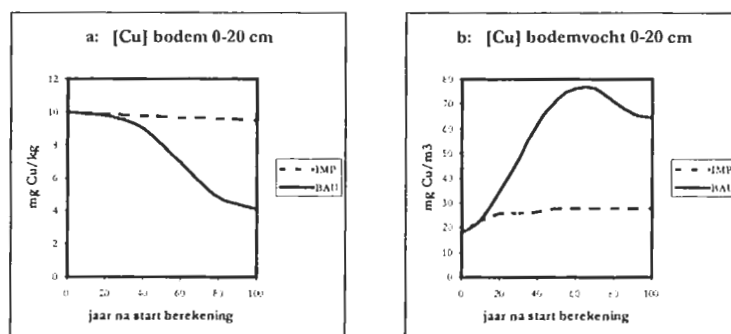
STRASS voorspelt dat ook na 100 jaar geen uitspoeling te verwachten is naar bodemlagen, dieper dan 1 meter; dit geldt voor zowel BAU als IMP. STRASS kan echter verschillende vormen van 'output' leveren, zoals ook de verdeling van opgelost dan wel totaal koper over het bodemprofiel of bijvoorbeeld het langzame verdwijnen van koper uit een gekozen bodemlaag. In figuur B1.5 is de gemodelleerde ontwikkeling van het kopergehalte in de bovenste 20 cm over een periode van honderd jaar weergegeven, als totaalgehalte (a) en als concentratie in het bodemvocht (b). Het is duidelijk dat bij scenario BAU het koper veel sneller uit de bouwvoor (de bovenste 20 cm) verdwijnt dan bij IMP: de afvoer is zeer veel hoger dan de jaarlijkse aanvoer van 50 gram per hectare. Bij het scenario IMP is de aanvoer vrijwel gelijk aan de afvoer: het koper blijft in de bouwvoor en spoelt in veel geringere mate uit dan bij het scenario IMP. De reden hiervoor blijkt duidelijk uit deel b van de figuur: de

concentratie van koper in het bodemvocht is aanzienlijk geringer bij scenario IMP dan bij BAU, dit als gevolg van de maatregelen bij scenario IMP om verzuring te verminderen.

Figuur B1.4 Invoergegevens voor STRASS: de gehalten aan koper en organische stof in het bodemprofiel



(0-100 cm) van een enkeelgrond



Figuur B1.5 STRASS berekeningsresultaten betreffende uitspoeling van koper uit de bovenste 20 cm van een enkeelgrond. a: totaalgehalten; b: gehalten in het bodemvocht

4 MOHOC

MOHOC (**MO**vement of **H**ydrophobic **O**rganic Chemicals in soils) beschrijft het chemisch gedrag van hydrofobe organische verbindingen in de bodem, vooral op basis van de interacties tussen deze stoffen enerzijds en hoogmoleculair organisch materiaal in bodem en bodemvocht anderzijds. De interactie wordt voor de vaste fase beschreven door lineaire adsorptie isothermen en voor het bodemvocht door evenwichtsconstanten die de interactie beschrijven. Door de sorptievergelijkingen te koppelen aan de algemene convectie - dispersie vergelijking die het transport van stoffen door een bodemkolom beschrijft, kan het transport van de hydrofobe organische verbindingen worden gesimuleerd. Invoerparameters voor het model zijn een aantal eenvoudig te bepalen bodemeigenschappen en evenwichtsconstanten alsmede schattingen voor de porositeit en de dispersielengte. In de volgende paragrafen wordt geen verdere aandacht besteed aan de convectie – dispersie

vergelijking (beschreven in Bril & Postma, 1992). Wel wordt in paragraaf 4.1 uitgelegd hoe de interactie tussen hydrofobe organische stoffen en hoogmoleculair organisch materiaal in bodem en bodemvocht in het model is beschreven. Daarna worden in paragraaf 4.2 de in het model gebruikte routines beschreven voor de voorspelling van de concentratie opgelost organisch materiaal in het bodemvocht. In paragraaf 4.3 wordt kort aangegeven welke andere nulde orde en eerste orde processen in MOHOC kunnen worden ingevoerd. Tenslotte wordt in paragraaf 4.4 een voorbeeld gegeven van een berekening met MOHOC.

4.1 Interacties met bodemorganische stof

Voor een bepaalde hydrofobe organische verbinding A wordt aangenomen dat deze in de vaste bodemmatrix uitsluitend aanwezig kan zijn in een aan de bodemorganische stof geassocieerde vorm. In het bodemvocht heeft de verbinding A twee mogelijkheden: (i) in vrije vorm opgelost of gedispergeerd - A_{vrij} en (ii) geassocieerd met opgelost organisch materiaal (DOC = 'dissolved organic carbon') - A_{DOC} . De fractie van de stof A die is geassocieerd met (overige) colloïdale deeltjes wordt verwaarloosd terwijl ook geen onderscheid wordt gemaakt tussen verschillende vormen van DOC, op basis van bijvoorbeeld verschillen in moleculair gewicht en / of polariteit. De volgende relaties worden aangenomen voor de interactie tussen A_{vrij} en A_{DOC} enerzijds en vrij opgelost bodemorganisch materiaal anderzijds:

$$[A_{\text{DOC}}] = K_{\text{ass}} * [A_{\text{vrij}}] * [\text{DOC}]$$

$$[A_{\text{opg}}] = [A_{\text{vrij}}] + [A_{\text{DOC}}] = [A_{\text{vrij}}] * \{1 + K_{\text{ass}} * [\text{DOC}]\}$$

waarin:

$[A_{\text{DOC}}]$:	concentratie van met DOC geassocieerd A (in $\text{mg} \cdot \text{m}^{-3}$)
$[A_{\text{vrij}}]$:	concentratie (of chemische activiteit) van vrij in het bodemvocht opgelost A (in $\text{mg} \cdot \text{m}^{-3}$)
$[A_{\text{opg}}]$:	totale concentratie van in het bodemvocht opgelost A (in $\text{mg} \cdot \text{m}^{-3}$)
$[\text{DOC}]$:	concentratie van in het bodemvocht opgeloste bodemorganische stof (in $\text{g C} \cdot \text{m}^{-3}$)
K_{ass} :	constante die de associatie tussen A en DOC beschrijft (in $\text{m}^3 \cdot \text{g C}^{-1}$)

De (lineaire) sorptie-isotherm is als volgt gedefinieerd:

$$M_{\text{s},i} = \pi_i * [A_{\text{vrij}}]_i$$

waarin:

$M_{\text{s},i}$:	hoeveelheid van de stof A die is geassocieerd aan de vaste fractie (mg/kg vaste stof) in laag i
π_i :	verdelingscoëfficiënt van A (m^3/kg vaste stof) in laag i
$[A_{\text{vrij}}]_i$:	concentratie (of chemische activiteit) van vrij in het bodemvocht opgelost A (in $\text{mg} \cdot \text{m}^{-3}$) in laag i

Uit beide laatste formules ontstaan een tweetal functies die kunnen worden geïntroduceerd in de vectoren R_0 en R_1 van de algemene convectie/dispersie vergelijking (zie Bril & Postma, 1992). Deze vectoren ‘sommeren’ alle nulde orde (R_0) en 1e orde (R_1) snelheidscoëfficiënten. De algemene convectie/dispersie vergelijking kan dan worden gebruikt voor het simuleren van het transport van stof A door het bodemprofiel. Afgezien van het definiëren van (i) de uitgangssituatie ten aanzien van de totaalgehalten van stof A in het bodemprofiel en van (ii) een aanname voor additionele aanvoer in de bovenste laag van het profiel, kan het model nu functioneren met slechts drie invoergegevens: K_{ass} , π_1 en $[DOC]_i$.

De eerste twee variabelen zijn onderling sterk gerelateerd.

- K_{ass} beschrijft de associatie tussen A en de bodemorganische stof in zowel de vaste fase als in het bodemvocht. Hierbij is aangenomen dat de interactie tussen A en DOC ook inderdaad vergelijkbaar is met de interactie tussen A en bodemorganische stof in de vaste fase. De laatste wordt doorgaans beschreven door de evenwichtsconstante K_{OM} (of de negatieve logaritme ervan: pK_{OM}) en de numerieke waarde van deze constante is voor vele hydrofobe organische verbindingen bekend.
- π_1 beschrijft de sorptie van A aan de vaste fase in de bodem. Aangezien voor hydrofobe organische stoffen kan worden gesteld dat de sorptie volledig wordt gedomineerd door de bodemorganische stof in de vaste fase zijn de numerieke waarden voor π_1 en K_{OM} in elkaar om te rekenen met behulp van het percentage bodemorganische stof (%OM). Dit percentage is een standaard invoerparameter voor MOHOC.

De waarde voor $[DOC]$ kan analytisch worden bepaald, op basis van ‘expert view’ worden geschat en direct als invoerparameter voor MOHOC worden gebruikt. Als alternatief kan $[DOC]$ worden geschat op basis van gefitte formules; dit wordt in de volgende paragraaf beschreven.

4.2 Het schatten van $[DOC]$ door middel van regressievergelijkingen

De concentratie aan opgelost organisch materiaal in het bodemvocht ($[DOC]$) kan op verschillende manier in het model worden ingevoerd. De eenvoudigste manier is, zoals gezegd, de invoerfile voeden met werkelijk gevonden dan wel geschatte waarden voor $[DOC]$ voor elke laag. Het alternatief is het berekenen van $[DOC]$ met meetbare bodemparameters als invoer voor MOHOC. Hieronder volgen de mogelijkheden, waaruit in de invoerfile van MOHOC kan worden gekozen:

- 1 *Een simpele schatting op basis van elektrische geleidbaarheid van het bodemvocht.*
De gebruikte vergelijking is:

$$\text{Log } [DOC] = k_1 + k_2 * \log \Sigma (C^+) + k_3 * \log \Sigma (C^+)^2 + \log (\%OM) + \log (V/T)$$

waarin:
 k_1, k_2, k_3 : constanten, gebaseerd op statistische analyse; $k_1 = 2.27$ (afhankelijk van de grondsoort), $k_2 = -1.15$, $k_3 = 0.41$
 $\Sigma (C^+)$: som kationen in meq.L⁻¹, berekend uit Ec
 %OM: percentage organische stof in de grond
 V/T: verhouding tussen materie in de vaste fase en in de grond als geheel (w/w)

- 2 *Schatting op basis van de ionsterkte van het bodemvocht, de pH in het bodemvocht en de calcium concentratie in het bodemvocht; deze benadering komt het meest overeen met de desbetreffende subroutine in SEKTRAS. Invoerparameters zijn (i) het percentage organische stof in de bodem, (ii) de pH van het bodemvocht, (iii) de molaire calciumconcentratie in het bodemvocht en (iv) een aantal 'fit'-constanten.*

De basisvergelijking is:

$$[\text{DOC}] = (\chi_{\text{op}} + [\text{HDOC}] + [\text{H}_2\text{DOC}] + [\text{DOC}] + [\text{CaHDOC}] + [\text{CaDOC}]) * k_5$$

- De concentraties [DOC], [HDOC], [H₂DOC], [CaHDOC] en [CaDOC], die in deze formule zijn gebruikt zijn gerelateerd aan de ionische species, die ontstaan door dissociatie van het dibasisch zuur H₂DOC (dissociatie weergegeven in de titratiecurve van figuur B1.3), alsmede de complexen die deze ionische species kunnen vormen met calcium-ionen.

De concentraties worden als volgt berekend:

$$\begin{aligned} \log [\text{HDOC}] &= k_1 + k_2 * \log a\text{Ca} \\ \log [\text{H}_2\text{DOC}] &= (k_1 + 4.3) - \text{pH} + k_2 * \log a\text{Ca} \\ \log [\text{DOC}] &= (k_1 - 9.5) + \text{pH} + k_2 * \log (a\text{Ca}) \\ \log [\text{CaHDOC}] &= (k_3 + k_1) + (1 + k_2) * \log (a\text{Ca}) \\ \log [\text{CaDOC}] &= (k_4 + k_1 - 9.5) + \text{pH} + (1 + k_2) * \log (a\text{Ca}) \end{aligned}$$

waarin:

$a\text{Ca}$: ionactiviteit van calcium in het bodemvocht, een functie van de ionsterkte I en de molaire calciumconcentratie [Ca] in het bodemvocht:

$$a\text{Ca} = G * [\text{Ca}]^2 / (0.0004 + [\text{Ca}])$$

De rekenfactor G is een functie van I:

$$\log G = -2 * [I^{0.5} / (1 + I^{0.5}) - 0.3 * I]$$

De ionsterkte I zelf kan weer worden geschat als functie van [Ca]:

$$I = 4 * [\text{Ca}] + 0.0015$$

In feite is $a\text{Ca}$ dus een functie van [Ca].

k_1, k_2, k_3, k_4 : constanten met de volgende numerieke waarden:
 $k_1 = -6.5$, $k_2 = -0.65$, $k_3 = 3.65$, $k_4 = 6.0$

- χ_{op} is een factor die de invloed kwantificeert van de organische stof 'pool' in de grond, de bron van DOC, op de concentraties van DOC-gerelateerde species in het bodemvocht:

$$\log \chi_{op} = -0.3 + 0.85 * \log(\%OM) + \log(V/T)$$

waarin:

%OM: percentage organische stof in de grond

V/T: verhouding tussen materie in de vaste fase en in de grond als geheel (w/w)

- k_5 is een constante: 180.000 mg C/mol (de gemiddelde molmassa van bodemorganische stof)

3 *Een meer verfijnde schatting is mogelijk indien, naast de pH, [Ca], %OM, de verhouding V/T, ook het oxalaat-extraheerbare aluminium en ijzer ([ox]) bekend is, uitgedrukt in mmolen per kilogram grond.*

De gebruikte vergelijking is:

$$\log [DOC] = k_1 + k_2 * pH + k_3 * \log [Ca] + k_4 * \log [ox] + k_5 * \log (\%OM) + k_6 * \log (V/T)$$

De op statistische analyse gebaseerde constanten hebben de volgende numerieke waarden: $k_1 = 1.58$; $k_2 = -0.039$; $k_3 = -0.106$; $k_4 = -0.372$; $k_5 = 1.00$; $k_6 = 1.125$

4.3 Overige nulde orde en eerste orde processen

Behalve de in paragraaf 3.1 beschreven sortatieprocessen, die na bewerking kunnen worden ingevoerd in de vectoren R_0 en R_1 van de algemene convectie / dispersie vergelijking, zijn er nog een aantal nulde en eerste orde processen, die op dezelfde wijze kunnen worden behandeld en bovendien kwantitatief van belang (kunnen) zijn voor MOHOC.

- Planten zijn in principe in staat om organische verbindingen via het wortelstelsel op te nemen en intern te transporteren. Hier zijn wel beperkingen aan verbonden: de opnamecapaciteit van planten voor zeer hydrofobe en weinig in water oplosbare stoffen is zeer gering (indien $pK_{OM} > 3.0 - 3.5$). Plantopname is in MOHOC gemodelleerd als een eerste orde proces, dat in de R_1 -vector van de algemene convectie / dispersie vergelijking kan worden ondergebracht. Hierbij zijn twee alternatieven te onderscheiden. De plantopname kan gerelateerd worden geacht aan de 'vrije' concentratie in het bodemvocht of aan de 'totale' concentratie, dat wil zeggen inclusief complexen met DOC. De eerste optie is in de praktijk meer van belang omdat in het pK_{OM} -gebied waarin opname relevant is, de stof voornamelijk vrij in oplossing aanwezig is. Voor organische stoffen

met $pK_{OM} > 3.5$ is plantopname een vrijwel te verwaarlozen 'verdwijfunctie' voor organische verbindingen.

- Microbiële afbraak van de organische verbindingen kan als invoer van het model worden gebruikt, als onderdeel van R_0 of R_1 , afhankelijk van de (nulte orde dan wel eerste orde) karakteristieken van de onderliggende microbiële processen.

4.4 Een rekenvoorbeeld van voorspellingen met MOHOC

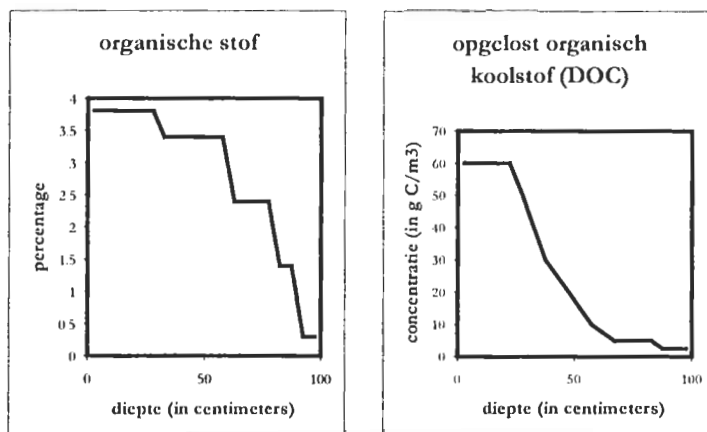
De vraagstelling bij dit voorbeeld is de volgende:

Is het te verwachten, dat een redelijk goed in water oplosbare organische verontreiniging als lindaan binnen enige decennia een bedreiging vormt voor de kwaliteit van het grondwater? Bij deze vraagstelling wordt ervan uitgegaan dat indien dit bij lindaan niet het geval is, het ook niet het geval zal zijn bij andere relevante organische verontreinigingen, die minder wateroplosbaar zijn (DDT, PAK).

Met MOHOC wordt het concentratieprofiel van lindaan (gamma-HCH) in een bodemprofiel van 0-100 cm berekend na een periode van 50 jaar zonder ingrijpende veranderingen in bodemcondities. Als voorbeeld wordt een grond gebruikt, waar deze stof in een concentratie van 90 milligram per kg voorkomt. De bovenlaag van de bodem heeft een organische stof gehalte van 6,5% en een DOC-gehalte van ongeveer 60 mg/l in het bodemvocht. In figuur B1.6 zijn de geschatte gehalten aan organische stof en DOC in het bodemprofiel weergegeven.

Verder zijn nog een aantal aannames gebruikt:

- Lindaan bevindt zich uitsluitend in een concentratie van 90 mg/kg in de bovenste 25 cm van de grond; gewasopname en afbraak treden niet op en er vindt geen verdere aanvoer van lindaan plaats.
- De regenval vindt regelmatig plaats (0.8 meter per jaar) en circa 55% van het water spoelt niet uit maar wordt verwijderd via directe verdamping of verdamping na opname door gewas. Verdamping treedt vrijwel uitsluitend vanuit de bouwvoor van 25 cm op.
- De associatieconstante K_{om} is voor lindaan gesteld op 3.5.
- Het bodemgebruik blijft hetzelfde zodat het bodemprofiel ten aanzien van organische stof, DOC maar ook bijvoorbeeld calciumgehalten gedurende de periode van 50 jaar dezelfde blijft.

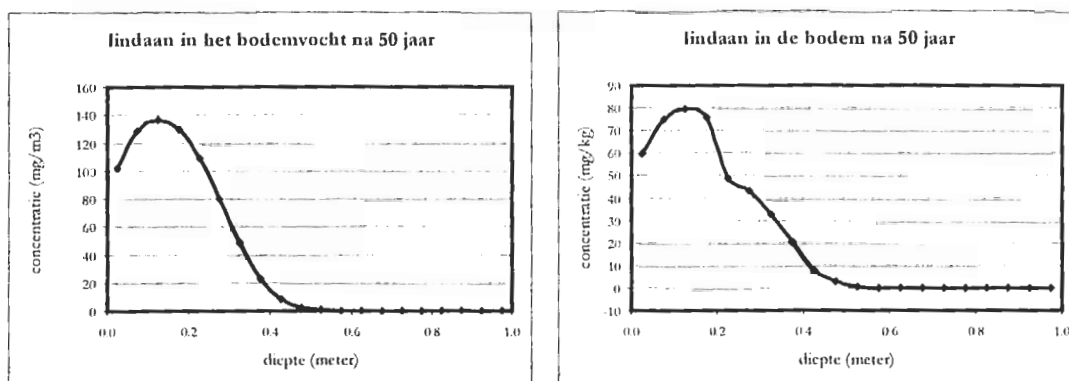


Figuur B1.6 Profiel van organische stof en [DOC], die is gebruikt als invoergegeven voor MOHOC-modellering.

Het concentratieprofiel, zoals berekend door MOHOC, is weergegeven in figuur B1.7, zowel met betrekking tot in het bodemvocht opgelost linaan als totaal linaan in de bodem. Duidelijk is te zien dat de linaanconcentratie van >3 mg (streefwaarde op 50 cm diepte bij 3% organische stof) ook na 50 jaar pas wordt overschreden op een diepte van circa 50 cm.

Er moet worden gesteld dat voor het transport van linaan en andere organische contaminanten via zogenaamd preferent transport (bijvoorbeeld via scheuren in de bodem) of bio-transport (via wormen etc.) veel belangrijker kan zijn dan het hier beschreven biogeochemisch transport. Geregeld wordt bijvoorbeeld DDT in het grondwater aangetroffen ondanks het feit dat geen enkel model dit voorspelt. Preferent transport is zeer moeilijk te modelleren evenals bio-transport. Preferent transport en bio-transport kunnen uitspoeling onderschatten. Aan de andere kant treedt ook afbraak op evenals langzame verdamping (in het geval van linaan), hetwelk er toe leidt dat de gemodelleerde uitspoeling een overschatting van de werkelijkheid kan zijn.

Ondanks deze onzekerheden kan toch worden geconcludeerd dat dergelijk concentraties linaan in de bovenlaag van de bodem niet zullen leiden tot belangrijke risico's voor de grondwaterkwaliteit in het Gelderse buitengebied, ook niet op langere termijn. Dit geldt ook voor de andere aangetroffen organische verontreinigingen, die alle minder goed in water oplosbaar zijn en dus minder genegen tot uitspoeling.



Figuur B1.7 *Lindaan in het bodemprofiel van perceel 395 na 50 jaar gelijkblijvend gebruik van de bodem, voorspeld met MOHOC zonder rekening te houden met afbraak, gewasopname, preferent transport en bio-transport.*

5 GELRE

Voor zandgronden is een database opgebouwd van relaties tussen karakteristieken van de vaste fase van de bodem (organische stof, oxalaat-extraheerbaar ijzer en aluminium), de temperatuur en de hydrologie van het voorafgaande jaar, karakteristieke gewasopname, bemesting en de gemeten concentraties op of omstreeks 1 maart van stoffen in bodemvocht. Daarbij wordt op systematische wijze de toestand (grondsoort, landgebruik, hydrologie) van de bodem gevarieerd (zie variabelen) en worden de bijbehorende bodemvochtsamenstellingen berekend. Ook wordt hierbij de uitspoeling in dat jaar berekend. De berekening van de concentraties in het bodemvocht wordt gemaakt voor *dag 60* (omstreeks 1 maart), dus ongeveer in het midden van de monsternamenperiode voor het Gelders Meetnet Bodemkwaliteit. Met de zo verkregen getabelleerde resultaten (de database) wordt via correlatie met de variabelen (bodemvochtsamenstelling, het landgebruik, de grondsoort, en de klimatologische omstandigheden) geschat wat de uitspoeling van stoffen is geweest, en indien voldoende neerslag is gevallen, ook een schatting gemaakt van de aanvoer van mobiele stoffen (stikstof) in het voorgaande jaar.

De variabelen die worden gebruikt bij de correlatieberekening en bijbehorende 'range' zijn in tabel B1.3 weergegeven.

Tabel B1.3 *Parameterruimte waarvoor de relaties binnen GELRE geldig zijn*

Grondsoort is <i>zand</i> met (0-30 cm):	2% OS; 5% OS; 7% OS, 10% OS
Landgebruik is:	maïs, gras en naaldbos
Bemestingsniveau is:	geen (bos), schraal, gangbaar of overvloedig
Neerslagregime is:	droog (60 cm), gemiddeld (75 cm) of nat (90 cm)
Gemiddelde jaarstemperatuur is:	laag (8.5 °C), gemiddeld (9.7°C), hoog (11 °C)

(N-bemesting gras min=200, max=500 kg N als KAS/runderdrijfmest)

(P-bemesting maïs min=70, max=200 kgP₂O₅.ha⁻¹ als varkensdrijfmest)

De database is opgezet voor 4 organische stof niveaus x 2 typen landgebruik x 3 bemestingsniveaus x 3 verschillende hydrologische regimes x 3 temperatuurniveaus = 216 situaties voor landbouw, plus 36 situaties voor naaldbos. Van dit totaal worden echter niet alle combinaties doorgerekend. Zo is het totaal aantal berekeningen met SEKTRAS beperkt tot 163 simulaties, en bij STRASS tot een veelvoud daarvan al naar gelang het aantal extra doorgerekende variabelen, met pH-niveau en metaalgehalten in de bodem. Voor elk van de doorgerekende 'situaties' wordt, er van uitgaande dat er evenwicht is tussen de vaste fase en bodemvocht, een periode van twee jaar doorgerekend. Hierbij wordt steeds 2 maal hetzelfde jaar (hydrologie, bemesting, gewas) achter elkaar geplaatst. De concentraties in bodem en bodemvocht worden aan het eind van het tweede doorgerekende jaar geregistreerd.

Bij landgebruik en bemestingsniveau dient te worden aangetekend dat een koppeling is aangenomen. Voor grasland zijn de bemestingsnivo's (200, 300), 400, of 500 kg N aangenomen, waarbij de bemesting verspreid over 4 giften (voorjaar runderdrijfmest, dan 2 maal KAS (kalk-ammon-salpeter), tot slot weer runderdrijfmest) worden gegeven; bij maïs is aangenomen dat alleen varkensdrijfmest wordt opgebracht in stikstofdoses van 115, 200 of 330 kg N (= P-doses van 70 resp 120 resp 200 kg $P_2O_5 \cdot ha^{-1}$).

Bij deze voorbeelden komt "gangbaar" bij gras overeen met 400 kg N. $ha^{-1} \cdot jaar^{-1}$ en bij maïs met 200 kg N. $ha^{-1} \cdot jaar^{-1}$.

5.1 Resultaten regressie-analyse

In de volgende paragrafen worden de resultaten van de regressie-analyse op de met SEKTRAS en STRASS gegenereerde database besproken. Eenzelfde procedure voor MOHOC volgt in een volgende rapportage. In de volgende paragrafen worden de rekenregels die het resultaat zijn van de regressie-analyse weergegeven. Nadat in paragraaf 5.1.1 en paragraaf 5.1.2 hydrologische parameters en uitspoelingsregels voor nutriënten en (zware) metalen zijn beschreven, volgt in de paragrafen 5.1.3 en 5.1.4 een weergave van de methoden om voor stikstof belastingsniveaus en 'pools' in de bodem te berekenen.

5.1.1 Hydrologische parameters

Alle berekeningen van uitspoeling van stoffen gaan altijd uit van de concentraties in het bodemvocht enerzijds, en de hydrologische balans anderzijds. Daarom zijn in het model een drietal representatieve hydrologische balansen doorgerekend, die eenvoudig kunnen zijn omdat alleen zandgronden worden bestudeerd.

De benodigde variabele voor de uitspoelingsberekeningen is het neerslagoverschot van het voorgaande jaar. Dit neerslagoverschot voor zandgronden kan worden berekend met het volgende, simpele verband:

$$Q = -0.1085 + C_x * N - 0.03715 * T_{\text{jaar}}$$

waarin:

Q: neerslagoverschot in meters
 C_x : gewasverdampingsfactor (gras: 1.00; mais: 1.01; naaldbos: 0.85)
 T_{jaar} : gemiddelde temperatuur in het voorafgaande jaar
N: totale neerslag in meters

Voor de berekening van de voorraad minerale stikstof in de bodem is daarnaast ook de plantopname van water van belang. Hiervoor is de volgende functie gefit:

$$P = -0.106 + 0.00337 * T_{\text{jaar}} - 0.0604 * N + 0.9815 * (N - Q)$$

waarin:

P: wateropname door de plant in meters in het aan bemonstering
voorafgaande jaar
Q: neerslagoverschot in meters
 T_{jaar} : gemiddelde temperatuur in het voorafgaande jaar
N: totale neerslag in meters

5.1.2 Uitspoeling van stoffen

Het blijkt dat voor vrijwel alle gemodelleerde stoffen, het product van het neerslagoverschot in het jaar voor de bemonstering, met de concentratie gevonden op 1 maart op 60-90 cm diepte, een goede schatting van de met SEKTRAS berekende uitspoeling van de stoffen oplevert. In de volgende paragrafen worden de op dit moment meest bevredigende rekenregels voor het schatten van de uitspoeling van stikstof, fosfor, calcium, kalium, cadmium, koper en lood weergegeven.

Stikstof

$$U_N = 15.5 + 10.086 \times [C_N] \times Q_{H_2O} - 0.422 \times [C_N]$$

$$R^2 = 0.995, S.E. Y\text{-}estim. = 3.95, N=163$$

U_N : uitspoeling nitraat + ammonium in kg N ha⁻¹.jaar⁻¹
 $[C_N]$: concentratie nitraat + ammonium in het bodemvocht op 1 maart in de laag 60-90 cm diepte in mg L⁻¹
 Q_{H_2O} : neerslagoverschot in het jaar voorafgaand aan de bemonstering in meters water

Fosfor

$$U_P = 0.0336 (\pm 0.002) + 9.64 * [C_P] * Q_{H_2O} - (0.265 + 44.5 * Ec^{-1}) * [C_P]$$

$$R^2 = 0.999, S.E. Y\text{-estim.} = 0.004, N = 163$$

U_P : uitspoeling organisch + anorganisch fosfor in kg P ha⁻¹.jaar⁻¹

$[C_N]$: concentratie organisch + anorganisch fosfor in het bodemvocht op 1 maart in de laag 60-90 cm diepte in mg L⁻¹

Q_{H_2O} : neerslagoverschot in het jaar voorafgaand aan de bemonstering in meter water

Ec: geleidbaarheid in $\mu S \cdot cm^{-1}$

Calcium, kalium en natrium

$$U_{Ca} = [C_{Ca}] * Q_{H_2O} * (8.56 + 745.1 * Ec^{-1})$$

$$R^2 = 0.997, S.E. Y\text{-estim.} = 4.1, N=163$$

$$U_K = K = [C_K] * Q_{H_2O} * (9.28 + 368.8 * Ec^{-1})$$

$$R^2 = 0.999, S.E. Y\text{-estim.} = 0.4, N=163$$

$$U_{Na} = [C_{Na}] * Q_{H_2O} * (9.08 + 465.1 * Ec^{-1})$$

$$R^2 = 0.998, S.E. Y\text{-estim.} = 0.85, N=163$$

U_{Ca} , U_K , U_{Na} : uitspoeling calcium, kalium, natrium in kg Ca/K/Na ha⁻¹.jaar⁻¹

$[C_{Ca}]$, $[C_K]$, $[C_{Na}]$: concentratie calcium, kalium, natrium in het bodemvocht op maar in de laag 60-90 cm diepte in mg L⁻¹

Q_{H_2O} : neerslagoverschot in het jaar voorafgaand aan de bemonstering in meters water

Ec: geleidbaarheid in $\mu S \cdot cm^{-1}$

Cadmium

$$\log U_{Cd} = 1.042 (\pm 0.032) + 0.98 * \log [C_{Cd}] + 1.054 * \log Q_{H_2O}$$

$$R^2 = 0.994, N = 324$$

U_{Cd} : uitspoeling cadmium in g Cd ha⁻¹.jaar⁻¹

$[C_{Cd}]$: concentratie cadmium in het bodemvocht op 1 maart in de laag 60-90 cm diepte in mg.m⁻³ (=μg/l)

Q_{H_2O} : neerslagoverschot in het jaar voorafgaand aan de bemonstering in meters water

Opmerking: De uitspoeling van cadmium kan ook met een lineair model ($R^2 = 0.9875$) worden verklaard. Echter blijkt dit model een te hoge berekende uitspoeling in het lage concentratiegebied te geven. Daarom wordt het logaritmisch model verkozen boven het lineaire model.

Koper

$$U_{Cu} = 10.03 * [C_{Cu}] * Q_{H2O}$$

$$R^2 = 0.999, S.E. Y\text{-}estim. = 0.072, N = 324$$

- U_{Cu} : uitspoeling koper in g Cu ha⁻¹.jaar⁻¹
 $[C_{Cu}]$: concentratie koper in het bodemvocht op 1 maart in de laag 60-90 cm diepte in mg.m⁻³ (=μg/l)
 Q_{H2O} : neerslagoverschot in het jaar voorafgaand aan de bemonstering in meters water

Lood

$$U_{Pb} = 10.02 * [C_{Pb}] * Q_{H2O}$$

$$R^2 = 0.999, S.E. Y\text{-}estim. = 0.1, N = 324$$

- U_{Pb} : uitspoeling lood in g Pb ha⁻¹.jaar⁻¹
 $[C_{Pb}]$: concentratie lood in het bodemvocht op 1 maart in de laag 60-90 cm diepte in mg.m⁻³ (=μg/l)
 Q_{H2O} : neerslagoverschot in het jaar voorafgaand aan de bemonstering in meters

5.1.3 De stikstofbelasting

Met betrekking tot de zware metalen is geen uitspraak te doen over de koppeling van belasting op de bodem met de gevonden concentratie in het bodemvocht en de berekende uitspoeling. De tijdsschaal voor deze koppeling is tientallen tot honderden jaren, zodat geen effecten binnen een tijdsbestek van een of enkele jaren kunnen worden verwacht. Voor fosfaat geldt hetzelfde.

Voor stikstof ligt het anders. Er blijkt een verband te bestaan tussen de totale stikstof belasting van de bodem (in het jaar dat voorafgaat aan de bemonstering en de concentratie op 60-90 cm diepte op 1 maart.

De gevonden relatie is:

$$N_{inp} = C_{geb} + 7 * [C_N] + 150 * Q_{H2O} + 15 * T_{jaar} - 40 * N - 5 * \%OM * 1.07^{(T_{jaar}-20)}$$

$$R^2 = 0.934, S.E. Y\text{-}estim. = 34.8, N = 163$$

- N_{inp} : stikstofbelasting in kg N.ha⁻¹.jaar⁻¹
 C_{geb} : gewasconstante (gras: 18.5, mais: -90, naaldbos: -165)
 $[C_N]$: concentratie nitraat + ammonium in het bodemvocht op 1 maart in de laag 60-90 cm diepte in mg L⁻¹
 Q_{H2O} : neerslagoverschot in het jaar voorafgaand aan de bemonstering in meters water

T_{jaar} :	gemiddelde temperatuur in het voorafgaande jaar
N:	totale neerslag in meters
%OM:	percentage organische stof in de A –horizont van de bodem (0-30 cm)

Zoals te zien is, is de relatie zeker niet perfect. Toch kan ze gebruikt worden om een *schatting* van de stikstofbelasting te genereren.

Deze aldus geschatte bemesting kan vervolgens worden gebruikt om de uitspoeling in een 'standaard' jaar te berekenen. Dit is erg belangrijk omdat op deze wijze droge en natte jaren toch kunnen worden vergeleken als het erom gaat tendensen in de tijd te schatten. Hiervoor kan de volgende vergelijking worden gebruikt:

$$[C_N] = C_{\text{geb}} + 0.135 * N_{\text{inp}} - 21.5 * Q_{\text{H}_2\text{O}} - 2.15 * T_{\text{jaar}} + 5.7 * N$$

$$R^2 = 0.945, S.E. Y\text{-}est = 4, N=163$$

$[C_N]$:	berekende concentratie nitraat + ammonium in het bodemvocht op 1 maart in de laag 60-90 cm diepte in mg L^{-1}
C_{geb} :	gewasconstante (gras: 0.5, mais: 18, naaldbos: 25)
N_{inp} :	berekende stikstofbelasting in $\text{kg N.ha}^{-1}.\text{jaar}^{-1}$
$Q_{\text{H}_2\text{O}}$:	neerslagoverschot in het jaar voorafgaand aan de bemonstering in meters water
T_{jaar} :	gemiddelde temperatuur in het voorafgaande jaar
N:	totale neerslag in meters

Voor de berekening van de concentratie van stikstof in een gemiddeld jaar worden de klimaatgegevens voor een gemiddeld jaar ($Q_{\text{H}_2\text{O}}$, T_{jaar} en N) in de formule ingevoerd. De bij bovenstaande berekening verkregen waarden voor $[C_N]$ en $Q_{\text{H}_2\text{O}}$ voor een gemiddeld klimatologisch jaar worden in de uitspoelingsformule voor stikstof (vergelijk paragraaf 4.2.1) ingevoerd, waardoor een schatting van de stikstofuitspoeling voor een gemiddeld jaar wordt verkregen:

$$U_N = 15.5 + 10.086 \times [C_N] \times Q_{\text{H}_2\text{O}} - 0.422 \times [C_N]$$

5.1.4 Minerale stikstof in het bodemprofiel

De schatting van het totaal gehalte minerale stikstof (ammonium + nitraat) in de bodem (0-90 cm) op 1 maart is niet zo eenvoudig. Ammonium is sterk geassocieerd met de vaste fase, in uitwisselingsevenwicht met de CEC (de kationen uitwisselingscapaciteit van de bodem), en bevindt zich daardoor vooral in de bovenste 50 cm van de bodem, waar de CEC de hoogste waarde heeft. Nitraat daarentegen bevindt zich vooral in de oplossing. De concentratie stikstof (dat wil zeggen nitraat + ammonium) in het bodemvocht op 60-90 cm diepte is daarom geen eenduidige schatter van de voorraad minerale stikstof voorraad. Toch is een verband gevonden dat bij de zandgronden waar dit onderzoek zich in eerste instantie op richt

(enkeerden en veldpodzolen) met een redelijke mate van nauwkeurigheid de totale voorraad anorganisch stikstof in de bodem laat terugrekenen.

Dit verband maakt gebruik van de functie F:

$$F = C_{\text{geb}} + 14 * [C_N] + 140 * Q_{\text{H}_2\text{O}} + 15 * T_{\text{jaar}} + 7.5 * \% \text{OM} * 1.07^{(T_{\text{jaar}}-20)} - 32 * N - 12.2 * Q_{\text{H}_2\text{O}} * [C_N] - 580 * P$$

waarin:

C_{geb} :	gewasconstante (gras: 0, mais: - 45, naaldbos: 0)
$[C_N]$:	berekende concentratie nitraat + ammonium in het bodemvocht op 1 maart in de laag 60-90 cm diepte in mg L^{-1}
$Q_{\text{H}_2\text{O}}$:	neerslagoverschot in het jaar voorafgaand aan de bemonstering in meters water
T_{jaar} :	gemiddelde temperatuur in het voorafgaande jaar
$\% \text{OM}$:	percentage organische stof in de A –horizont van de bodem (0-30 cm)
N:	totale neerslag in meters
P:	wateropname door de plant in meters in het aan bemonstering voorafgaande jaar

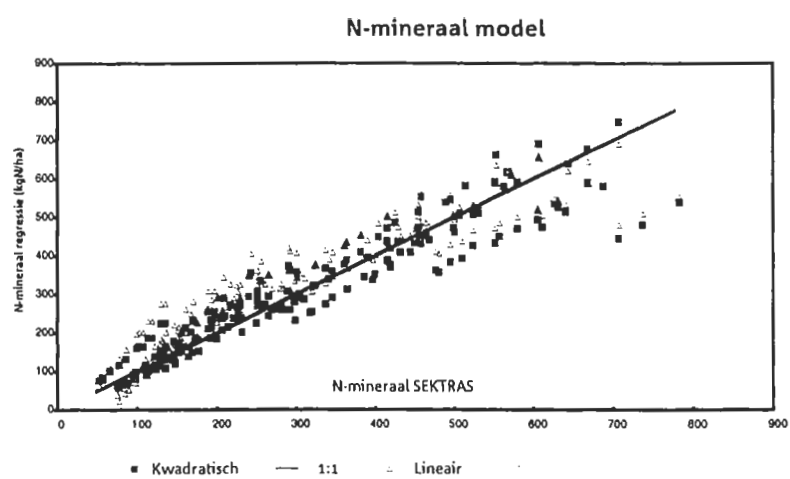
Bij het uitzetten van de berekende waarden tegen de door SEKTRAS berekende waarden valt echter meteen iets op: Het verband is niet lineair (zie driehoekjes in figuur B1.8). Om het verband wel lineair te maken wordt vervolgens de SEKTRAS-waarde gefit met F en het kwadraat van F. Dit levert voor de ‘pool’ anorganisch stikstof (uitgedrukt in kg N.ha^{-1}) in de bovenste 90 cm van de bodem:

$$\text{N-Min} = 40 + 0.4 * F + 0.0009 * F^2$$

$$R^2 = 0.89, S.E. Estim. = 59 \text{ kg N.ha}^{-1}$$

Dit verband is grafisch weergegeven in figuur B1.8.

Deze vergelijking geldt slechts binnen het gefitte gebied, dus tussen 20 en 800 kg N.ha^{-1} . Daarbuiten is ze niet gedefinieerd. Met name bij hoge stikstofconcentraties en een droog jaar wordt al snel een te hoge waarde berekend (buiten de calibratie-ruimte). Dit betekent in praktijk dat in die situaties geen schatting van N-Min op grond van de concentratie in het bodemvocht op 60-90 cm diepte te maken is. Ook bij zeer hoge neerslagoverschotten, en daarmee gepaard gaande hogere denitrificatie snelheden, is het verband niet goed te leggen.



Figuur B1.8 Gefitte lineaire en kwadratische verband voor N-Mineraal

Referenties

- R. A. Berner (1980). Early Diagenesis, a theoretical approach. Princeton series in Geochemistry, Princeton University Press, Princeton, N.J.,USA., p. 36-38
- J. Bril, L. Postma (1992). A management model to assess the extent of movement of chemicals through soils. Proc. Eur. State-of-the-Art Conf. on delayed effects of chemicals in soils and sediments, Ed. G.R.B. ter Meulen et al, publ. Found. for Ecodevelopment, Hoofddorp, the Netherlands, 181-194
- L. Bruckler, B.C. Ball and P. Renault (1989). Laboratory estimation of gas diffusion coefficients and effective porosity in soils. Soil Science, 147 (1), p. 1-10
- J. Crank (1975). The mathematics of diffusion, 2nd edition, Oxford Science Publications, Clarendon Press, Oxford (UK)
- R.H.A. van Duin (1956). De warmtehuishouding van de grond en de aangrenzende luchtlaag. Hoofdstuk 3, pp. 13-41, proefschrift Wageningen
- M.J. Frissel and P. Reiniger (1974). Simulation of accumulation and leaching in soils Center Agric. Publ. and Documentation (PUDOC), Wageningen (the Netherlands)
- M. Th. van Genuchten and P.J. Wierenga (1975). Simulation of One-Dimensional Solute Transfer in Porous Media. New Mexico State University, Bulletin Office, Las Cruces (NM 88003, USA)
- S.S. Malhi, W.B. McGill (1982). Factors affecting nitrification in three Alberta soils. Soil Biol. Biochem., 14, 393-399
- S.S. Malhi, W.B. McGill (1990). Some factors affecting denitrification in three Alberta soils. Soil Biol. Biochem, 22 (6), 733-737
- R.F.C. Mantoura, A. Dickson, J.P. Riley (1978). The complexation of metals with humic materials in natural waters. Est. Coast. Mar. Sci., 6, 387-408
- S.V. Patankar (1980). Numerical Heat Transfer and Fluid Flow Hemisphere Publishing Corp., New York (USA)
- W.H. Press, B.P. Flannery, S.A. Teukolsky & W.T. Vetterling (1986). Numerical Recipes, The Art of Scientific Computing. Cambridge University Press, Cambridge (UK)

G.J. Reinds, J. Bril, W. de Vries, J.E. Groenenberg and A. Breeuwsma (1995). Critical loads and excess loads of cadmium, copper and lead for European forest soils. SC-DLO and AB-DLO publication, SC-DLO Report 96, Wageningen, the Netherlands

P.F.A.M. Römkens, J. Bril, W. Salomons (1996). Interaction between Ca^{2+} and dissolved organic carbon: implications for metal mobility. *Applied Geochemistry*, 11, 109-115

J.R. Sanders (1982). The effect of pH upon the copper and cupric ion concentrations in soil solution. *Journal of Soil Science*, 33, 679-689

C.C. Travis and E.L. Etnier (1981). A survey of Sorption Relationships for Reactive Solutes in Soil. *Journal Environmental Quality*, 10, 8-17.

D.A. de Vries (1963). Thermal properties of soil. In: *Physics of Plant Environment*, Ed. W.R. van Wijk, Amsterdam 1963, p. 210-235.

Bijlage 2 Samenstelling Gelderse bodem

Veld:	Gebied:	Cluster:	Gebiedsnaam:	Landgebruik:	lutum %	kalk %	pH- KCI	pH- KCI	CEC cmol/kg	CEC cmol/kg	Pw mgP2O5/l	Pw mgP2O5/l	P-AL mgP2O5/100g	P-AL mgP2O5/100g	OS %	OS %
					1997/98	1997/98	1997/98	1997/98	1997/98	1997/98	1997/98	1997/98	1997/98	1997/98	1997/98	1997/98
184	1	1	noordelijke gelderse vallei	gras	2.8	2.0	5.0	5.0	5.0	5.0	78.5	54.0	38.0	38.0	4.5	6.7
186	1	1	noordelijke gelderse vallei	gras	3.0	2.0	5.6	5.6	8.2	8.2	42.5	49.0	51.0	51.0	5.9	9.1
188	1	1	noordelijke gelderse vallei	gras	5.4	4.0	4.5	4.8	6.5	6.5	49.0	49.0	70.0	70.0	5.3	8.5
191	1	1	noordelijke gelderse vallei	gras	5.5	4.0	4.7	4.4	4.3	4.3	55.5	32.0	49.0	49.0	2.2	2.2
178	2	1	uidel-elspet-speuld-garderen	gras	4.6	3.0	4.9	5.1	4.5	4.5	16.0	41.0	36.0	36.0	6.1	10.7
179	2	1	uidel-elspet-speuld-garderen	gras	2.2	2.0	4.6	4.5	5.5	5.5	46.0	49.0	47.0	47.0	4.6	5.5
182	2	1	uidel-elspet-speuld-garderen	gras	2.7	3.0	5.2	5.1	5.2	5.2	25.0	33.0	34.0	34.0	4.8	7.5
183	2	1	uidel-elspet-speuld-garderen	gras	3.3	3.0	5.2	5.1	6.7	6.7	60.0	77.0	55.0	55.0	8.9	8.2
196	5	1	de driesprong	gras	3.3	1.0	4.9	5.2	4.7	4.7	24.0	35.0	45.0	45.0	4.9	6.4
200	5	1	de driesprong	gras	2.6	2.0	5.5	5.5	5.7	5.7	148.5	99.0	95.0	95.0	2.3	4.5
201	5	1	de driesprong	gras	2.6	2.0	5.8	5.8	8.2	8.2	105.5	122.0	191.0	191.0	4.9	7.1
1	GEMIDDELD OVER CLUSTER (1997-1999)															
151	3	2	noord-oost veluwe	gras	2.5	3.0	5.7	5.3	4.1	4.1	18.5	30.0	17.0	17.0	3.3	4.7
152	3	2	noord-oost veluwe	gras	4.7	3.0	4.9	4.9	4.0	4.0	10.5	28.0	28.0	28.0	4.3	9.9
159	3	2	noord-oost veluwe	gras	5.6	4.0	4.5	4.5	4.2	4.2	17.0	44.0	48.0	48.0	5.8	9.5
160	3	2	noord-oost veluwe	gras	2.1	3.0	4.6	4.6	3.8	3.8	34.5	57.0	70.0	70.0	3.9	6.0
163	4	2	hardewijk-elburg	gras	3.3	3.0	5.0	5.2	8.8	8.8	33.5	60.0	71.0	71.0	5.0	8.3
164	4	2	hardewijk-elburg	gras	1.0	1.0	4.7	4.7	2.8	2.8	39.5	57.0	66.0	66.0	2.5	3.8
168	4	2	hardewijk-elburg	gras	2.4	2.0	5.6	5.7	15.9	15.9	44.0	62.0	73.0	73.0	7.5	8.6
172	4	2	hardewijk-elburg	gras	4.5	4.0	4.7	4.9	8.8	8.8	49.0	57.0	41.0	41.0	4.4	8.6
141	6	2	zuidelijke isselvallei	gras	4.7	4.0	5.2	4.7	5.5	5.5	25.5	26.0	25.0	25.0	2.7	4.6
142	6	2	zuidelijke isselvallei	gras	3.7	2.0	4.8	4.7	6.7	6.7	45.5	42.0	55.0	55.0	4.5	6.8
143	6	2	zuidelijke isselvallei	gras	8.0	3.0	5.1	5.3	7.3	7.3	15.0	32.0	32.0	32.0	3.2	4.5
150	6	2	zuidelijke isselvallei	gras	3.4	3.0	4.1	4.1	3.2	3.2	15.0	22.0	22.0	22.0	4.4	5.6
2	GEMIDDELD OVER CLUSTER (1997-1999)															
215	7	3	hummelo-keppel	gras	15.0	15.0	6.0	5.9	13.1	13.1	30.0	34.0	21.0	21.0	3.0	5.5
217	7	3	hummelo-keppel	gras	4.9	3.0	4.7	5.0	3.6	3.6	11.0	33.0	15.0	15.0	2.3	4.1
124	8	3	de graafschap	gras	4.1	4.0	5.6	5.5	5.4	5.4	51.0	46.0	46.0	46.0	2.2	3.5
128	8	3	de graafschap	gras	4.5	2.0	5.6	5.5	5.3	5.3	35.0	53.0	49.0	49.0	2.1	3.6
252	8	3	de graafschap	gras	4.0	3.0	5.1	5.2	6.1	6.1	57.0	50.0	64.0	64.0	3.1	4.4
262	8	3	de graafschap	gras	4.2	5.0	4.9	5.0	6.6	6.6	19.0	25.0	29.0	29.0	4.6	6.5
207	11	3	groetbeek	gras	3.3	2.0	5.3	5.5	6.5	6.5	24.5	29.0	28.0	28.0	6.3	5.0
208	11	3	groetbeek	gras	3.9	3.0	4.8	4.5	4.3	4.3	37.0	50.0	39.0	39.0	4.1	4.2
209	11	3	groetbeek	gras	4.5	4.0	4.5	4.5	4.5	4.5	15.0	23.0	17.0	17.0	4.3	5.1
211	11	3	groetbeek	gras	3.9	4.0	5.4	6.0	9.7	9.7	33.5	56.0	75.0	75.0	7.6	9.0
222	12	3	needt-borculo	gras	3.7	2.0	5.2	5.3	5.8	5.8	46.5	56.0	63.0	63.0	3.1	4.3
226	12	3	needt-borculo	gras	2.2	2.0	4.7	4.8	3.9	3.9	30.5	38.0	35.0	35.0	2.4	2.8
229	12	3	needt-borculo	gras	3.1	3.0	5.4	5.5	5.5	5.5	43.0	48.0	60.0	60.0	3.4	5.1
236	13	3	winterswijk	gras	3.4	3.0	4.5	4.4	3.2	3.2	41.0	50.0	43.0	43.0	2.8	2.9
237	13	3	winterswijk	gras	3.3	3.0	5.3	5.5	4.3	4.3	18.5	29.0	16.0	16.0	2.7	2.9
246	13	5	winterswijk	gras	2.9	3.0	4.9	5.3	2.3	2.3	16.5	28.0	15.0	15.0	1.9	2.7
3	GEMIDDELD OVER CLUSTER (1997-1999)															
247	9	4	achterhoek	gras	4.9	4.0	5.2	5.2	6.8	6.8	50.0	43.0	56.0	56.0	3.0	4.4
253	9	4	achterhoek	gras	3.8	3.0	6.2	6.5	8.6	8.6	43.5	44.0	45.0	45.0	3.4	3.9
261	9	4	achterhoek	gras	12.4	15.0	5.2	10.5	10.5	10.5	65.5	69.0	71.0	71.0	3.5	5.1
446	9	4	achterhoek	gras	2.9	3.0	5.1	5.4	5.7	5.7	34.5	45.0	56.0	56.0	3.9	4.7
266	10	4	veluwe	gras	10.8	4.0	4.7	4.7	7.1	7.1	6.5	26.0	24.0	24.0	3.1	5.4
273	10	4	veluwe	gras	4.2	3.0	4.6	4.7	3.1	3.1	17.5	25.0	27.0	27.0	2.2	3.4
277	10	4	veluwe	gras	4.6	6.0	6.0	6.0	9.5	9.5	59.5	25.0	27.0	27.0	3.9	3.9
279	10	4	veluwe	gras	2.7	3.0	6.4	6.6	9.5	9.5	74.0	91.0	130.0	130.0	4.3	5.2
284	10	4	veluwe	gras	2.0	2.0	5.3	5.3	3.3	3.3	167.5	108.0	104.0	104.0	2.4	3.4
286	10	4	veluwe	gras	4.1	3.0	5.3	5.1	8.0	8.0	36.0	61.0	81.0	81.0	4.6	9.5
288	10	4	veluwe	gras	2.9	3.0	6.2	6.3	7.8	7.8	74.0	121.0	85.0	85.0	2.6	4.9
4	GEMIDDELD OVER CLUSTER (1997-1999)															
				gras	5.0	4.1	5.5	5.5	7.2	7.2	57.1	63.2	67.9	67.9	3.4	5.0

Yeld:	Gebied:	Cluster:	Gebiedsnaam:	Landgebruik:	lurum %	lurum %	kalk %	kalk %	pH- KCl	pH- KCl	CEC cmol/kg	CEC cmol/kg	Pw mgP2O5/l	Pw mgP2O5/l	P-AL mgP2O5/100g	P-AL mgP2O5/100g	OS %	OS %
291	15	5	geldense poort	kleiacker	26.8	26.8	5.1	5.1	7.1	7.1	27.1	27.1	10.0	10.0			6.0	
292	15	5	geldense poort	kleiacker	28.5	28.5	2.8	2.8	7.1	7.1	27.3	27.3	34.0	34.0			4.6	
294	15	5	geldense poort	kleiacker	26.3	26.3	2.2	2.2	7.1	7.1	24.4	24.4	69.5	69.5			3.8	
299	15	5	geldense poort	kleiacker	26.7	26.7	4.8	4.8	7.3	7.3	20.0	20.0	54.0	54.0			3.1	
303	15	5	geldense poort	kleiacker	32.8	32.8	4.8	4.8	7.2	7.2	28.4	28.4	18.0	18.0			4.5	
304	15	5	geldense poort	kleiacker	35.9	35.9	3.9	3.9	7.1	7.1	31.8	31.8	12.5	12.5			5.6	
306	15	5	geldense poort	kleiacker	12.8	12.8	3.6	3.6	7.5	7.5	12.0	12.0	94.0	94.0			2.3	
423	15	5	geldense poort	kleiacker	15.8	15.8			7.2	7.2	18.6	18.6	13.5	13.5			3.5	
424	15	5	geldense poort	kleiacker	15.7	15.7			7.3	7.3	15.6	15.6	72.5	72.5			2.4	
425	15	5	geldense poort	kleiacker	29.4	29.4	1.8	1.8	7.2	7.2	28.2	28.2	28.0	28.0			4.1	
426	15	5	geldense poort	kleiacker	37.8	37.8	0.4	0.4	7.0	7.0	34.7	34.7	27.5	27.5			4.3	
5	GEMIDDELD OVER CLUSTER (1997-1999)				26.2	26.2	3.1	3.1	7.2	7.2	24.4	24.4	39.4	39.4			4.0	
307	16	6	nverengebied	kleiacker	10.4	10.4	1.6	1.6	6.9	6.9	13.8	13.8	174.0	174.0			4.2	
308	16	6	nverengebied	kleiacker	27.3	27.3	0.2	0.2	6.3	6.3	21.9	21.9	82.0	82.0			2.7	
310	16	6	nverengebied	kleiacker	25.8	25.8	1.0	1.0	7.1	7.1	23.2	23.2	45.5	45.5			3.0	
311	16	6	nverengebied	kleiacker	14.0	14.0	0.5	0.5	7.0	7.0	16.5	16.5	138.5	138.5			3.9	
312	16	6	nverengebied	kleiacker	19.1	19.1			5.3	5.3	12.2	12.2	38.5	38.5			1.5	
314	16	6	nverengebied	kleiacker	26.5	26.5	0.5	0.5	7.0	7.0	20.1	20.1	59.5	59.5			1.7	
315	16	6	nverengebied	kleiacker	13.7	13.7	3.2	3.2	7.5	7.5	13.0	13.0	65.0	65.0			1.9	
316	16	6	nverengebied	kleiacker	20.5	20.5	3.6	3.6	7.5	7.5	16.1	16.1	58.0	58.0			2.3	
317	16	6	nverengebied	kleiacker	20.4	20.4	6.9	6.9	7.3	7.3	19.2	19.2	142.5	142.5			3.3	
318	16	6	nverengebied	kleiacker	21.3	21.3	0.9	0.9	7.2	7.2	19.2	19.2	80.0	80.0			2.3	
6	GEMIDDELD OVER CLUSTER (1997-1999)				19.9	19.9	1.8	1.8	6.9	6.9	17.5	17.5	87.4	87.4			2.7	

Veld:	Gebied:	Cluster:	Gebiedsnaam:	Landgebruik:	lutum %	lutum %	kalk %	kalk %	pH- KCl	pH- KCl	CEC cmol/kg	CEC cmol/kg	Pw mgP2O5/l	Pw mgP2O5/l	P-AL mg/P2O5/100g	P-AL mg/P2O5/100g	OS %	OS %
18	2	1	uudei-elsper-speuld-garderen	naaldbos	1.8	1.0	3.8	3.6	3.6	2.9	1.0	13.0	1.0	2.5	2.4	2.4	2.4	
48	5	1	de driesprong	naaldbos	2.0	1.0	3.6	3.4	3.4	2.8	1.9	4.0	1.9	2.1	2.1	2.1	2.1	
52	5	1	de driesprong	naaldbos	2.0	2.0	3.5	3.4	3.4	3.5	15.0	25.0	8.0	3.3	3.3	3.8	3.8	
1			GEMIDDELD OVER CLUSTER (1997-1999)	naaldbos	1.9	1.3	3.7	3.5	3.5	3.1	8.2	19.7	4.3	2.6	2.6	2.8	2.8	
36	3	2	noord-oost veluwe	naaldbos	1.6	3.0	3.4	3.1	3.1	6.9	1.5	12.0	1.0	6.6	7.9	7.9	7.9	
29	3	2	noord-oost veluwe	naaldbos	2.3	3.0	3.9	3.7	3.7	2.6	48.0	52.0	27.0	2.3	2.3	1.6	1.6	
32	4	2	hardewijk elburg	naaldbos	1.0	3.0	3.7	3.5	3.5	3.2	3.5	12.0	3.0	1.9	1.9	1.6	1.6	
37	4	2	hardewijk elburg	naaldbos	2.4	1.0	3.4	3.1	3.1	3.7	1.5	9.0	2.0	4.3	4.3	3.4	3.4	
60	6	2	zuidelijke issevallei	naaldbos	1.4	1.0	3.7	3.4	3.4	2.8	2.5	12.0	1.0	1.9	1.9	1.8	1.8	
69	6	2	zuidelijke issevallei	naaldbos	1.3	2.0	3.8	3.4	3.4	1.0	2.0	10.0	1.1	1.1	1.1	1.2	1.2	
2			GEMIDDELD OVER CLUSTER (1997-1999)	naaldbos	1.6	2.2	3.6	3.4	3.4	3.3	9.8	17.8	5.8	3.0	3.0	2.9	2.9	
74	7	3	hunnelo-keppel	naaldbos	2.7	2.0	3.9	3.6	3.6	2.6	2.0	14.0	3.0	3.4	3.4	2.1	2.1	
76	7	3	hunnelo-keppel	naaldbos	2.1	2.0	4.0	3.6	3.6	1.4	2.5	17.0	4.0	1.4	1.4	1.4	1.4	
79	7	3	hunnelo-keppel	naaldbos	3.2	2.0	3.6	3.2	3.2	2.4	44.5	57.0	23.0	2.2	2.2	2.7	2.7	
87	8	3	de graafschap	naaldbos	2.1	1.0	4.1	3.4	3.4	1.0	2.5	13.0	3.0	0.9	0.9	2.7	2.7	
92	8	3	de graafschap	naaldbos	2.6	1.0	4.3	3.2	3.2	1.2	1.0	9.0	1.0	1.8	1.8	3.7	3.7	
103	8	3	de graafschap	naaldbos	1.5	2.0	4.1	3.5	3.5	2.1	1.0	10.0	1.0	1.4	1.4	1.7	1.7	
3			GEMIDDELD OVER CLUSTER (1997-1999)	naaldbos	2.3	1.7	4.0	3.4	3.4	1.8	8.9	20.0	5.8	1.8	1.8	2.4	2.4	
94	9	4	achterhoek	naaldbos	2.7	2.0	4.0	3.6	3.6	2.0	2.0	9.0	3.0	1.9	1.9	1.5	1.5	
95	9	4	achterhoek	naaldbos	2.9	2.0	3.8	3.4	3.4	3.1	1.5	8.0	1.0	2.9	2.9	4.0	4.0	
97	9	4	achterhoek	naaldbos	1.5	1.0	3.6	3.2	3.2	1.5	3.0	12.0	3.0	1.0	1.0	1.8	1.8	
101	9	4	achterhoek	naaldbos	3.8	2.0	3.8	3.1	3.1	2.9	2.0	12.0	2.0	2.1	2.1	3.2	3.2	
106	10	4	veluwe	naaldbos	1.2	1.0	3.5	3.3	3.3	1.3	2.0	10.0	1.0	1.6	1.6	1.7	1.7	
110	10	4	veluwe	naaldbos	1.3	1.0	3.7	3.3	3.3	2.0	2.0	9.0	1.0	2.7	2.7	2.1	2.1	
114	10	4	veluwe	naaldbos	2.0	1.0	3.9	3.5	3.5	1.4	1.0	10.0	1.0	1.5	1.5	1.1	1.1	
115	10	4	veluwe	naaldbos	2.7	2.0	3.6	3.1	3.1	2.5	1.5	13.0	1.0	4.2	4.2	3.6	3.6	
119	10	4	veluwe	naaldbos	1.3	1.0	3.7	3.2	3.2	1.2	2.5	13.0	1.0	0.8	0.8	1.5	1.5	
121	10	4	veluwe	naaldbos	2.0	2.0	3.0			2.6	2.0	9.0	2.0	3.0	3.0	3.3	3.3	
4			GEMIDDELD OVER CLUSTER (1997-1999)	naaldbos	2.1	1.5	3.7	3.3	3.3	2.0	2.0	10.5	1.6	2.2	2.2	2.4	2.4	

Veld:	Gebied:	Cluster:	Gebiedsnaam:	Landgebruik:	lurum %	kalk %	kalk %	pH- KCI	pH- KCI	CEC cmol/kg	CEC cmol/kg	Pw mgP2O5/l	Pw mgP2O5/l	P-AL mgP2O5/100g	P-AL mgP2O5/100g	OS %	OS %
341	1	1	noordelijke gelderse vallei	zandakker	3.1			4.4	4.4	5.1		82.0				4.9	
343	1	1	noordelijke gelderse vallei	zandakker	3.3			4.1	4.1	4.3		259.0				4.1	
345	1	1	noordelijke gelderse vallei	zandakker	3.8			4.2	4.2	3.7		139.5				4.4	
346	1	1	noordelijke gelderse vallei	zandakker	4.2			4.0	4.0	4.9		225.0				5.2	
347	2	1	uidel-elspeet-specul-garderen	zandakker	2.8			4.5	4.5	4.9		152.5				4.9	
348	2	1	uidel-elspeet-specul-garderen	zandakker	3.2			5.3	5.3	7.6		106.0				5.9	
349	2	1	uidel-elspeet-specul-garderen	zandakker	3.7			3.7	3.7	3.3		155.5				5.4	
350	2	1	uidel-elspeet-specul-garderen	zandakker	3.3			4.6	4.6	3.9		193.5				3.5	
351	5	1	de driesprong	zandakker	3.1			4.7	4.7	4.0		135.0				3.6	
352	5	1	de driesprong	zandakker	3.6			4.2	4.2	3.7		245.5				3.6	
353	5	1	de driesprong	zandakker	2.4			5.6	5.6	6.5		71.0				3.4	
1	1	1	noordelijke gelderse vallei	zandakker	3.3			4.5	4.5	4.7		164.5				4.4	
368	3	2	noord-oost veluwe	zandakker	2.6			4.2	4.2	2.6		175.0				6.1	
370	3	2	noord-oost veluwe	zandakker	3.7			4.1	4.1	3.5		105.0				4.8	
371	3	2	noord-oost veluwe	zandakker	3.0			3.9	3.9	2.5		148.0				4.9	
372	3	2	noord-oost veluwe	zandakker	4.4			3.7	3.7	2.6		140.5				4.3	
373	4	2	harderwijk-elburg	zandakker	3.3			4.5	4.5	5.6		147.5				4.2	
374	4	2	harderwijk-elburg	zandakker	3.8			5.0	5.0	7.6		162.0				4.2	
375	4	2	harderwijk-elburg	zandakker	2.5			3.7	3.7	2.9		162.5				2.9	
376	4	2	harderwijk-elburg	zandakker	4.6			5.3	5.3	5.0		170.5				2.2	
377	6	2	zuidelijke jsselvallei	zandakker	3.5			4.7	4.7	4.6		87.0				6.9	
378	6	2	zuidelijke jsselvallei	zandakker	3.2			4.0	4.0	3.2		154.5				4.9	
379	6	2	zuidelijke jsselvallei	zandakker	2.6			5.8	5.8	5.5		110.0				4.1	
380	6	2	zuidelijke jsselvallei	zandakker	2.6			4.8	4.8	3.6		77.5				5.8	
2	2	2	noordelijke gelderse vallei	zandakker	3.3			4.5	4.5	4.1		136.7				4.6	
407	7	3	hunnelo-keppel	zandakker	10.1		0.0	6.0	6.0	7.4		121.5				2.1	
408	7	3	hunnelo-keppel	zandakker	7.2		0.1	6.1	6.1	6.9		97.0				3.0	
409	7	3	hunnelo-keppel	zandakker	4.2		0.0	5.9	5.9	5.9		152.0				2.5	
410	7	3	hunnelo-keppel	zandakker	3.8			3.8	3.8	5.7		257.5				6.6	
411	8	3	de graafschap	zandakker	3.4			4.3	4.3	7.4		177.0				10.8	
412	8	3	de graafschap	zandakker	3.0			4.8	4.8	7.5		85.0				6.5	
413	8	3	de graafschap	zandakker	4.2			5.4	5.4	10.2		104.0				6.5	
385	12	3	neede-borculo	zandakker	4.7			5.0	5.0	5.2		120.5				4.0	
386	12	3	neede-borculo	zandakker	4.3			4.7	4.7	6.0		125.0				4.0	
387	12	3	neede-borculo	zandakker	3.8			4.1	4.1	5.3		101.0				5.8	
391	13	3	winterswijk	zandakker	3.5			4.8	4.8	6.6		96.0				5.8	
395	13	3	winterswijk	zandakker	4.5			4.5	4.5	6.9		168.5				6.5	
397	13	3	winterswijk	zandakker	4.7			4.6	4.6	5.5		188.5				5.8	
398	13	3	winterswijk	zandakker	3.8			4.9	4.9	5.4		93.0				4.7	
401	15	3	gelderse poort	zandakker	5.1			4.6	4.6	3.4		94.5				2.9	
404	15	3	gelderse poort	zandakker	5.1			4.3	4.3	2.3		104.0				2.0	
3	3	3	noordelijke gelderse vallei	zandakker	4.7			4.9	4.9	6.1		130.2				5.0	
427	9	4	achterhoek	zandakker	8.1			5.3	5.3	5.5		205.5				2.0	
429	9	4	achterhoek	zandakker	4.5			4.9	4.9	6.5		181.5				4.1	
430	9	4	achterhoek	zandakker	4.2			4.7	4.7	8.3		100.0				7.3	
431	9	4	achterhoek	zandakker	4.8			4.0	4.0	3.8		63.5				4.1	
434	10	4	veluwe	zandakker	7.2			5.0	5.0	5.3		57.5				3.4	
436	10	4	veluwe	zandakker	2.7			5.5	5.5	6.9		126.0				4.9	
438	10	4	veluwe	zandakker	2.4			4.0	4.0	4.1		281.0				4.5	
440	10	4	veluwe	zandakker	2.2			4.9	4.9	3.6		109.5				3.7	
441	10	4	veluwe	zandakker	2.7			4.4	4.4	4.7		125.5				4.3	
442	10	4	veluwe	zandakker	2.8			3.9	3.9	1.4		77.5				2.6	
443	10	4	veluwe	zandakker	4.2			5.6	5.6	7.1		148.5				4.7	
444	10	4	veluwe	zandakker	7.2			4.2	4.2	3.9		117.0				4.5	
4	4	4	noordelijke gelderse vallei	zandakker	4.4			4.7	4.7	5.1		132.8				4.2	

Veld:	Gebied:	Cluster:	Gebiedsnaam:	Landgebruik:	N-tot %	N-tot 1997/98	AI mmol/kg	AI 1997/98	Fe mmol/kg	Fe 1997/98	P mmol/kg	P 1997/98	P-verz. %	P-verz. 1997/98	P-tot %	P-tot 1997/98
184	1	1	noordelijke gelderse vallei	gras	0.22	5.8	6.9	8.8	11.0	11.0	6.9	6.2	69.7	0.053		
186	1	1	noordelijke gelderse vallei	gras	0.25	10.1	12.7	28.3	37.5	37.5	10.1	12.4	49.5	0.095		
188	1	1	noordelijke gelderse vallei	gras	0.25	21.7	18.9	102.2	111.3	111.3	21.0	18.3	28.2	0.089		
191	1	1	noordelijke gelderse vallei	gras	0.10	22.7	23.6	66.2	57.4	57.4	20.1	16.0	39.5	0.062		
178	2	1	uiddel-disper-special-garderen	gras	0.26	19.6	19.4	49.7	38.0	38.0	7.4	4.7	16.3	0.071		
179	2	1	uiddel-disper-special-garderen	gras	0.16	35.4	31.4	20.2	19.2	19.2	15.1	13.5	53.5	0.044		
182	2	1	uiddel-disper-special-garderen	gras	0.16	30.8	21.4	16.4	21.1	21.1	8.6	5.0	23.5	0.060		
183	2	1	uiddel-disper-special-garderen	gras	0.34	31.1	40.3	12.1	14.8	12.0	12.2	12.2	44.2	0.043		
196	5	1	de driesprong	gras	0.18	40.0	31.2	31.2	28.4	28.4	11.9	9.9	28.6	0.076		
200	5	1	de driesprong	gras	0.10	19.7	17.6	7.3	14.4	14.4	16.6	16.8	104.6	0.114		
201	5	1	de driesprong	gras	0.22	36.3	29.7	22.3	21.0	21.0	27.6	19.4	76.6	0.058		
GEMIDDELD OVER CLUSTER (1997-1999)																
151	3	2	noord-oost veluwe	gras	0.13	12.8	18.7	9.3	14.1	14.1	4.2	5.3	32.2	0.038		
152	3	2	noord-oost veluwe	gras	0.15	18.0	20.1	27.8	27.2	27.2	5.5	6.6	28.0	0.075		
159	3	2	noord-oost veluwe	gras	0.25	29.3	24.1	35.3	28.8	28.8	9.5	6.6	24.8	0.069		
160	3	2	noord-oost veluwe	gras	0.13	49.3	52.2	7.7	9.9	9.9	12.1	12.3	39.5	0.076		
163	4	2	harderwijk-elburg	gras	0.22	19.5	17.7	61.8	49.3	49.3	12.1	9.9	29.6	0.056		
164	4	2	harderwijk-elburg	gras	0.11	16.7	16.7	25.0	42.0	42.0	12.8	10.7	35.8	0.085		
168	4	2	harderwijk-elburg	gras	0.32	26.8	17.7	51.5	31.4	31.4	19.2	12.0	48.8	0.068		
172	4	2	harderwijk-elburg	gras	0.21	23.2	16.9	31.3	18.3	18.3	15.8	7.7	43.6	0.048		
141	6	2	zuidelijke jisselvallei	gras	0.15	12.1	12.3	33.8	41.3	41.3	8.6	7.0	26.3	0.093		
142	6	2	zuidelijke jisselvallei	gras	0.21	29.3	25.3	45.5	45.7	45.7	20.4	17.6	49.6	0.047		
143	6	2	zuidelijke jisselvallei	gras	0.17	12.8	13.8	50.8	70.1	70.1	6.2	5.9	14.1	0.057		
150	6	2	zuidelijke jisselvallei	gras	0.19	35.4	57.2	16.3	39.4	39.4	8.1	7.4	15.4	0.033		
GEMIDDELD OVER CLUSTER (1997-1999)																
215	7	3	hummelo-keppel	gras	0.15	27.7	22.6	90.7	91.6	91.6	13.2	9.0	15.8	0.047		
217	7	3	hummelo-keppel	gras	0.10	42.5	35.0	36.1	36.1	36.1	10.3	6.9	19.3	0.074		
124	8	3	de graafschap	gras	0.13	31.2	25.8	23.7	19.0	19.0	9.2	7.2	42.9	0.065		
128	8	3	de graafschap	gras	0.12	17.9	30.1	38.4	32.4	32.4	13.0	23.0	23.0	0.047		
252	8	3	de graafschap	gras	0.22	37.9	23.6	28.4	38.7	38.7	18.9	9.3	29.8	0.055		
262	8	3	de graafschap	gras	0.22	21.1	17.0	102.2	79.0	79.0	14.4	8.9	18.6	0.062		
207	11	3	groesbeek	gras	0.26	32.0	33.8	24.6	19.6	19.6	11.4	7.9	29.4	0.066		
208	11	3	groesbeek	gras	0.18	23.4	31.8	28.5	32.8	32.8	14.1	11.9	36.8	0.052		
209	11	3	groesbeek	gras	0.18	32.2	40.6	28.1	31.5	31.5	9.5	7.6	21.0	0.078		
211	11	3	groesbeek	gras	0.32	54.4	47.9	37.6	37.7	37.7	16.9	8.2	19.1	0.082		
222	12	3	neede-borculo	gras	0.14	51.5	39.3	28.1	22.1	22.1	20.4	12.4	40.3	0.031		
226	12	3	neede-borculo	gras	0.10	36.9	27.0	10.8	13.6	13.6	9.1	4.1	20.3	0.071		
229	12	3	neede-borculo	gras	0.16	37.0	24.2	31.3	18.5	18.5	19.6	8.0	37.4	0.050		
236	13	3	winterswijk	gras	0.12	30.3	20.2	19.0	10.5	10.5	11.4	4.4	28.8	0.032		
237	13	3	winterswijk	gras	0.12	13.9	10.1	14.4	10.8	10.8	5.8	3.3	31.4	0.040		
246	13	3	winterswijk	gras	0.09	39.5	20.6	26.2	53.4	53.4	8.4	3.7	9.9	0.082		
GEMIDDELD OVER CLUSTER (1997-1999)																
247	9	4	achterhoek	gras	0.16	32.8	27.5	31.7	30.3	30.3	13.7	7.6	27.8	0.058		
253	9	4	achterhoek	gras	0.14	11.3	7.2	59.7	44.5	44.5	18.4	8.8	34.2	0.077		
261	9	4	achterhoek	gras	0.15	12.9	9.0	27.5	17.1	17.1	11.8	5.6	43.1	0.097		
446	9	4	achterhoek	gras	0.19	25.9	24.9	60.0	54.2	54.2	22.2	12.5	31.5	0.072		
266	10	4	veluwe	gras	0.14	42.2	33.1	24.7	18.8	18.8	15.6	6.8	26.3	0.085		
273	10	4	veluwe	gras	0.17	16.2	17.8	213.7	86.7	86.7	11.4	6.9	13.2	0.046		
277	10	4	veluwe	gras	0.11	18.2	14.2	31.7	27.5	27.5	10.5	7.9	37.7	0.105		
279	10	4	veluwe	gras	0.19	13.6	14.2	65.7	65.7	65.7	27.8	19.4	87.9	0.109		
284	10	4	veluwe	gras	0.16	20.3	18.1	30.2	25.9	25.9	25.1	19.4	96.3	0.077		
286	10	4	veluwe	gras	0.11	14.1	19.3	28.0	21.3	21.3	23.7	13.1	32.6	0.078		
288	10	4	veluwe	gras	0.18	29.9	25.9	59.2	54.4	54.4	20.3	14.7	68.2	0.050		
GEMIDDELD OVER CLUSTER (1997-1999)																
4				gras	0.15	21.4	20.6	54.2	36.5	36.5	18.0	11.9	47.1	0.078		

Veld:	Gebied:	Cluster:	Gebiedsnaam:	Landgebruik:	N-tot %	Al mmol/kg	Fe mmol/kg	P mmol/kg	P-verz. %	P-tot %	P-tot %
					1997/98	1997/98	1997/98	1997/98	1997/98	1997/98	1999
291	15	5	gelderse poort	kleiacker	0.34	34.0	79.1	10.9		0.137	
292	15	5	gelderse poort	kleiacker	0.14	37.4	71.0	14.1		0.101	
294	15	5	gelderse poort	kleiacker	0.22	39.3	73.8	24.5		0.095	
299	15	5	gelderse poort	kleiacker	0.16	31.3	48.7	15.9		0.096	
303	15	5	gelderse poort	kleiacker	0.23	40.8	78.9	15.8		0.102	
304	15	5	gelderse poort	kleiacker	0.14	41.8	85.6	13.9		0.084	
306	15	5	gelderse poort	kleiacker	0.11	16.1	26.6	13.4		0.063	
423	15	5	gelderse poort	kleiacker	0.13	22.3	37.8	7.9		0.080	
424	15	5	gelderse poort	kleiacker	0.12	19.3	27.5	12.6		0.102	
425	15	5	gelderse poort	kleiacker	0.13	39.9	69.3	15.9		0.097	
426	15	5	gelderse poort	kleiacker	0.26	48.6	82.3	16.3		0.104	
5	GEMIDDELD OVER CLUSTER (1997-1999)				0.18	33.7	61.9	14.7		0.097	
307	16	6	nivierengebied	kleiacker	0.13	15.6	24.2	18.2		0.115	
308	16	6	nivierengebied	kleiacker	0.12	35.7	56.3	19.2		0.095	
310	16	6	nivierengebied	kleiacker	0.12	35.2	61.3	15.8		0.138	
311	16	6	nivierengebied	kleiacker	0.12	15.7	29.3	21.8		0.075	
312	16	6	nivierengebied	kleiacker	0.12	24.8	48.4	12.6		0.083	
314	16	6	nivierengebied	kleiacker	0.12	31.5	49.3	12.5		0.078	
315	16	6	nivierengebied	kleiacker	0.12	17.3	27.9	12.2		0.091	
316	16	6	nivierengebied	kleiacker	0.11	25.5	37.3	14.6		0.132	
317	16	6	nivierengebied	kleiacker	0.13	26.8	52.4	26.4		0.093	
318	16	6	nivierengebied	kleiacker	0.12	25.5	39.6	15.4			
6	GEMIDDELD OVER CLUSTER (1997-1999)				0.12	25.4	42.6	16.9		0.100	

Veld:	Gebied:	Cluster:	Gebiedsnaam:	Landgebruik:	N-tot %	N-tot 1997/98	AI mmol/kg 1997/98	AI mmol/kg 1999	Fe mmol/kg 1997/98	Fe mmol/kg 1999	P mmol/kg 1997/98	P mmol/kg 1999	P-verz. %	P-verz. 1997/98	P-tot %	P-tot 1997/98	P-tot %	P-tot 1999
18				naaldbos	0.05		30.0	40.1	12.7	19.2	0.6	0.3			0.008			
48			uiddel-elpeet-speuld-grachten de driesprong	naaldbos	0.05		14.2	18.8	9.5	13.9	1.4	0.8			0.019			
52				naaldbos	0.08		23.2	50.0	12.3	17.4	3.4	5.5			0.006			
1	GEMIDDELD OVER CLUSTER (1997-1999)																	
26				naaldbos	0.06		22.5	36.3	11.5	16.8	1.8	2.2			0.011			
29			noord-oost veluwe	naaldbos	0.12		53.2	46.3	5.4	5.6	0.8	0.1			0.043			
32			noord-oost veluwe	naaldbos	0.09		29.6	24.8	14.5	21.9	9.8	5.4			0.006			
37			hardervijk-elburg	naaldbos	0.04		23.4	26.9	3.4	3.4	1.1	0.5			0.014			
37			hardervijk-elburg	naaldbos	0.09		18.3	14.1	68.2	40.9	2.1	1.0			0.010			
60			zuidelijke jisselvallei	naaldbos	0.04		20.5	27.3	7.8	8.0	0.8	0.6			0.003			
69			zuidelijke jisselvallei	naaldbos	0.02		7.4	11.1	7.9	12.3	0.2	0.1			0.012			
2	GEMIDDELD OVER CLUSTER (1997-1999)																	
74				naaldbos	0.07		25.4	25.1	17.9	15.4	2.5	1.3			0.015			
74			hummelo-keppel	naaldbos	0.07		42.2	38.6	20.0	18.2	2.2	2.5			0.012			
76			hummelo-keppel	naaldbos	0.03		32.5	22.1	14.2	10.5	2.1	1.7			0.032			
79			hummelo-keppel	naaldbos	0.06		21.8	25.4	21.3	27.0	8.9	10.2			0.010			
87			de grafschap	naaldbos	0.02		23.7	39.2	15.8	18.4	2.2	2.4			0.010			
92			de grafschap	naaldbos	0.04		73.8	42.3	21.0	16.1	1.7	1.6			0.011			
103			de grafschap	naaldbos	0.03		34.1	47.6	6.6	5.6	0.9	1.0			0.005			
3	GEMIDDELD OVER CLUSTER (1997-1999)																	
94				naaldbos	0.04		38.0	35.9	16.5	16.0	3.0	3.2			0.013			
94			achterhoek	naaldbos	0.04		40.4	38.3	23.0	12.6	1.9	1.4			0.009			
95			achterhoek	naaldbos	0.06		44.1	39.6	23.7	15.9	1.0	0.7			0.009			
97			achterhoek	naaldbos	0.16		11.4	7.9	12.4	11.1	1.0	0.4			0.014			
101			achterhoek	naaldbos	0.05		34.0	36.0	25.7	22.6	2.3	1.9			0.008			
106			veluwe	naaldbos	0.03		10.2	14.4	5.8	5.6	0.4	0.3			0.007			
110			veluwe	naaldbos	0.06		22.7	25.6	13.0	11.4	0.6	0.3			0.005			
114			veluwe	naaldbos	0.03		17.5	27.5	7.8	8.1	0.3	0.3			0.010			
115			veluwe	naaldbos	0.10		31.2	33.9	18.6	18.0	1.6	0.5			0.005			
119			veluwe	naaldbos	0.02		6.9	20.9	6.6	11.4	0.6	0.3			0.008			
121			veluwe	naaldbos	0.06		35.9	51.6	13.8	15.2	0.9	0.6			0.014			
4	GEMIDDELD OVER CLUSTER (1997-1999)																	
				naaldbos	0.06		25.4	29.6	15.1	13.2	1.1	0.7			0.019			

Veldnr	Gebied	Cluster	Gebiedsnaam	Landgebruik	N-tot %	N-tot 1997/98	AI mmol/kg	AI 1997/98	Fe mmol/kg	Fe 1997/98	P mmol/kg	P 1997/98	P-verz. %	P-verz. 1997/98	P-tot %	P-tot 1997/98
341	1	1	noordelijke gelderse vallei	zandakker	0.16		31.9	41.7	79.5	70.1	37.5	24.3			43.4	0.154
343	1	1	noordelijke gelderse vallei	zandakker	0.15		28.8	45.9	47.1	46.3	44.9	27.8			60.3	0.180
345	1	1	noordelijke gelderse vallei	zandakker	0.18		54.3	42.4	67.4	67.4	55.0	33.6			52.8	0.148
346	1	1	noordelijke gelderse vallei	zandakker	0.17		32.0	57.9	53.0	35.5	42.9	25.1			53.7	0.118
333	2	1	uidel-dispect-speuld-garderen	zandakker	0.16		24.9	33.1	29.1	32.1	30.8	24.8			76.0	0.080
334	2	1	uidel-dispect-speuld-garderen	zandakker	0.16		25.5	36.5	30.2	32.9	25.7	15.3			44.0	0.101
335	2	1	uidel-dispect-speuld-garderen	zandakker	0.18		26.1	29.5	31.5	26.5	31.8	20.8			74.5	0.110
338	2	1	uidel-dispect-speuld-garderen	zandakker	0.12		22.5	41.4	36.1	37.9	37.3	22.5			56.9	0.120
349	5	1	de driesprong	zandakker	0.12		24.0	43.8	50.5	38.4	33.5	22.4			54.4	0.146
350	5	1	de driesprong	zandakker	0.14		19.1	21.0	46.9	59.5	41.8	33.5			77.1	0.135
351	5	1	de driesprong	zandakker	0.11		32.3	43.3	36.7	27.7	43.5	27.5			77.6	0.079
353	5	1	de driesprong	zandakker	0.11		44.4	74.3	20.3	17.8	23.6	12.1			26.2	0.076
1	GEMIDDELD OVER CLUSTER (1997-1999)			zandakker	0.15		30.5	42.6	44.0	42.4	37.4	23.9			58.1	0.120
368	3	2	noord-oost veluwe	zandakker	0.18		25.9	23.9	27.4	30.4	24.0	17.1			63.1	0.084
370	3	2	noord-oost veluwe	zandakker	0.16		26.8	28.5	39.1	36.7	21.2	14.9			45.7	0.084
377	3	2	noord-oost veluwe	zandakker	0.15		21.8	36.1	31.2	29.9	21.3	16.4			58.7	0.077
378	3	2	noord-oost veluwe	zandakker	0.16		22.4	39.3	41.8	33.4	23.5	16.4			45.2	0.122
324	4	2	harderwijk-elburg	zandakker	0.15		14.9	20.1	66.9	52.6	29.9	16.7			45.9	0.136
325	4	2	harderwijk-elburg	zandakker	0.15		22.4	22.7	60.8	38.2	35.8	18.7			61.5	0.076
327	4	2	harderwijk-elburg	zandakker	0.12		9.9	20.4	31.5	40.8	19.5	16.1			52.6	0.104
329	4	2	harderwijk-elburg	zandakker	0.12		16.7	19.9	36.0	30.7	34.6	20.6			81.5	0.092
358	6	2	zuidelijke ijsselvallei	zandakker	0.19		17.1	18.9	50.3	47.1	22.3	15.1			45.9	0.084
359	6	2	zuidelijke ijsselvallei	zandakker	0.15		28.3	34.6	26.6	33.8	23.6	20.9			61.0	0.073
361	6	2	zuidelijke ijsselvallei	zandakker	0.13		23.7	25.5	24.3	30.6	20.2	17.4			62.0	0.057
363	6	2	zuidelijke ijsselvallei	zandakker	0.17		20.8	25.8	25.9	28.5	13.1	10.1			37.1	0.087
2	GEMIDDELD OVER CLUSTER (1997-1999)			zandakker	0.15		20.9	25.5	38.5	36.1	24.1	16.7			55.0	0.091
407	7	3	hummelo-keppel	zandakker	0.10		42.8	41.9	75.9	72.9	35.5	22.6			39.3	0.117
409	7	3	hummelo-keppel	zandakker	0.11		33.3	54.2	50.8	55.8	31.8	23.9			43.5	0.131
410	7	3	hummelo-keppel	zandakker	0.09		43.5	75.8	25.4	19.2	36.8	23.5			49.5	0.164
413	8	3	de graafschap	zandakker	0.22		33.6	32.1	62.1	64.7	45.6	30.3			42.6	0.087
417	8	3	de graafschap	zandakker	0.26		37.8	47.3	27.1	33.8	25.7	15.5			38.1	0.068
419	8	3	de graafschap	zandakker	0.17		33.1	39.7	28.0	33.1	18.2	10.8			29.7	0.096
421	8	3	de graafschap	zandakker	0.22		33.9	79.1	31.1	34.7	22.9	14.9			26.2	0.152
385	12	3	neede-borculo	zandakker	0.14		27.2	27.7	43.7	41.1	25.2	13.1			38.2	0.087
386	12	3	neede-borculo	zandakker	0.14		32.1	36.6	42.4	56.8	24.8	18.5			39.7	0.092
387	12	3	neede-borculo	zandakker	0.20		33.1	66.1	51.2	57.7	24.6	19.1			30.8	0.088
391	13	3	winterswijk	zandakker	0.18		32.4	30.8	46.2	55.3	26.0	18.4			42.7	0.125
395	13	3	winterswijk	zandakker	0.19		47.5	59.2	33.4	44.6	36.4	24.0			46.1	0.134
397	13	3	winterswijk	zandakker	0.19		33.9	36.7	40.3	53.6	39.6	24.7			54.7	0.068
398	13	3	winterswijk	zandakker	0.15		31.3	37.4	22.2	29.8	21.0	14.9			44.3	0.092
401	15	3	gelderse poort	zandakker	0.12		35.0	46.5	36.5	39.6	26.3	22.9			53.1	0.086
404	15	3	gelderse poort	zandakker	0.08		30.6	38.9	32.1	35.6	26.0	23.7			63.8	0.129
3	GEMIDDELD OVER CLUSTER (1997-1999)			zandakker	0.16		35.1	46.9	40.5	45.5	29.1	20.0			43.9	0.107
427	9	4	achterhoek	zandakker	0.10		33.7	35.1	44.4	45.2	37.3	24.7			61.4	0.115
429	9	4	achterhoek	zandakker	0.14		31.3	54.2	26.5	32.0	18.8	13.4			43.7	0.111
430	9	4	achterhoek	zandakker	0.24		46.7	66.2	46.4	54.7	30.1	13.4			22.1	0.083
431	9	4	achterhoek	zandakker	0.16		25.4	64.1	46.3	41.2	21.0	14.7			27.9	0.085
434	10	4	veluwe	zandakker	0.14		50.2	49.3	44.8	33.0	23.2	12.1			28.9	0.097
436	10	4	veluwe	zandakker	0.18		25.2	21.0	36.6	25.7	30.3	15.1			64.6	0.142
438	10	4	veluwe	zandakker	0.16		32.2	38.7	38.6	48.6	45.8	30.6			70.0	0.069
440	10	4	veluwe	zandakker	0.12		23.5	24.8	17.8	21.9	21.6	15.9			68.1	0.112
441	10	4	veluwe	zandakker	0.18		42.8	29.4	55.4	39.8	42.5	19.5			56.3	0.060
442	10	4	veluwe	zandakker	0.08		18.3	19.8	35.7	43.6	17.8	20.0			63.0	0.099
443	10	4	veluwe	zandakker	0.18		29.0	40.7	30.4	34.7	29.5	14.8			39.4	0.103
444	10	4	veluwe	zandakker	0.21		23.5	18.8	54.8	31.6	30.1	14.8			58.9	0.103
4	GEMIDDELD OVER CLUSTER (1997-1999)			zandakker	0.16		31.8	38.5	39.8	37.7	29.9	17.9			50.4	0.090

Veld:	Gebied:	Cluster:	Gebiedsnaam:	Landgebruik:	Cd mg/kg 1997/98	Cd mg/kg 1999	Cu mg/kg 1997/98	Cu mg/kg 1999	Pb mg/kg 1997/98	Pb mg/kg 1999	Zn mg/kg 1997/98	Zn mg/kg 1999	Hg mg/kg 1997/98	Hg mg/kg 1999	As mg/kg 1999
184		1	noordelijke polderse vallei	gras	0.22	0.23	10.5	20.1	11.2	13.7	30.3	54.0	0.04		
186		1	noordelijke polderse vallei	gras	0.22	0.25	8.0	13.4	17.1	12.8	34.3	40.3	0.06		1.4
188		1	noordelijke polderse vallei	gras	0.31	0.41	7.7	12.5	23.0	21.1	24.9	39.8	0.09		6.1
191		1	noordelijke polderse vallei	gras		0.21	9.3	7.4	16.3	9.9	23.5	19.1	0.07		3.6
178		2	uitlei-eloperspeuld-garderen	gras	0.34	0.39	2.3	9.8	17.8	18.1	19.3	36.7	0.07		12.0
179		2	uitlei-eloperspeuld-garderen	gras	0.25	0.23	5.7	5.8	22.3	16.9	21.5	20.3	0.07		2.2
182		2	uitlei-eloperspeuld-garderen	gras	0.29	0.40	4.1	10.9	13.8	15.5	15.8	32.0	0.05		2.6
183		2	uitlei-eloperspeuld-garderen	gras		0.19	6.6	8.2	15.1	12.3	23.4	30.3	0.05		1.4
190		5	de diensprong	gras	0.41	0.25	14.6	12.6	44.5	21.0	34.4	36.1	0.10		3.4
200		5	de diensprong	gras		0.15	22.3	28.7	5.5	5.0	29.9	44.0			2.9
201		5	de diensprong	gras	0.30	0.26	11.7	17.7	12.7	10.6	38.1	66.8	0.03		7.4
1			GEWIDDELD OVER CLUSTER (1997-1999)	gras	0.29	0.27	9.3	13.4	18.1	14.3	26.8	38.1	0.06		4.3
151		3	noord-oost veluwe	gras	0.22	0.16	4.1	4.6	21.0	13.4	16.6	16.1	0.08		2.0
152		3	noord-oost veluwe	gras	0.30	0.49	5.9	6.6	24.9	27.0	19.1	43.9	0.26		3.7
159		3	noord-oost veluwe	gras	0.25	0.47	6.0	6.8	22.2	21.8	23.8	30.4	0.09		3.0
160		3	noord-oost veluwe	gras		0.24	3.6	12.8	14.8	11.7	24.4	34.2	0.05		1.7
163		4	hardewijk-elburg	gras	0.31	0.34	9.4	14.7	22.0	16.2	25.4	39.0	0.09		8.2
164		4	hardewijk-elburg	gras	0.25	0.21	6.2	9.8	12.0	10.2	15.4	23.1	0.04		4.2
168		4	hardewijk-elburg	gras		0.19	8.7	8.4	85.4	10.8	26.9	35.1	0.08		2.4
172		4	hardewijk-elburg	gras	0.27	0.27	9.4	14.5	21.6	17.0	32.3	46.7	0.07		3.2
141		6	zuidelijke ijsselvallei	gras	0.33	0.19	6.1	9.3	14.0	6.9	18.7	18.6	0.07		4.2
142		6	zuidelijke ijsselvallei	gras	0.42	0.29	13.1	15.3	28.7	17.8	37.0	36.7	0.10		4.1
143		6	zuidelijke ijsselvallei	gras	0.39	0.30	8.1	10.3	17.5	8.9	25.9	25.8	0.12		3.6
150		6	zuidelijke ijsselvallei	gras	0.28	0.19	10.0	10.6	25.2	31.7	25.0	21.9	0.07		2.8
2			GEWIDDELD OVER CLUSTER (1997-1999)	gras	0.30	0.28	7.5	10.3	25.8	16.1	24.2	31.0	0.09		3.6
215		7	hummelo-keppel	gras	0.54	0.39	13.5	14.2	32.9	15.6	57.8	53.6	0.08		40.5
217		7	hummelo-keppel	gras		0.26	8.0	7.5	25.4	16.1	38.3	37.0			4.1
124		8	de graafschap	gras	0.31	0.22	10.5	10.1	26.7	9.0	42.8	37.2	0.06		4.1
128		8	de graafschap	gras	0.28	0.21	11.6	14.1	16.4	8.5	34.0	29.9	0.03		4.5
252		8	de graafschap	gras	0.25	0.24	21.9	22.2	17.6	13.7	52.8	52.6			7.3
262		8	de graafschap	gras		0.40	11.5	18.6	17.2	17.0	32.0	41.5	0.09		13.5
207		11	groetboek	gras	0.41	0.41	8.2	7.9	27.1	18.0	38.2	36.9	0.07		2.0
208		11	groetboek	gras	0.28	0.30	13.1	11.0	33.1	22.5	43.0	34.8	0.08		2.6
209		11	groetboek	gras	0.27	0.27	6.6	7.2	24.5	20.9	35.8	33.6	0.06		2.5
211		11	groetboek	gras	0.57	0.67	19.2	32.7	33.1	30.4	63.7	83.1	0.09		2.6
222		12	neede-borculo	gras		0.24	8.9	10.4	18.1	12.6	30.7	32.1	0.06		3.3
226		12	neede-borculo	gras		0.12	8.0	9.1	14.3	5.8	19.6	18.0	0.03		1.5
229		12	neede-borculo	gras	0.45	0.38	8.4	9.2	23.1	16.2	34.6	36.6	0.09		3.3
236		13	winterswijk	gras	0.20	0.24	11.0	11.0	16.8	10.9	23.0	18.6	0.05		3.3
237		13	winterswijk	gras	0.33	0.24	5.9	7.4	17.7	12.7	24.3	25.5	0.05		2.8
246		13	winterswijk	gras	0.30	0.35	4.0	7.4	14.1	10.4	26.1	27.2	0.05		5.7
3			GEWIDDELD OVER CLUSTER (1997-1999)	gras	0.36	0.31	10.6	12.5	22.4	15.0	37.3	37.4	0.06		6.6
247		9	achterhoek	gras		0.33	14.5	18.3	14.0	11.6	39.5	43.4			
253		9	achterhoek	gras		0.42	10.5	12.4	17.4	14.7	39.4	38.5			2.7
261		9	achterhoek	gras	0.22	0.41	15.0	18.6	22.9	20.1	60.2	67.7	0.06		
446		9	achterhoek	gras		0.27	8.5	12.4	16.9	11.4	26.7	27.2			16.5
266		10	veluwe	gras	0.38	0.30	5.5	6.8	21.7	17.2	24.0	24.7	0.14		2.7
273		10	veluwe	gras		0.23	13.3	13.0	36.8	31.2	52.4	48.3	0.17		
277		10	veluwe	gras	0.21		18.9		17.4	11.9	34.3				
279		10	veluwe	gras		0.24	15.2	19.2	16.0	14.0	39.6	43.4	0.05		1.2
284		10	veluwe	gras		0.12	13.3	21.7	6.8	3.8	27.4	44.6			2.4
286		10	veluwe	gras		0.38	8.4	19.8	17.2	18.6	24.1	53.3	0.07		3.6
288		10	veluwe	gras		0.16	9.3	13.0	7.0	5.5	22.2	35.8	0.04		0.9
4			GEWIDDELD OVER CLUSTER (1997-1999)	gras	0.29	0.29	12.0	15.5	17.6	14.8	35.4	42.7	0.09		4.3

Veld:	Gebied:	Cluster:	Gebiedsnaam:	Landgebruik:	Cd mg/kg 1997/98	Cd mg/kg 1999	Cu mg/kg 1997/98	Cu mg/kg 1999	Pb mg/kg 1997/98	Pb mg/kg 1999	Zn mg/kg 1997/98	Zn mg/kg 1999	Hg mg/kg 1997/98	Hg mg/kg 1999	As mg/kg 1997/98	As mg/kg 1999
291	15	5	gelderse poort	kleiacker	0.50	27.4	53.2	53.2	144.8	13.0	144.8	13.0	0.15	13.0		
292	15	5	gelderse poort	kleiacker	0.48	28.3	42.9	42.9	163.8	10.6	163.8	10.6	0.09	10.6		
294	15	5	gelderse poort	kleiacker	0.31	25.5	29.6	29.6	100.1	11.5	100.1	11.5	0.10	11.5		
299	15	5	gelderse poort	kleiacker	0.42	29.3	32.3	32.3	126.1	13.0	126.1	13.0	0.12	13.0		
303	15	5	gelderse poort	kleiacker	0.72	33.3	52.7	52.7	151.1	17.0	151.1	17.0	0.24	17.0		
304	15	5	gelderse poort	kleiacker	0.47	37.5	54.7	54.7	153.6	15.0	153.6	15.0	0.21	15.0		
306	15	5	gelderse poort	kleiacker	0.41	18.1	32.3	32.3	84.7	5.6	84.7	5.6	0.10	5.6		
423	15	5	gelderse poort	kleiacker	0.39	14.6	25.7	25.7	71.5	6.3	71.5	6.3	0.03	6.3		
424	15	5	gelderse poort	kleiacker	0.40	40.3	26.4	26.4	77.2	7.4	77.2	7.4	0.09	7.4		
425	15	5	gelderse poort	kleiacker	0.40	27.8	42.5	42.5	109.0	13.0	109.0	13.0	0.09	13.0		
426	15	5	gelderse poort	kleiacker	0.48	31.6	42.8	42.8	127.3	14.5	127.3	14.5	0.12	14.5		
5	GEMIDDELD OVER CLUSTER (1997-1999)				0.45	28.5	39.6	39.6	119.0	11.5	119.0	11.5	0.12	11.5		
307	16	6	nvierengebied	kleiacker	0.39	21.3	24.7	24.7	69.5	5.5	69.5	5.5	0.05	5.5		
308	16	6	nvierengebied	kleiacker	0.52	33.5	35.9	35.9	106.2	11.5	106.2	11.5	0.06	11.5		
310	16	6	nvierengebied	kleiacker	0.50	25.2	30.1	30.1	92.7	21.5	92.7	21.5	0.08	21.5		
311	16	6	nvierengebied	kleiacker	0.47	23.6	29.6	29.6	83.9	6.8	83.9	6.8	0.09	6.8		
312	16	6	nvierengebied	kleiacker	0.38	15.8	23.4	23.4	68.9	7.2	68.9	7.2	0.05	7.2		
314	16	6	nvierengebied	kleiacker	0.38	19.4	25.7	25.7	87.3	12.0	87.3	12.0	0.07	12.0		
315	16	6	nvierengebied	kleiacker	0.26	12.4	39.1	39.1	60.7	5.8	60.7	5.8	0.05	5.8		
316	16	6	nvierengebied	kleiacker	0.37	19.7	27.6	27.6	86.5	8.3	86.5	8.3	0.04	8.3		
317	16	6	nvierengebied	kleiacker	0.39	36.3	29.1	29.1	104.1	12.0	104.1	12.0	0.06	12.0		
318	16	6	nvierengebied	kleiacker	0.42	17.8	28.0	28.0	79.7	8.8	79.7	8.8	0.05	8.8		
6	GEMIDDELD OVER CLUSTER (1997-1999)				0.41	22.5	29.3	29.3	83.9	9.9	83.9	9.9	0.06	9.9		

Veld:	Gebied:	Cluster:	Gebiedsnaam:	Landgebruik:	Cd mg/kg 1997/98	Cd mg/kg 1999	Cu mg/kg 1997/98	Cu mg/kg 1999	Pb mg/kg 1997/98	Pb mg/kg 1999	Zn mg/kg 1997/98	Zn mg/kg 1999	Hg mg/kg 1997/98	Hg mg/kg 1999	As mg/kg 1997/98	As mg/kg 1999
2	1	1	noordelijke gelderse vallei	naaldbos	0.03								0.04		1.2	
5	1	1	noordelijke gelderse vallei	naaldbos	0.05										2.4	
16	2	1	noordelijke gelderse vallei	naaldbos	0.03										1.5	
18	2	1	uiddel-elbspeet-special-garderen	naaldbos		0.05	2.1	2.5	7.2	8.7	5.1	5.0	0.03		1.5	
48	5	1	uiddel-elbspeet-special-garderen	naaldbos		0.05	4.7	4.9	17.7	17.0	14.2	14.0	0.03		1.5	
52	5	1	de ditspiong	naaldbos		0.06	3.3	3.9	14.7	19.1	8.4	10.9	0.04		2.4	
1			de ditspiong	naaldbos		0.06	3.4	3.7	13.2	14.9	9.2	9.9	0.04		1.8	
26	3	2	noord-oost veluwe	naaldbos		0.19	1.8	1.6	7.9	13.9	5.1	7.3	0.05		1.1	
29	3	2	noord-oost veluwe	naaldbos		0.14	5.9	4.7	24.5	21.0	24.5	15.0	0.07		2.3	
32	4	2	harderwijk-elburg	naaldbos		0.02	2.0	2.7	5.7	6.3	2.9	4.8	0.01		0.6	
37	4	2	harderwijk-elburg	naaldbos		0.05	2.6	2.8	11.8	11.2	4.2	5.1	0.08		11.5	
60	6	2	zuidelijke ijsselvallei	naaldbos		0.04	1.3	1.9	6.9	9.4	3.2	5.9	0.03		1.6	
69	6	2	zuidelijke ijsselvallei	naaldbos		0.02	0.5	2.1	7.6	8.8	3.9	4.9	0.03		1.9	
2			GEMIDDELD OVER CLUSTER (1997-1999)	naaldbos		0.08	2.3	2.6	10.7	11.8	7.3	7.2	0.05		3.1	
74	7	3	hummelo-keppel	naaldbos		0.05	1.5	2.1	16.9	16.0	16.1	14.6	0.05		3.1	
76	7	3	hummelo-keppel	naaldbos		0.05	2.0	4.2	13.2	12.0	17.7	14.7	0.03		3.1	
79	7	3	hummelo-keppel	naaldbos		0.06	2.7	6.2	19.8	14.6	12.7	13.3				
87	8	3	de graafschap	naaldbos		0.05	1.0	2.4	7.6	12.2	8.1	8.9	0.03		1.6	
92	8	3	de graafschap	naaldbos		0.05	1.0	3.5	5.7	42.8	8.8	9.9			1.8	
103	8	3	de graafschap	naaldbos		0.04	0.2	1.8	13.6	14.9	4.5	4.8	0.03		1.8	
3			GEMIDDELD OVER CLUSTER (1997-1999)	naaldbos		0.05	1.4	3.4	12.8	18.8	11.3	11.0	0.04		2.2	
94	9	4	achterhoek	naaldbos		0.05	0.9	3.4	11.7	10.0	9.3	8.0	0.04		4.1	
95	9	4	achterhoek	naaldbos		0.08	1.4	2.6	12.1	10.4	8.6	9.0	0.04		1.7	
97	9	4	achterhoek	naaldbos		0.06	3.4	4.7	18.6	27.4	13.0	14.6	0.03		5.0	
101	9	4	achterhoek	naaldbos		0.05	1.1	2.7	24.2	16.0	14.6	11.6	0.24		2.9	
106	10	4	veluwe	naaldbos		0.03	0.6	1.9	6.2	7.3	3.3	4.7	0.03		1.4	
110	10	4	veluwe	naaldbos		0.04	1.4	2.0	8.3	9.5	5.0	3.4	0.03		1.8	
114	10	4	veluwe	naaldbos		0.03	1.7	2.0	6.4	5.5	5.2	3.2	0.02		2.0	
115	10	4	veluwe	naaldbos		0.06	2.5	4.0	14.0	14.4	9.2	8.1	0.05		2.2	
119	10	4	veluwe	naaldbos		0.04	0.7	3.2	11.9	7.5	5.1	3.1			1.7	
121	10	4	veluwe	naaldbos		0.06	2.2	3.3	11.0	12.0	6.1	4.2	0.03		3.6	
4			GEMIDDELD OVER CLUSTER (1997-1999)	naaldbos		0.05	1.6	3.0	12.4	12.2	7.9	7.0	0.06		2.6	

Vald:	Gebied:	Cluster:	Gebiedsnaam:	Landgebruik:	Cd mg/kg 1997/98	Cd mg/kg 1999	Cu mg/kg 1997/98	Cu mg/kg 1999	Pb mg/kg 1997/98	Pb mg/kg 1999	Zn mg/kg 1997/98	Zn mg/kg 1999	Hg mg/kg 1997/98	Hg mg/kg 1999	As mg/kg 1997/98	As mg/kg 1999
341	1	1	noordelijke gelderse vallei	zandakker	0.21	0.16	8.7	21.5	21.2	21.2	17.7	33.2	0.07	0.07		
343	1	1	noordelijke gelderse vallei	zandakker	0.16	0.16	26.0	1.6	21.2	21.2	33.2	33.2	0.07	0.07		
345	1	1	noordelijke gelderse vallei	zandakker	0.22	0.22	17.5	31.3	31.3	31.3	43.6	43.6	0.13	0.13		
346	1	1	noordelijke gelderse vallei	zandakker	0.16	0.16	11.2	20.3	20.3	20.3	21.2	21.2	0.06	0.06	2.4	2.4
333	2	1	uiddel-elspeet-speuld-garderen	zandakker	0.23	0.23	11.6	22.8	22.8	22.8	28.6	28.6	0.05	0.05	1.6	1.6
334	2	1	uiddel-elspeet-speuld-garderen	zandakker	0.15	0.15	11.3	18.3	22.7	22.7	18.3	18.3	0.05	0.05	1.6	1.6
335	2	1	uiddel-elspeet-speuld-garderen	zandakker	0.23	0.23	11.5	28.1	28.1	28.1	26.7	26.7	0.04	0.04	1.8	1.8
338	2	1	uiddel-elspeet-speuld-garderen	zandakker	0.16	0.16	33.5	21.0	21.0	21.0	36.0	36.0	0.04	0.04	3.6	3.6
349	5	1	de diensprong	zandakker	0.16	0.16	12.2	18.5	18.5	18.5	18.2	18.2	0.04	0.04	3.0	3.0
350	5	1	de diensprong	zandakker	0.20	0.20	29.2	33.5	33.5	33.5	33.5	33.5	0.05	0.05	3.5	3.5
351	5	1	de diensprong	zandakker	0.17	0.17	21.6	17.8	17.8	17.8	26.6	26.6	0.05	0.05	2.7	2.7
353	5	1	de diensprong	zandakker	0.25	0.25	7.8	23.1	23.1	23.1	19.4	19.4	0.07	0.07	2.3	2.3
1	GEMIDDELD OVER CLUSTER (1997-1999)				0.19	0.19	16.8	22.6	22.6	22.6	26.9	26.9	0.06	0.06	2.5	2.5
368	3	2	noord-oost veluwe	zandakker	0.16	0.16	10.9	19.9	19.9	19.9	19.4	19.4	0.05	0.05	2.3	2.3
370	3	2	noord-oost veluwe	zandakker	0.23	0.23	19.2	35.1	35.1	35.1	22.9	22.9	0.15	0.15	3.4	3.4
377	3	2	noord-oost veluwe	zandakker	0.20	0.20	9.4	22.5	22.5	22.5	19.9	19.9	0.05	0.05	2.3	2.3
378	3	2	noord-oost veluwe	zandakker	0.22	0.22	12.6	24.2	24.2	24.2	19.7	19.7	0.06	0.06	3.1	3.1
324	4	2	harderwijk-elburg	zandakker	0.16	0.16	8.2	19.5	19.5	19.5	18.0	18.0	0.06	0.06	8.0	8.0
325	4	2	harderwijk-elburg	zandakker	0.17	0.17	9.9	20.0	20.0	20.0	21.7	21.7	0.07	0.07	5.1	5.1
327	4	2	harderwijk-elburg	zandakker	0.10	0.10	7.2	18.3	18.3	18.3	11.3	11.3	0.04	0.04	3.1	3.1
329	4	2	harderwijk-elburg	zandakker	0.18	0.18	9.6	29.4	29.4	29.4	36.1	36.1	0.07	0.07	3.4	3.4
358	6	2	zuidelijke ijselvallei	zandakker	0.22	0.22	5.8	29.5	29.5	29.5	11.4	11.4	0.07	0.07	2.1	2.1
359	6	2	zuidelijke ijselvallei	zandakker	0.20	0.20	7.0	22.1	22.1	22.1	15.1	15.1	0.05	0.05	2.3	2.3
361	6	2	zuidelijke ijselvallei	zandakker	0.24	0.24	9.4	22.4	22.4	22.4	23.8	23.8	0.05	0.05	2.7	2.7
363	6	2	zuidelijke ijselvallei	zandakker	0.14	0.14	7.9	19.7	19.7	19.7	12.1	12.1	0.05	0.05	2.4	2.4
2	GEMIDDELD OVER CLUSTER (1997-1999)				0.18	0.18	9.7	23.5	23.5	23.5	19.3	19.3	0.07	0.07	3.7	3.7
407	7	3	hummelo-keppel	zandakker	0.36	0.36	17.0	25.8	25.8	25.8	61.1	61.1	0.09	0.09	10.4	10.4
409	7	3	hummelo-keppel	zandakker	0.27	0.27	11.8	24.2	24.2	24.2	33.9	33.9	0.08	0.08	6.7	6.7
410	7	3	hummelo-keppel	zandakker	0.24	0.24	26.4	14.9	14.9	14.9	38.2	38.2	0.06	0.06	3.4	3.4
413	8	3	de graafschap	zandakker	0.31	0.31	32.6	16.0	16.0	16.0	35.8	35.8	0.04	0.04	8.8	8.8
417	8	3	de graafschap	zandakker	0.30	0.30	19.4	31.3	31.3	31.3	24.0	24.0	0.03	0.03	3.1	3.1
419	8	3	de graafschap	zandakker	0.38	0.38	6.6	21.1	21.1	21.1	19.1	19.1	0.05	0.05	8.7	8.7
421	8	3	de graafschap	zandakker	0.36	0.36	15.1	20.5	20.5	20.5	28.7	28.7	0.05	0.05	4.0	4.0
385	12	3	neede-boreculo	zandakker	0.38	0.38	20.1	25.7	25.7	25.7	39.7	39.7	0.06	0.06	7.9	7.9
386	12	3	neede-boreculo	zandakker	0.25	0.25	12.7	22.3	22.3	22.3	28.3	28.3	0.06	0.06	3.9	3.9
387	12	3	neede-boreculo	zandakker	0.27	0.27	9.5	20.3	20.3	20.3	24.1	24.1	0.05	0.05	3.0	3.0
391	13	3	winterswijk	zandakker	0.31	0.31	6.4	25.1	25.1	25.1	20.3	20.3	0.08	0.08	6.6	6.6
395	13	3	winterswijk	zandakker	0.23	0.23	26.8	27.5	27.5	27.5	33.3	33.3	0.07	0.07	2.8	2.8
397	13	3	winterswijk	zandakker	0.23	0.23	20.4	31.6	31.6	31.6	39.1	39.1	0.06	0.06	4.0	4.0
398	13	3	winterswijk	zandakker	0.20	0.20	7.8	26.4	26.4	26.4	21.5	21.5	0.04	0.04	2.5	2.5
401	15	3	gelderse poort	zandakker	0.18	0.18	10.3	17.0	17.0	17.0	31.6	31.6	0.05	0.05	3.1	3.1
404	15	3	gelderse poort	zandakker	0.13	0.13	5.9	18.3	18.3	18.3	22.4	22.4	0.04	0.04	3.5	3.5
3	GEMIDDELD OVER CLUSTER (1997-1999)				0.27	0.27	15.5	23.1	23.1	23.1	31.3	31.3	0.06	0.06	5.1	5.1
427	9	4	achterhoek	zandakker	0.27	0.27	20.1	20.2	20.2	20.2	61.1	61.1	0.05	0.05	4.9	4.9
429	9	4	achterhoek	zandakker	0.27	0.27	14.9	21.4	21.4	21.4	33.1	33.1	0.05	0.05	4.4	4.4
430	9	4	achterhoek	zandakker	0.30	0.30	15.8	24.3	24.3	24.3	30.6	30.6	0.05	0.05	12.0	12.0
431	9	4	achterhoek	zandakker	0.19	0.19	10.0	19.6	19.6	19.6	18.5	18.5	0.07	0.07	4.3	4.3
434	10	4	veluwe	zandakker	0.19	0.19	9.9	23.3	23.3	23.3	34.2	34.2	0.07	0.07	4.3	4.3
436	10	4	veluwe	zandakker	0.14	0.14	10.9	21.2	21.2	21.2	24.0	24.0	0.05	0.05	2.2	2.2
438	10	4	veluwe	zandakker	0.18	0.18	29.3	28.0	28.0	28.0	43.0	43.0	0.06	0.06	3.8	3.8
440	10	4	veluwe	zandakker	0.14	0.14	9.4	32.9	32.9	32.9	26.7	26.7	0.05	0.05	1.5	1.5
441	10	4	veluwe	zandakker	0.28	0.28	19.2	27.5	27.5	27.5	40.3	40.3	0.07	0.07	2.4	2.4
442	10	4	veluwe	zandakker	0.07	0.07	5.3	15.8	15.8	15.8	11.1	11.1	0.04	0.04	3.3	3.3
443	10	4	veluwe	zandakker	0.36	0.36	14.9	26.8	26.8	26.8	36.4	36.4	0.06	0.06	2.5	2.5
444	10	4	veluwe	zandakker	0.15	0.15	12.8	27.2	27.2	27.2	41.3	41.3	0.05	0.05	3.8	3.8
4	GEMIDDELD OVER CLUSTER (1997-1999)				0.21	0.21	14.4	24.0	24.0	24.0	33.3	33.3	0.05	0.05	4.1	4.1

Veld:	Gebied:	Cluster:	Gebiedsnaam:	Landgebruik:	gamma-HCH	HCB	p,p'-DDE	o,p'-TDE	p,p'-TDE	Dieldrin	o,p'-DDT	p,p'-DDT	Endosulfansulfaat	Total-HCH	Total-Dhns	Total-DDT	Chloopyrofos	Nafalen	Fenanthreen	Anthracen	Fluorantheen	Benzo[a]anthracen	Chryseen	Benzo[k]fluorantheen	Benzo[a]pyreen	Benzo[b]fluorantheen	Indeno[1,2,3-cd]pyreen	Total van 10 PAKs		
184	1	1	uiddel-elspert-speuld-garderen	gras												0.6		15.5	1.2		35	18	23	13	23	24	23	185		
186	1	1	uiddel-elspert-speuld-garderen	gras														87.0	7.0		94	44	60	27	60	47	18	80		
188	1	1	uiddel-elspert-speuld-garderen	gras		4.7				1.5										13	25		30				23	101		
178	2	1	noordelijke gelderse vallei	gras						2.0										54	8	43	17	34	11	21	19	30	235	
179	2	1	noordelijke gelderse vallei	gras						2.1												46	20	32	14	25	22	32	240	
182	2	1	noordelijke gelderse vallei	gras						2.4												24	18	18	12	18	23	114		
183	2	1	noordelijke gelderse vallei	gras						2.8												49	36	48	23	41	30	38	295	
196	5	1	de driesprong	gras						2.8										28		31	16	26	12	17			135	
200	5	1	de driesprong	gras																		49	31	38	17	31	36	44	270	
201	5	1	de driesprong	gras																		30	16	26					89	
151	3	2	noord-oost veluwe	gras																		25	13	23	13				78	
152	3	2	noord-oost veluwe	gras																		58	27	44	17	26			200	
159	3	2	noord-oost veluwe	gras																		825	350	500	215	535	350	345	155	
160	3	2	noord-oost veluwe	gras																		53	18	31	11	18			97	
163	4	2	harderwijk elburg	gras																		33							280	
164	4	2	harderwijk elburg	gras																		17							115	
168	4	2	harderwijk elburg	gras																		57	28	33	20	41	41	50	280	
172	4	2	harderwijk elburg	gras																		14	22		24	20	17	13	115	
191	6	2	zuidelijke ijsselvallei	gras																		21	19		19	16	16	43	165	
142	6	2	zuidelijke ijsselvallei	gras	1.2																	35	21	28	10	19	21	19	65	
143	6	2	zuidelijke ijsselvallei	gras																		17	15						62	
150	6	2	zuidelijke ijsselvallei	gras																		27	15	28	12	21	21	44	215	
215	7	3	hummelo-keppel	gras		4.3																27	15	28	12	21	21	44	215	
217	7	3	hummelo-keppel	gras																		57	28	33	20	41	41	50	280	
217	7	3	hummelo-keppel	gras																		14	21		18	18	12	12	101	
124	8	3	de grafschap	gras																		53	23	39	18	35	31	33	300	
128	8	3	de grafschap	gras																		59	35	52	20	42	36	50	325	
252	8	3	de grafschap	gras																		41	21		21	14	17	125	125	
252	8	3	de grafschap	gras																		205	110	129		65	50	60	650	
262	8	3	de grafschap	gras																		44	17						260	
207	11	3	groesbeek	gras																		160	50	115	50	93	89	91	745	
208	11	3	groesbeek	gras																		55	26	42	17	31	32	41	270	
209	11	3	groesbeek	gras																		66	28	48	21	35	38	43	305	
211	11	3	groesbeek	gras																		27	15	19		18	19	21	125	
222	12	3	neede-borello	gras																		18							38	
226	12	3	neede-borello	gras																		149	22	310	125	160	65	108	37	995
229	12	3	neede-borello	gras	1.3																	26	13	25	12	19	22	45	165	
237	13	3	winterswijk	gras																		20							67	
246	13	3	winterswijk	gras																									12	33
247	13	3	winterswijk	gras																									420	
253	9	4	achterhoek	gras																		23	13	25		18	18	33	140	
261	9	4	achterhoek	gras		1.9																140	56	83	37	81	54	61	560	
446	9	4	achterhoek	gras																		15	20	30	13				75	
266	10	4	veluwe	gras																		37	17	27	11	20	18	20	160	
273	10	4	veluwe	gras																		36	16	28		22	19	24	160	
279	10	4	veluwe	gras																		58	26	39	16	23	32	32	117	
284	10	4	veluwe	gras																		18	50	22	33	15	25	27	48	240
286	10	4	veluwe	gras																		32	27	12	25		17	17	25	160
288	10	4	veluwe	gras																		14	7	32	35	16	32	22	26	210

Veld:	Gebied:	Cluster:	Gebiedsnaam:	Landgebruik:	gamma-HCH	HCB	p,p'-DDE	o,p'-TDE	p,p'-TDE	Dieltin	o,p'-DDT	p,p'-DDT	Endosulfansulfaat	Total-HCH	Total-Diins	Total-DDT	Chloorpyrifos	Nafalacn	Fenanthreen	Anthracen	Fluorantheen	Benzo[a]anthracen	Chryseen	Benzo[k]fluorantheen	Benzo[a]pyreen	Benzo[ghi]perylene	Indeno[1,2,3-cd]pyreen	Total van 10 PAHs
291	15	5	gelderse poort	kleiakteer																								
292	15	5	gelderse poort	kleiakteer																								
294	15	5	gelderse poort	kleiakteer																								
299	15	5	gelderse poort	kleiakteer			1,5									1,5												
303	15	5	gelderse poort	kleiakteer																								
304	15	5	gelderse poort	kleiakteer	1,5																							
306	15	5	gelderse poort	kleiakteer			8,8									9,0												
423	15	5	gelderse poort	kleiakteer			7,1									8,5												
424	15	5	gelderse poort	kleiakteer		1,6																						
425	15	5	gelderse poort	kleiakteer		3,6										290,0												
426	15	5	gelderse poort	kleiakteer																								
307	16	6	riverengebied	kleiakteer																								
308	16	6	riverengebied	kleiakteer																								
310	16	6	riverengebied	kleiakteer																								
311	16	6	riverengebied	kleiakteer		1,0	17,0									25,0												
312	16	6	riverengebied	kleiakteer			30,0									395,0												
314	16	6	riverengebied	kleiakteer		1,4	1,1									1,0												
315	16	6	riverengebied	kleiakteer																								
316	16	6	riverengebied	kleiakteer			2,4									2,5												
317	16	6	riverengebied	kleiakteer			54,0									83,0												
318	16	6	riverengebied	kleiakteer			21,5									24,0												
			riverengebied	kleiakteer			15,0									77,5												

Veld:	Gebied:	Cluster:	Gebiedsnaam:	Landgebruik:	gamma-HCH	HCB	p,p'-DDE	o,p'-TDE	p,p'-TDE	Dieldrin	o,p'-DDT	p,p'-DDT	Endosulfansulfaat	Totaal-HCH	Totaal-Dlns	Totaal-DDT	Chlopyrifos	Nafalen	Fenathreen	Anthraccen	Fluoranthreen	Benzo[a]anthracen	Chryseen	Benzo[k]fluoranthreen	Benzo[a]pyreen	Benzo[ghi]perylene	Indeno[1,2,3-cd]pyreen	Totaal van 10 PAHs	
2		1	uitlei-elopet-geuld-garderen	maaidbos																	36	1,3	21	1,3				113	
5		1	uitlei-elopet-geuld-garderen	maaidbos																								44	
16		2	noordelijke geiderse vallei	maaidbos																	58		41					106	
18		1	noordelijke geiderse vallei	maaidbos																	20	21	21					682	
48		5	die driesprong	maaidbos																	77	17	45	17	19			15	
52		5	die driesprong	maaidbos																	30							88	
26		3	noord-oost veluwe	maaidbos																	28	25						225	
29		3	noord-oost veluwe	maaidbos	2,8	17,5			8,9												11	240	92	140	72	130	125	130	78
32		4	hardewijk-elburg	maaidbos																	16	27	23		14	14	14	120	
37		4	hardewijk-elburg	maaidbos																	58		25					90	
60		6	zuidelijke jissevallei	maaidbos																								68	
69		6	zuidelijke jissevallei	maaidbos																	29		21						
74		7	hummoel-keppel	maaidbos																								56	
76		7	hummoel-keppel	maaidbos																	29	13	13	13	16	14	125		
79		7	hummoel-keppel	maaidbos																	26		15	15	19	32	19	160	
87		8	de graafschap	maaidbos																	49		41	20	27	30	38	270	
92		8	de graafschap	maaidbos																								43	
103		8	de graafschap	maaidbos																	16							117	
94		9	achterhoek	maaidbos																	12		14	14	19	22	65		
95		9	achterhoek	maaidbos																			15	16	13	15	20	23	164
95		9	achterhoek	maaidbos																			22					81	
97		9	achterhoek	maaidbos																								200	
101		9	achterhoek	maaidbos																	41		37	17	21	24	26	280	
106		10	veluwe	maaidbos																	20		30	13	15	17	19	29	180
110		10	veluwe	maaidbos																			21	11	13			68	
114		10	veluwe	maaidbos																	423		224					858	
114		10	veluwe	maaidbos																	14		13					37	
115		10	veluwe	maaidbos																	47		36	16	14	19	255		
119		10	veluwe	maaidbos																			15					77	
121		10	veluwe	maaidbos																	17		24					107	
121		10	veluwe	maaidbos																								125	

Veld:	Gebied:	Cluster:	Gebiedsnaam:	Landgebruik:	Gamma-HCH	HCB	p,p'-DDE	o,p'-TDE	p,p'-TDE	Dieltin	o,p'-DDT	p,p'-DDT	Endosulfansulfaat	Total-HCH	Total-Diins	Total-DDT	Chloopyrofos	Nafaleen	Fenanthreen	Anthracen	Fluoranthen	Benzo(a)anthracen	Chrysen	Benzo(k)fluoranthreen	Benzo(a)pyreen	Benzo(g,h,i)pyreen	Indeno(1,2,3-cd)pyreen	Totaal van 10 PAHs		
341	1	1	uidel-elispeet-speuld-garderen	zandakker			6,6			11,3	90,0					110,0	32,5		24	6	47	20	36	74	17			165		
343	1	1	uidel-elispeet-speuld-garderen	zandakker			2,8				1,4					0,5	1,0											23		
345	1	1	uidel-elispeet-speuld-garderen	zandakker			1,9			1,7	9,3					15,0	16,5	56,0	29	21	125	65	170	55	80	59		720		
346	1	1	uidel-elispeet-speuld-garderen	zandakker			4,5			16,0	1,0					16,0	1,0											78		
333	2	1	noordelijke gelderse vallei	zandakker			2,6			1,3	2,5					0,5	7,0		16	31	16	30	14	19	25	30	175			
334	2	1	noordelijke gelderse vallei	zandakker			2,5			1,7	8,0	3,4	15,0			8,0	22,5		18			24	44	23	36	40	43	280		
335	2	1	noordelijke gelderse vallei	zandakker			2,7									8,0	22,5		18			24	44	23	36	40	43	280		
338	2	1	noordelijke gelderse vallei	zandakker			1,3			9,4						9,5	1,0		23			22	18	15	29	64	169			
349	5	1	de driesprong	zandakker														49										354		
350	5	1	de driesprong	zandakker			1,2			11,5	2,3					11,5	4,5		27			27	27	27	21	25	28	160		
351	5	1	de driesprong	zandakker						7,7	4,4					7,5	4,5		66	9	135	56	84	37	62	36	59	565		
353	5	1	de driesprong	zandakker						6,2						6,5			20			50	14	24				123		
368	3	2	noord-oost veluwe	zandakker			1,2			1,0	2,3					2,0	5,5	98,0				33	25	13			32	145		
370	3	2	noord-oost veluwe	zandakker			2,2			2,4	8,2					13,0			16			61	32	59	30	40	41	275		
371	3	2	noord-oost veluwe	zandakker			4,0			3,9	14,5					24,5			25			64	36	16	19			170		
378	3	2	noord-oost veluwe	zandakker			7,6			11,0	35,5					59,0			32			52	30	49	22	30	37	280		
324	4	2	harderwijk-elburg	zandakker						3,4						71,5	38,0		19			63	32	49	25	29		240		
325	4	2	harderwijk-elburg	zandakker	3,5											40			40			33	17	33	14	19	22	28	90	
327	4	2	harderwijk-elburg	zandakker							2,2					2,0												105		
329	4	2	harderwijk-elburg	zandakker															55			178	85	62	46	110	78	85	735	
358	6	2	zuidelijke jisselvallei	zandakker			4,8				26,0								30			79	33	58	30	32	41	300		
359	6	2	zuidelijke jisselvallei	zandakker						6,4									18			37	21	38	19	28		190		
361	6	2	zuidelijke jisselvallei	zandakker			13,5			20,0	8,0	13,5	82,0			8,0	130,0					28		19	12	15		215		
363	6	2	zuidelijke jisselvallei	zandakker	1,8		11,3			13,0	6,1	43,0				1,0	74,0					52	15	27	12	15		140		
407	7	3	hummelo-keppel	zandakker			1,4			2,1						2,0	1,5		23			56	19	33	16	27	21	22	220	
409	7	3	hummelo-keppel	zandakker			8,3			1,4	12,5	5,3	59,0			3,0	86,5		42			139	54	83	35	75	61	52	550	
410	7	3	hummelo-keppel	zandakker	1,0		6,4			4,4	3,5	5,1	34,0			3,5	49,5		42			108	41	53	30	60	49	51	282	
413	8	3	de graafschap	zandakker																								245		
417	8	3	de graafschap	zandakker			2,2			2,9																		375		
419	8	3	de graafschap	zandakker							11,4					17,5			99			41	63	31	50	48	35	375		
421	8	3	de graafschap	zandakker															35			16	32	15	22	21	22	190		
421	8	3	de graafschap	zandakker			7,9			9,6		4,6				9,5	6,0		21			40	17	29	14	22		160		
385	12	3	nedre-borculo	zandakker						7,0	11,7	62,0	15,0			1,0	98,0					40	20	33	14	23	17	20	170	
386	12	3	nedre-borculo	zandakker			6,2			9,2	8,8	74,0																310		
387	12	3	nedre-borculo	zandakker						4,4						29,0			68			79	32	55	24	38	25	28	310	
391	13	3	winterswijk	zandakker	4,0		5,6			2,8	8,7					4,0	2,5	12,5				88	30	61	27	38	40	42	395	
395	13	3	winterswijk	zandakker	90,0		2,8			7,1	3,4	6,1	43,0			90,0	3,5	65,0				19	16	40	17	22	27	28	168	
397	13	3	winterswijk	zandakker			4,0			6,2	1,2	3,6	21,0			1,0	38,0					54	26	35	24	35	114	116	410	
398	13	3	winterswijk	zandakker	21,0		3,6			5,9		9,6				1,0	38,0					54	26	35	24	35	114	116	410	
401	15	3	gelderse poort	zandakker	4,2		2,6			3,0	3,4	1,2	7,9			34,0	1,0	22,0				12	28	12	15	23	29	175		
401	15	3	gelderse poort	zandakker															50			8	135	51	87	36	66	54	71	555
404	15	3	gelderse poort	zandakker			1,2									4,0	3,5	18,0										270		
427	9	4	achterhoek	zandakker			3,5												25			67	23	35	21	29	45	270		
429	9	4	achterhoek	zandakker	1,2		5,5			1,2						5,0			20			59	30	37	23	40	56	110	375	
430	9	4	achterhoek	zandakker			11,5			9,7	9,2	72,5				33,0			22			75	57	103	40	64	75	21	160	
431	9	4	achterhoek	zandakker			4,6									103,5						75	57	103	40	64	75	21	160	
431	9	4	achterhoek	zandakker						2,1	13,5					23,5													115	
434	10	4	veluwe	zandakker			2,4																					98		
436	10	4	veluwe	zandakker	1,7						3,2					3,5						32	17	26	18	15	19	115		
436	10	4	veluwe	zandakker															17			58	38	60	26	46	32	37	315	
438	10	4	veluwe	zandakker			5,4			6,8	13,5					3,0			44			61	26	47	20	26	27	270		
440	10	4	veluwe	zandakker			14,5			3,4	23,0					25,5						41	23	39	19	23	22	32	205	
441	10	4	veluwe	zandakker			4,8			8,8	2,4	15,0				47,5			35			39	17	33	13	23	20	31	215	
442	10	4	veluwe	zandakker			2,0									8,5	24,5					23	19	19	13	13	13	98		
443	10	4	veluwe	zandakker			2,3			1,2	3,8	1,6				3,5	13,5					92	54	80	35	58	50	470		
444	10	4	veluwe	zandakker	0,9		2,3				4,9					1,0	8,5					26	20	13				86		

VOLLEDIGE NAMEN VAN DE ONDERZOChte STOFFEN
(VETGEDRUKT: STOFFEN OF STOFFGROEPEN DIE OP TENMINSTE 1 PERCEEL VOORKOMEN)

OMSCHRIJVING	
a-HCH	(<i>alfa</i>)
b-HCH	(<i>beta</i>)
c-HCH	(<i>gamma</i>)
d-HCH	(<i>delta</i>)
e-HCH	(<i>epsilon</i>)
Hexachloorbenzeen	
Hepachloor	
Aldrin	
Isodrin	
Hepachloorepoxyde	
Hexachloorbuidien	
a-Endosulfan	(<i>alfa</i>)
b-Endosulfan	(<i>beta</i>)
a-chloordian	(<i>alfa</i>)
c-chloordian	(<i>gamma</i>)
DDE-o-p-isomeer	
DDE-p-p-isomeer	
TDE-o-p-isomeer	
TDE-p-p-isomeer	
Dieldrin	
Endrin	
DDT-o-p-isomeer	
DDT-p-p-isomeer	
Endosulfansulfaat	
som hch	
som drins	
som ddt/ddc/ddd	
som a-endosulfan en -sulfanat	
Dichloorvos	
Mevinfos	
Dimethoaat	
Diazinon	
Disulfoton	
Methyparathion	
Malathion	
Fenthion	
Chloorpyrifos	
Ethiparathion	
Bromophos	
Ethylbromophos	
Ethion	
Naftaleen	
Fenantheen	
Anthraceen	
Fluorantheen	
Benzo(a)anthracen	
Chrysen	
Benzo(k)fluorantheen	
Benzo(a)pyreen	
Benzo(g,h,i)peryleen	
Indeno(1,2,3-cd)pyreen	
som van 10 PAKs	

BIJLAGE 2b SAMENSTELLING BODEMVOCHT EN BOVENSTE GRONDWATER IN GELDERLAND (1997 EN 1999)

Veld:	Gebied:	Cluster:	Gebiedsnaam:	Landgebruik:	pH	EC	EC	C-totaal	DOC	C-anorg	Cl	N-tot	N-tot
					1997	1999	uS	mgC/l	mgC/l	mgC/l	mg/l	mg/l	mg/l
184	1	1	noordelijke gelderse vallei	gras	5.33	6.52	975	55.9	13.5	45.5	22.3	35.9	0.3
186	1	1	noordelijke gelderse vallei	gras	6.52	6.30	881	148.7	5.9	95.1	44.3	47.1	1.5
188	1	1	noordelijke gelderse vallei	gras	6.89	6.53	309	29.9	78.7	28.5	15.0	22.6	0.7
191	1	1	noordelijke gelderse vallei	gras	5.90	5.47	1103	11.9	33.5	26.2	66.0	29.2	100.8
178	2	1	middel-elspeet-spoel-garderen	gras	5.81	6.02	416	22.5	2.9	30.5	15.5	9.8	0.1
179	2	1	middel-elspeet-spoel-garderen	gras	5.64	6.02	388	34.0	43.2	17.2	37.8	27	16.3
182	2	1	middel-elspeet-spoel-garderen	gras	6.29	6.34	427	18.8	36.8	20.3	27.0	53.2	9.1
183	2	1	middel-elspeet-spoel-garderen	gras	6.10	6.20	921	42.2	84.7	20.3	21.5	34.1	52.9
196	5	1	de driesprong	gras	6.04	5.79	467	16.5	25.5	16.3	9.7	51	34.6
200	5	1	de driesprong	gras	6.63	6.38	551	87.0	94.1	42.1	37.5	14.7	5.3
201	5	1	de driesprong	gras	6.58	6.36	565	68.6	70.1	41.4	37.5	29.8	4.7
151	3	2	noord-oost veluwe	gras	5.83	5.89	251	44.0	89.9	20.9	33.5	41.7	0.9
152	3	2	noord-oost veluwe	gras	6.42	6.13	142	16.6	20.3	16.0	10.3	5.5	0.5
159	3	2	noord-oost veluwe	gras	6.19	5.99	275	33.1	48.5	17.9	38.2	10.2	0.8
160	3	2	noord-oost veluwe	gras	5.95	6.21	224	28.2	38.6	13.9	9.8	7.2	5.1
163	4	2	harderwijk-elburg	gras	6.16	6.16	503	62.0	40.7	13.7	21.3	33.8	12.0
164	4	2	harderwijk-elburg	gras	6.24	6.03	226	53.2	63.0	27.8	53.4	6.8	5.1
168	4	2	harderwijk-elburg	gras	6.65	6.46	430	46.9	142.6	37.6	76.0	117.9	0.7
172	4	2	harderwijk-elburg	gras	6.22	6.22	249	49.4	58.0	22.3	27.2	7.0	0.9
141	6	2	zuidelijke jisselvallei	gras	6.89	6.42	907	60.0	41.2	16.0	33.0	11.8	42.5
142	6	2	zuidelijke jisselvallei	gras	5.46	5.29	729	12.4	32.6	4.9	29.3	3.4	43.8
143	6	2	zuidelijke jisselvallei	gras	6.76	6.61	701	76.5	72.9	6.7	19.1	69.8	53.8
150	6	2	zuidelijke jisselvallei	gras	6.05	6.05	548	36.6	13.5	6.2	10.6	7.3	24.7
215	7	3	hummelo-keppel	gras	7.08	6.91	919	76.4	70.6	1.0	9.1	75.4	25.0
217	7	3	hummelo-keppel	gras	7.42	6.62	524	48.2	41.1	5.9	14.7	32.4	11.7
124	8	3	de graafschap	gras	6.95	6.82	745	102.1	77.2	84.7	22.8	10.4	4.6
128	8	3	de graafschap	gras	7.17	5.64	944	75.9	31.6	38.3	14.2	58.4	1.5
252	8	3	de graafschap	gras	5.74	6.10	893	35.5	80.1	31.5	57.1	19.1	40.5
262	8	3	de graafschap	gras	6.87	6.31	642	285	69.0	24.4	36.6	49.8	8.8
207	11	3	groesbeek	gras	6.53	6.11	1175	31.3	45.4	28.6	37.4	11.1	14.0
208	11	3	groesbeek	gras	6.36	6.17	409	43.2	41.6	8.7	13.0	9.3	91.7
209	11	3	groesbeek	gras	6.39	7.09	686	19.0	37.1	3.0	12.2	5.9	24.8
211	11	3	groesbeek	gras	5.23	5.92	674	470	9.0	0.1	17.8	5.4	68.9
222	12	3	neede-borculo	gras	6.51	6.21	605	34.7	53.1	37.1	17.5	25.3	57.4
226	12	3	neede-borculo	gras	6.54	5.87	536	55.7	70.9	36.4	20.5	3.6	35.4
229	12	3	neede-borculo	gras	6.55	6.20	434	44.4	61.9	26.2	13.0	6.9	0.5
236	13	3	winterswijk	gras	6.47	6.02	613	68.4	67.8	36.9	20.3	25.8	17.2
237	13	3	winterswijk	gras	6.10	5.72	599	25.9	20.8	20.6	15.7	13.9	6.4
246	13	3	winterswijk	gras	6.16	5.98	730	3.6	15.3	7.9	10.3	17.9	32.6
247	9	4	achterhoek	gras	5.38	6.95	977	81.0	79.9	0.3	35.8	5.3	50.6
253	9	4	achterhoek	gras	7.16	6.99	1515	598	101.0	9.2	49.3	33.7	8.1
261	9	4	achterhoek	gras	6.95	6.61	695	531	43.3	86.0	63.5	2.4	51.4
446	9	4	achterhoek	gras	5.95	5.55	392	36.1	33.7	37.9	31.3	7.8	24.4
266	10	4	veluwe	gras	6.38	5.99	261	23.1	22.2	3.3	20.8	8.3	1.7
273	10	4	veluwe	gras	6.66	5.87	220	124	16.8	15.6	8.4	2.2	0.1
277	10	4	veluwe	gras	6.80	6.80	1105	104.4	17.8	6.7	5.3	0.9	8.2
279	10	4	veluwe	gras	5.80	6.24	1071	409	63.8	93.0	69.0	4.9	4.9
284	10	4	veluwe	gras	6.78	6.56	820	657	90.0	54.6	32.1	9.3	37.5
286	10	4	veluwe	gras	6.72	5.95	607	491	40.9	53.3	44.0	31.1	29.1
288	10	4	veluwe	gras	7.01	6.50	898	1097	145.8	95.7	80.0	40.3	4.0
													5.5

Veld:	Gebied:	Cluster:	Gebiedsnaam:	Landgebruik:	pH	pH	EC	EC	C-totaal	DOC	C-aanorg	C-totaal	DOC	C-aanorg	Cl	Cl	N-tot	N-tot
					1997	1999	uS	uS	mgC/l	mgC/l	mgC/l	mgC/l	mgC/l	mgC/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
2	1	1	noordelijke raderse valler	naaldbos	4.25	4.45	279	192	27.3	13.4	27.2	13.4	27.2	13.4	16.2	9.2	15.3	11.9
5	1	1	noordelijke raderse valler	naaldbos	4.85	4.65	149	163	17.3	8.4	17.2	8.4	17.2	8.4	49.7	8.8	16.3	5.5
16	2	1	noordelijke raderse valler	naaldbos	4.60	5.20	156	150	10.3	6.3	10.2	6.3	10.2	6.3	33.7	6.8	15.6	6.6
18	2	1	oeddel-elstper-spaal-garderen	naaldbos	4.85	4.71	181	170	12.1	8.3	12.0	8.3	12.0	8.3	41.3	10.2	16.2	6.3
48	5	1	oeddel-elstper-spaal-garderen	naaldbos	4.60	5.31	277	166	24.8	12.2	24.7	12.2	24.7	12.2	28.9	9.5	13.3	5.9
52	5	1	de driesprong	naaldbos	4.65	4.93	313	185	10.3	12.0	19.2	12.0	19.2	12.0	30.2	7.9	26.5	8.7
26	3	2	noord-oost veluwe	naaldbos	4.60	4.66	162	163	10.9	18.7	19.8	18.7	19.8	18.7	38.7	8.5	15.4	6.1
29	3	2	noord-oost veluwe	naaldbos	5.00	5.80	238	137	25.2	16.1	25.1	15.9	25.1	15.9	13.3	7.7	13.6	1.8
32	4	2	hardewijk-elburg	naaldbos	4.55	4.73	259	194	20.4	21.1	29.3	21.0	29.3	21.0	28.7	11.3	14.3	8.4
37	4	2	hardewijk-elburg	naaldbos	4.30	4.43	310	211	23.4	9.4	23.3	9.4	23.3	9.4	25.9	10.6	16.8	9.7
60	6	2	zuidelijke raderse valler	naaldbos	5.00	4.96	238	151	25.2	25.6	25.1	25.5	25.1	25.5	13.3	7.7	13.6	5.5
74	7	3	huzarnelo-keppel	naaldbos	4.65	4.68	528	178	25.8	17.7	25.7	17.6	25.7	17.6	43.3	7.1	21.6	4.9
76	7	3	huzarnelo-keppel	naaldbos	4.70	4.57	283	257	21.5	10.0	21.4	10.0	21.4	10.0	17.1	9.9	15.1	6.8
79	7	3	huzarnelo-keppel	naaldbos	4.85	4.49	283	216	14.3	12.8	14.2	12.8	14.2	12.8	15.4	6.7	16.8	10.6
87	8	3	de graatschap	naaldbos	5.05	4.20	431	263	22.6	11.8	21.4	11.8	21.4	11.8	23.0	7.8	23.7	10.9
91	8	3	de graatschap	naaldbos	4.60	4.29	362	200	19.5	6.8	19.4	6.7	19.4	6.7	19.5	8.6	17.7	7.2
92	8	3	de graatschap	naaldbos	4.65	4.40	308	272	12.5	8.8	12.4	8.8	12.4	8.8	14.3	12.5	19.7	7.9
94	8	3	de graatschap	naaldbos	4.25	4.51	505	260	21.3	18.1	21.2	18.0	21.2	18.0	26.6	11.0	34.3	10.5
103	8	3	de graatschap	naaldbos	4.43	4.32	308	300	19.8	14.2	19.7	14.2	19.7	14.2	20.0	17.4	14.2	10.9
95	9	4	achterhoek	naaldbos	4.40	4.44	303	302	22.6	16.8	22.5	16.8	22.5	16.8	14.9	13.8	14.8	21.7
97	9	4	achterhoek	naaldbos	4.40	7.40	278	490	17.1	27.1	17.0	16.6	17.0	16.6	10.5	11.5	17.3	8.2
101	9	4	achterhoek	naaldbos	4.35	4.25	453	307	18.7	12.8	18.6	12.7	18.6	12.7	29.3	12.6	18.5	9.5
106	10	4	veluwe	naaldbos	4.65	4.35	327	187	32.9	23.0	32.8	23.0	32.8	23.0	80.0	8.9	24.5	5.2
110	10	4	veluwe	naaldbos	4.65	5.38	182	179	17.4	18.6	17.3	18.6	17.3	18.6	35.0	10.3	14.4	6.2
114	10	4	veluwe	naaldbos	4.80	4.66	187	177	16.3	15.8	16.2	15.8	16.2	15.8	44.2	10.9	16.4	7.5
115	10	4	veluwe	naaldbos	4.70	5.30	200	247	15.1	10.1	15.0	9.9	15.0	9.9	40.0	7.9	18.1	7.2
119	10	4	veluwe	naaldbos	5.60	4.71	146	152	24.4	14.5	24.3	14.5	24.3	14.5	9.5	7.4	11.8	7.9
121	10	4	veluwe	naaldbos	4.65	4.79	208	165	12.9	10.8	12.8	10.8	12.8	10.8	48.5	8.6	19.6	8.7

Veld:	Gebied:	Cluster:	Gebiedsnaam:	Landgebruik:	pH	pH	EC	EC	C-totaal	C-totaal	DOC	DOC	C-anorg	C-anorg	Cl	Cl	N-tot	N-tot
					1997	1999	uS	uS	mgC/l	mgC/l	mgC/l	mgC/l	mgC/l	mgC/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
341	1	1	noordelijke gelderse vallei	zandakker	4.70	5.29	517	517	23.6	41.9	23.5	41.7	0.1	0.2	11.3	6.7	44.3	38.0
343	1	1	noordelijke gelderse vallei	zandakker	5.00	5.11	518	518	107.8	149.1	107.7	149.0	0.1	0.1	26.5	8.7	34.6	10.6
345	1	1	noordelijke gelderse vallei	zandakker	4.80	4.94	545	545	39.4	51.8	39.3	51.8	0.1	0.0	13.0	5.9	41.8	13.6
346	1	1	noordelijke gelderse vallei	zandakker	5.00	5.07	403	403	41.8	63.4	41.7	63.2	0.1	0.1	8.3	5.9	30.8	11.2
333	2	1	uiddel-elipser-speuld-garderen	zandakker	4.75	5.14	507	385	138.1	75.0	138.0	75.0	0.1	0.0	29.8	21.1	30.2	28.1
334	2	1	uiddel-elipser-speuld-garderen	zandakker	5.40	5.01	359	180	26.8	63.4	26.4	63.2	0.4	0.1	32.1	6.8	31.0	13.3
335	2	1	uiddel-elipser-speuld-garderen	zandakker	5.50	5.29	349	224	95.6	105.4	95.5	105.2	0.1	0.2	14.5	9.7	21.0	11.3
338	2	1	uiddel-elipser-speuld-garderen	zandakker	5.30	5.74	311	176	67.8	66.7	67.6	66.3	0.2	0.4	10.0	5.1	26.8	9.9
349	5	1	de driesprong	zandakker	4.55	5.42	1156	175	32.7	84.9	32.6	84.6	0.1	0.3	39.6	6.4	99.0	9.6
350	5	1	de driesprong	zandakker	4.35	4.86	1722	402	97.5	111.8	97.2	111.7	0.3	0.1	49.8	18.5	102.2	30.1
351	5	1	de driesprong	zandakker	5.30	5.44	531	372	119.5	79.5	119.4	79.3	0.1	0.2	12.8	22.7	49.6	26.3
353	5	1	de driesprong	zandakker	5.35	5.30	249	247	34.4	43.6	34.3	43.5	0.1	0.2	6.8	10.7	25.6	20.0
368	3	2	noord-oost veluwe	zandakker	4.85	4.81	360	202	90.0	100.5	89.9	100.1	0.1	0.4	14.9	8.2	23.5	13.6
370	3	2	noord-oost veluwe	zandakker	4.70	4.72	356	290	50.3	53.3	50.2	53.0	0.1	0.3	9.7	8.2	31.0	25.1
377	3	2	noord-oost veluwe	zandakker	5.05	5.17	351	220	61.0	89.1	60.9	88.7	0.1	0.4	10.7	8.0	30.2	13.1
378	3	2	noord-oost veluwe	zandakker	5.05	5.49	505	210	24.3	33.8	24.2	33.3	0.1	0.5	15.1	10.3	35.1	10.4
324	4	2	harderwijk-elburg	zandakker	4.65	5.26	1128	300	40.9	131.8	40.8	131.7	0.1	0.1	58.1	19.5	113.7	19.4
325	4	2	harderwijk-elburg	zandakker	4.70	5.39	551	207	71.3	194.3	71.2	194.1	0.1	0.2	25.9	24.8	54.3	12.0
327	4	2	harderwijk-elburg	zandakker	4.65	4.94	403	276	79.2	110.2	79.1	110.1	0.1	0.1	24.7	11.6	35.7	18.4
329	4	2	harderwijk-elburg	zandakker	4.95	5.95	2495	1256	107.3	72.0	107.2	70.6	0.1	1.4	207.3	25.0	208.6	116.9
358	6	2	zuidelijke ijsselvallei	zandakker	4.65	5.36	523	222	32.6	75.3	32.5	75.2	0.1	0.2	20.2	6.6	47.1	16.4
359	6	2	zuidelijke ijsselvallei	zandakker	5.35	5.18	338	226	55.1	76.8	55.0	76.3	0.1	0.6	12.2	8.2	31.9	13.9
361	6	2	zuidelijke ijsselvallei	zandakker	5.25	6.82	241	400	37.6	69.4	37.5	65.6	0.1	3.9	6.2	12.3	24.1	25.9
363	6	2	zuidelijke ijsselvallei	zandakker	5.10	5.21	229	265	47.3	58.3	47.2	54.9	0.1	0.4	5.6	13.1	20.2	19.1
407	7	3	hunnelo-kopp	zandakker	5.30	5.61	309	375	13.9	10.2	13.8	9.6	0.1	0.6	14.4	5.3	23.2	27.7
409	7	3	hunnelo-kopp	zandakker	5.20	5.51	519	404	13.9	16.7	13.8	16.1	0.1	0.6	22.4	9.9	39.5	17.3
410	7	3	hunnelo-kopp	zandakker	5.45	5.98	239	303	61.4	60.6	61.3	59.6	0.1	1.0	5.9	10.8	14.1	20.3
413	8	3	de graafschap	zandakker	4.70	4.69	760	302	60.1	88.2	60.0	87.7	0.1	0.5	18.4	6.1	64.7	23.1
417	8	3	de graafschap	zandakker	4.40	4.82	536	282	50.0	74.0	49.9	73.6	0.1	0.4	16.1	7.3	46.4	20.6
419	8	3	de graafschap	zandakker	5.05	5.32	298	163	32.9	46.9	32.8	46.5	0.1	0.4	10.5	3.8	30.4	11.1
421	8	3	de graafschap	zandakker	5.30	4.74	540	642	38.0	46.7	37.9	46.3	0.1	0.3	22.8	10.3	44.2	55.3
385	12	3	neede-borculo	zandakker	4.90	4.82	463	302	28.6	17.5	28.5	17.5	0.1	0.1	14.6	4.0	37.4	15.1
386	12	3	neede-borculo	zandakker	4.85	5.63	550	341	37.7	54.2	37.6	53.5	0.1	0.7	14.2	6.2	44.6	30.6
387	12	3	neede-borculo	zandakker	4.55	5.24	1060	341	39.2	40.0	38.9	39.8	0.3	0.3	32.7	8.5	91.1	21.2
391	13	3	winterswijk	zandakker	4.90	4.95	1428	390	36.3	74.9	36.2	74.4	0.1	0.4	45.5	6.1	164.7	35.1
395	13	3	winterswijk	zandakker	4.25	4.56	1128	473	53.8	64.4	53.7	64.0	0.1	0.4	23.4	17.0	98.9	42.4
397	13	3	winterswijk	zandakker	4.85	4.55	479	476	34.6	38.5	34.2	38.3	0.3	0.2	9.9	12.7	39.1	40.9
398	13	3	winterswijk	zandakker	4.55	4.61	581	337	43.7	36.6	43.6	36.3	0.1	0.3	16.6	6.8	62.1	30.7
401	15	3	gelderse poort	zandakker	4.85	5.64	303	197	19.6	26.5	19.5	25.7	0.1	0.8	7.8	3.6	29.3	16.0
404	15	3	gelderse poort	zandakker	5.30	5.52	299	134	13.9	23.2	13.8	22.5	0.1	0.7	10.0	3.0	28.0	8.6
427	9	4	achterhoek	zandakker	5.00	6.25	746	447	32.8	34.5	32.7	33.6	0.1	1.0	20.7	8.6	66.3	29.7
428	9	4	achterhoek	zandakker	4.95	5.11	877	270	34.6	51.7	34.5	51.4	0.1	0.3	28.5	5.4	105.2	12.4
430	9	4	achterhoek	zandakker	4.65	4.94	1220	331	28.5	45.7	28.4	45.4	0.1	0.3	44.8	7.0	123.0	19.9
431	9	4	achterhoek	zandakker	5.00	4.91	863	318	27.1	30.4	27.0	29.8	0.1	0.5	42.5	6.1	82.2	21.1
434	10	4	veluwe	zandakker	4.95	5.50	444	220	17.8	33.1	17.7	32.9	0.1	0.2	38.0	10.3	25.1	13.9
436	10	4	veluwe	zandakker	4.85	5.23	1172	310	77.9	136.8	77.6	134.1	0.3	0.3	53.9	27.4	114.9	20.1
438	10	4	veluwe	zandakker	4.65	4.87	855	335	106.1	198.7	106.0	197.5	0.1	1.2	24.1	14.0	78.5	15.8
440	10	4	veluwe	zandakker	4.75	5.26	317	232	44.3	36.0	44.2	35.1	0.1	0.9	8.9	5.3	34.0	18.6
441	10	4	veluwe	zandakker	5.15	5.32	566	314	41.2	41.3	40.9	40.5	0.3	0.8	18.0	10.1	46.8	25.7
442	10	4	veluwe	zandakker	4.65	5.12	415	240	54.3	70.4	54.2	69.0	0.1	1.3	12.6	6.9	41.2	18.8
443	10	4	veluwe	zandakker	5.30	5.76	649	362	27.3	59.4	27.2	57.4	0.1	2.0	25.1	5.1	55.4	25.6
444	10	4	veluwe	zandakker	4.85	5.35	1253	296	37.9	23.4	35.9	22.5	1.9	1.0	166.2	6.0	67.2	24.9

Veld:	Gebied:	Cluster:	Gebiedsnaam:	Landgebruik:	NH4 mg/l	NH4 mg/l	NO3 mg/l	NO3 mg/l	P-tot mg/l	P-tot mg/l	P-ortho mg/l	P-ortho mg/l	P-org mg/l	P-org mg/l	S-tot mg/l	S-tot mg/l	SO4 mg/l	SO4 mg/l
					1997	1999	1997	1999	1997	1999	1997	1999	1997	1999	1997	1999	1997	1999
184	1	1	noordelijke geluwe valle	gras	0.08	0.18	158.5	0.5	0.205	0.757	0.153	0.402	0.053	0.031	16.5	7.2	77.3	21.6
186	1	1	noordelijke geluwe valle	gras	2.23	1.91	1.0	0.1	0.873	2.690	0.820	3.106	0.053	0.031	11.6	10.6	118.3	31.9
188	1	1	noordelijke geluwe valle	gras	0.81	0.11	33.3	0.1	0.110	0.309	0.075	0.359	0.035	0.001	7.6	11.7	43.0	35.1
191	1	1	noordelijke geluwe valle	gras	0.05	0.16	44.3	75.4	0.028	0.46.3	0.015	0.060	0.013	0.001	8.7	24.0	36.0	72.0
178	2	1	uiddel-elispet-spuuld-garderen	gras	0.75	0.13	64.8	0.1	0.055	0.123	0.038	0.018	0.018	0.001	20.1	13.3	60.8	39.8
179	2	1	uiddel-elispet-spuuld-garderen	gras	0.75	0.16	69.0	0.5	0.070	0.151	0.025	0.135	0.043	0.016	14.4	3.6	41.3	10.9
182	2	1	uiddel-elispet-spuuld-garderen	gras	0.08	0.06	39.8	3.1	0.065	0.019	0.040	0.025	0.025	0.001	20.9	18.1	45.8	54.2
183	2	1	uiddel-elispet-spuuld-garderen	gras	0.50	0.60	253.0	9.0	0.080	0.147	0.015	0.088	0.065	0.059	21.2	6.9	69.8	20.6
196	5	1	de driesprong	gras	0.38	0.13	22.0	13.9	0.238	0.033	0.028	0.049	0.018	0.001	7.6	9.0	36.1	26.9
200	5	1	de driesprong	gras	0.38	0.13	22.0	13.9	0.238	0.033	0.028	0.049	0.018	0.001	7.6	9.0	36.1	26.9
201	5	1	de driesprong	gras	1.56	0.22	88.8	7.0	0.113	0.237	0.063	0.234	0.050	0.003	20.3	3.6	94.5	10.7
151	3	2	noord-oost veluwe	gras	0.18	2.28	2.5	0.2	0.178	0.036	0.100	0.029	0.078	0.007	11.2	16.9	33.0	50.6
152	3	2	noord-oost veluwe	gras	0.18	0.38	1.3	0.1	0.103	0.063	0.080	0.063	0.023	0.000	2.4	2.4	14.0	7.2
159	3	2	noord-oost veluwe	gras	0.60	0.74	1.0	0.0	0.065	0.062	0.035	0.043	0.030	0.019	23.8	7.8	64.8	23.3
160	3	2	noord-oost veluwe	gras	0.03	0.13	22.5	0.5	0.038	0.055	0.016	0.051	0.021	0.004	13.7	6.2	40.0	18.5
163	4	2	harderwijk eluise	gras	0.18	0.20	105.3	2.1	0.083	0.069	0.044	0.053	0.029	0.016	27.9	5.7	78.0	17.1
164	4	2	harderwijk eluise	gras	0.73	0.68	1.0	0.0	0.613	0.368	0.548	0.231	0.068	0.137	13.5	4.8	46.5	14.5
168	4	2	harderwijk eluise	gras	0.45	2.22	1.0	0.0	0.110	1.359	0.065	1.514	0.045	0.001	11.5	12.5	55.0	37.4
172	4	2	harderwijk eluise	gras	0.03	0.12	3.9	0.3	0.089	0.062	0.055	0.038	0.034	0.025	10.9	5.2	42.6	15.5
141	6	2	zuidelijke jisselvallei	gras	0.08	0.06	187.8	66.7	0.090	0.029	0.070	0.047	0.020	0.001	32.3	8.7	125.0	26.1
142	6	2	zuidelijke jisselvallei	gras	1.35	0.46	181.5	1.2	0.050	0.074	0.021	0.049	0.029	0.004	53.8	27.1	141.8	81.3
143	6	2	zuidelijke jisselvallei	gras	0.48	0.75	4.0	0.2	0.045	0.126	0.028	0.146	0.019	0.001	33.0	16.7	133.3	50.1
150	6	2	zuidelijke jisselvallei	gras	0.03	0.17	232.5	74.8	0.158	0.032	0.128	0.036	0.030	0.001	8.2	6.1	22.5	18.2
215	7	3	hunnelo-keppel	gras	0.03	1.05	128.9	43.3	0.032	0.039	0.021	0.029	0.012	0.010	25.8	11.6	102.8	34.8
217	7	3	hunnelo-keppel	gras	0.13	1.11	61.6	19.0	0.038	0.026	0.022	0.020	0.016	0.007	17.1	8.4	68.1	25.2
124	8	3	de graafschap	gras	1.08	0.63	1.8	21.2	0.083	0.013	0.013	0.025	0.070	0.001	16.8	8.3	93.8	24.8
128	8	3	de graafschap	gras	0.07	0.07	179.5	130.1	0.089	0.019	0.034	0.029	0.056	0.001	36.5	11.0	126.0	33.0
252	8	3	de graafschap	gras	0.07	0.07	302.5	13.1	0.054	0.051	0.021	0.051	0.034	0.001	26.6	18.8	74.0	56.4
262	8	3	de graafschap	gras	0.70	0.34	58.8	0.1	0.125	0.032	0.028	0.037	0.098	0.001	26.7	8.7	89.5	26.1
207	11	3	groesbeek	gras	0.15	0.15	406.3	93.4	0.055	0.053	0.041	0.045	0.014	0.008	12.6	6.5	34.3	19.6
208	11	3	groesbeek	gras	0.05	2.49	109.8	58.2	0.060	0.078	0.048	0.062	0.013	0.016	17.5	6.3	50.5	19.0
209	11	3	groesbeek	gras	0.73	0.73	305.0	9.4	0.098	0.138	0.089	0.032	0.009	0.105	15.0	7.0	51.3	21.1
211	11	3	groesbeek	gras	0.40	0.08	142.8	76.3	0.051	0.113	0.040	0.028	0.013	0.084	23.7	16.4	65.3	49.3
222	12	3	nedde-borculo	gras	0.02	0.02	356.8	4.6	0.133	0.087	0.111	0.020	0.021	0.067	19.6	8.0	63.5	24.0
226	12	3	nedde-borculo	gras	0.15	0.55	30.0	0.2	0.178	0.039	0.136	0.040	0.042	0.001	20.6	20.6	123.5	61.7
229	12	3	nedde-borculo	gras	0.05	0.11	75.8	30.2	0.238	0.041	0.200	0.050	0.038	0.001	12.3	10.3	44.5	30.9
236	13	3	winterwijk	gras	0.06	0.19	27.9	44.1	0.151	0.059	0.063	0.040	0.089	0.020	44.0	9.3	126.9	27.8
237	13	3	winterwijk	gras	0.40	0.08	142.8	76.3	0.051	0.113	0.040	0.028	0.013	0.084	23.7	16.4	65.3	49.3
246	13	3	winterwijk	gras	0.07	0.07	224.3	34.5	0.068	0.040	0.038	0.038	0.035	0.002	18.3	19.5	51.5	58.4
247	9	4	achterhoek	gras	0.18	0.24	35.0	26.7	0.088	0.105	0.036	0.031	0.051	0.075	32.3	35.1	177.5	105.4
253	9	4	achterhoek	gras	0.23	0.23	227.8	0.3	0.011	0.026	0.006	0.034	0.009	0.001	40.1	3.1	108.5	9.4
261	9	4	achterhoek	gras	0.25	0.13	107.0	22.1	0.038	0.014	0.029	0.015	0.010	0.001	36.8	21.5	119.0	64.5
446	9	4	achterhoek	gras	0.12	0.12	36.8	7.0	0.133	0.116	0.073	0.031	0.061	0.085	34.7	29.7	123.0	89.0
266	10	4	veluwe	gras	0.03	0.09	9.5	0.3	0.075	0.050	0.038	0.052	0.038	0.001	14.9	5.2	47.8	15.6
273	10	4	veluwe	gras	0.05	0.02	35.9	11.0	0.109	0.081	0.092	0.054	0.018	0.027	6.5	4.1	28.5	12.4
277	10	4	veluwe	gras	3.75	0.06	5.0	0.0	0.073	0.035	0.035	0.035	0.038	0.001	40.4	40.4	168.3	105.4
279	10	4	veluwe	gras	0.25	0.06	166.0	27.0	0.059	0.759	0.047	0.817	0.012	0.001	35.8	5.8	136.5	17.4
284	10	4	veluwe	gras	0.25	1.04	127.8	0.0	0.055	0.678	0.040	0.626	0.025	0.052	16.0	8.8	123.0	26.4
286	10	4	veluwe	gras	0.60	0.71	15.3	5.1	0.155	0.132	0.098	0.116	0.016	0.016	10.7	21.9	84.8	65.8
288	10	4	veluwe	gras	4.08	6.19	6.5	0.3	0.220	2.864	0.165	2.970	0.055	0.001	7.4	18.2	97.8	54.5

Veld:	Gebied:	Cluster:	Gebiedsnaam:	Landgebruik:	NH4 mg/l	NH4 mg/l	NO3 mg/l	NO3 mg/l	P-tot mg/l	P-tot mg/l	P-ortho mg/l	P-ortho mg/l	P-org mg/l	P-org mg/l	S-tot mg/l	S-tot mg/l	SO4 mg/l	SO4 mg/l
2	1	1	noordelijke gelderse vallei	naaldbos	5.98	1.76	41.3	46.6	0.035	0.110	0.013	0.008	0.025	0.077	8.0	11.3	24.1	33.9
5	1	1	noordelijke gelderse vallei	naaldbos	4.48	1.64	52.1	18.9	0.025	0.175	0.008	0.024	0.020	0.151	6.7	12.7	33.4	38.1
16	2	1	uiddel-olpenn-speculd-garderen	naaldbos	5.11	1.57	46.5	24.0	0.030	0.239	0.015	0.018	0.020	0.221	5.2	10.9	25.6	32.6
18	2	1	uiddel-olpenn-speculd-garderen	naaldbos	5.44	0.87	47.7	24.9	0.020	0.051	0.005	0.014	0.020	0.037	6.8	12.1	32.1	36.3
48	5	1	de driesprong	naaldbos	5.61	1.32	34.1	21.4	0.025	0.036	0.008	0.013	0.020	0.023	15.6	12.0	43.5	36.1
52	5	1	de driesprong	naaldbos	4.88	0.60	104.6	36.6	0.060	0.085	0.035	0.018	0.025	0.067	9.2	13.6	29.3	40.7
26	3	2	noord-oost veluwe	naaldbos	4.29	1.01	49.1	23.3	0.020	0.025	0.005	0.015	0.020	0.010	7.3	9.7	28.8	29.1
29	3	2	noord-oost veluwe	naaldbos	4.70	0.28	39.6	7.2	0.025	0.419	0.008	0.113	0.020	0.306	5.7	9.5	18.0	28.5
32	4	2	hardewijk-elburg	naaldbos	5.73	2.21	38.0	29.7	0.040	0.029	0.005	0.016	0.040	0.013	9.1	11.5	18.7	34.6
37	4	2	hardewijk-elburg	naaldbos	6.28	1.15	46.5	39.0	0.015	0.037	0.005	0.003	0.015	0.001	16.5	14.8	47.2	44.3
60	6	2	zuidelijke ijselvallei	naaldbos	4.70	1.06	39.6	20.6	0.025	0.070	0.008	0.013	0.020	0.057	5.7	10.5	18.0	31.6
69	6	2	zuidelijke ijselvallei	naaldbos														
74	7	3	hunnelo-keppel	naaldbos	3.91	0.95	78.5	18.6	0.040	0.050	0.008	0.015	0.035	0.035	33.3	16.0	89.2	48.1
76	7	3	hunnelo-keppel	naaldbos	5.35	0.77	43.2	27.4	0.035	0.031	0.010	0.018	0.025	0.015	14.7	25.9	41.7	77.8
79	7	3	hunnelo-keppel	naaldbos	5.58	0.91	49.6	44.0	0.020	0.036	0.008	0.047	0.015	0.001	13.3	16.1	36.1	48.2
87	8	3	de graafschap	naaldbos	6.60	0.58	75.8	46.1	0.030	0.191	0.008	0.063	0.025	0.128	23.2	21.3	63.6	63.8
91	8	3	de graafschap	naaldbos	5.82	1.10	52.4	28.1	0.030	0.040	0.008	0.069	0.025	0.001	22.5	16.3	61.5	48.8
92	8	3	de graafschap	naaldbos	5.77	1.56	61.7	29.7	0.020	0.018	0.005	0.013	0.020	0.005	14.0	26.4	41.7	79.2
94	8	3	de graafschap	naaldbos	7.42	1.99	119.1	39.5	0.025	0.027	0.008		0.020	0.027	17.6	21.1	46.1	63.2
103	8	3	de graafschap	naaldbos	5.76	1.83	37.4	41.9	0.020	0.028	0.008		0.015	0.028	18.1	24.6	47.3	73.7
95	9	4	achterhoek	naaldbos	6.05	1.28	38.6	91.6	0.025	0.036	0.008	0.017	0.020	0.018	17.4	29.5	49.0	88.6
97	9	4	achterhoek	naaldbos	5.64	0.50	51.8	34.7	0.020	0.074	0.005	0.018	0.020	0.056	12.7	29.8	33.4	89.4
101	9	4	achterhoek	naaldbos	6.48	0.90	53.4	39.0	0.035	0.024	0.010		0.025	0.024	37.0	31.6	95.8	94.7
106	10	4	veluwe	naaldbos	6.43	1.26	79.9	18.9	0.030	0.048	0.005	0.018	0.030	0.030	14.4	15.5	58.8	46.6
110	10	4	veluwe	naaldbos	4.59	1.79	43.5	21.2	0.020	0.010	0.005	0.013	0.020	0.001	7.9	12.4	32.5	37.2
114	10	4	veluwe	naaldbos	5.05	0.75	50.1	30.8	0.025	0.023	0.005	0.014	0.025	0.009	6.2	9.5	29.3	28.5
115	10	4	veluwe	naaldbos	5.39	0.31	56.4	30.8	0.020	0.017	0.005	0.021	0.020	0.001	9.6	22.2	39.4	66.7
119	10	4	veluwe	naaldbos	4.39	1.04	32.7	31.2	0.030	0.014	0.018		0.015	0.014	7.6	8.3	22.8	24.8
121	10	4	veluwe	naaldbos	5.06	1.31	64.4	34.0	0.030	0.012	0.008		0.025	0.012	8.1	9.5	38.2	28.4

Veld:	Gebied:	Cluster:	Gebiedsnaam:	Landgebruik:	NH4 mg/l	NH4 mg/l	NO3 mg/l	NO3 mg/l	P-tot mg/l	P-ortho mg/l	P-ortho mg/l	P-org mg/l	P-org mg/l	S-tot mg/l	S-tot mg/l	SO4 mg/l	SO4 mg/l
341	1	1	noordelijke gelderse vallei	zandakker	4.72	0.18	175.1	78.9	0.105	0.320	0.045	0.020	0.000	0.299	10.5	39.3	20.1
343	1	1	noordelijke gelderse vallei	zandakker	4.38	0.83	133.7	43.9	0.479	0.712	0.289	0.901	0.190	0.811	13.8	10.7	32.0
345	1	1	noordelijke gelderse vallei	zandakker	4.55	0.46	165.2	58.5	0.055	0.212	0.025	0.038	0.030	0.174	17.7	8.8	26.4
346	1	1	noordelijke gelderse vallei	zandakker	3.83	0.33	119.3	48.4	0.065	0.270	0.025	0.535	0.040	0.001	10.2	40.2	26.9
333	2	1	noordelijke gelderse vallei	zandakker	3.86	0.20	115.5	123.6	5.008	2.428	5.218	1.698	0.190	0.730	9.6	32.2	20.7
334	2	1	uidel-elispeet-spoel-garderen	zandakker	4.96	0.20	115.5	58.2	0.115	0.338	0.035	0.041	0.080	0.297	2.9	5.3	15.8
335	2	1	uidel-elispeet-spoel-garderen	zandakker	1.52	0.73	86.2	341.0	1.268	3.410	0.763	2.198	0.505	1.212	8.4	7.9	23.7
338	2	1	uidel-elispeet-spoel-garderen	zandakker	3.07	0.50	105.1	42.3	0.795	1.321	0.595	0.724	0.200	0.598	5.9	7.6	22.9
349	5	1	de driesprong	zandakker	5.26	0.51	415.2	40.9	0.060	0.425	0.020	0.028	0.040	0.397	20.1	6.7	20.2
350	5	1	de driesprong	zandakker	5.32	0.15	693.9	132.8	0.659	2.128	0.524	1.538	0.135	0.591	23.4	9.9	85.1
351	5	1	de driesprong	zandakker	4.93	0.55	198.5	114.6	1.188	1.512	0.988	0.830	0.200	0.682	8.8	7.6	22.8
353	5	1	de driesprong	zandakker	4.03	0.46	95.3	87.1	0.110	0.060	0.030	0.045	0.080	0.015	4.4	4.7	14.1
368	3	2	noord-oost veluwe	zandakker	3.70	0.60	87.5	58.1	1.162	3.308	0.962	2.719	0.200	0.588	10.0	5.8	32.0
370	3	2	noord-oost veluwe	zandakker	4.72	1.18	116.4	107.0	0.252	0.121	0.097	0.061	0.155	0.061	6.2	8.4	25.1
377	3	2	noord-oost veluwe	zandakker	4.06	0.50	115.6	56.4	0.482	0.724	0.302	0.764	0.180	0.549	5.9	9.2	27.5
378	3	2	noord-oost veluwe	zandakker	4.92	0.37	133.7	44.8	0.065	0.084	0.025	0.018	0.040	0.067	15.0	9.9	29.8
324	4	2	harderwijk-elburg	zandakker	6.64	0.43	474.3	84.4	0.045	1.248	0.020	1.433	0.025	0.001	14.0	7.8	75.9
325	4	2	harderwijk-elburg	zandakker	5.04	1.78	218.1	47.2	0.223	2.246	0.088	0.369	0.135	1.876	10.2	6.8	41.0
327	4	2	harderwijk-elburg	zandakker	4.38	0.63	138.9	79.1	0.716	0.721	0.581	0.428	0.135	0.293	8.0	7.3	30.7
329	4	2	harderwijk-elburg	zandakker	5.96	1.74	897.3	511.8	0.566	0.653	0.366	0.131	0.200	0.522	59.0	23.2	224.0
358	6	2	zuidelijke ijsselvallei	zandakker	5.19	0.12	185.7	72.4	0.120	0.367	0.055	0.046	0.065	0.321	10.3	6.9	33.1
359	6	2	zuidelijke ijsselvallei	zandakker	4.43	0.03	121.9	61.5	0.250	0.864	0.130	0.072	0.120	0.793	7.5	7.7	23.2
361	6	2	zuidelijke ijsselvallei	zandakker	2.16	0.09	97.2	114.5	0.297	0.389	0.147	0.041	0.150	0.347	2.6	14.3	42.8
363	6	2	zuidelijke ijsselvallei	zandakker	2.80	0.29	77.0	83.7	0.160	0.654	0.040	0.022	0.120	0.654	4.1	7.0	13.7
407	7	3	hunnelo-keppel	zandakker	4.02	0.22	85.1	121.9	0.020	0.040	0.030	0.038	0.020	0.002	10.1	20.2	42.3
409	7	3	hunnelo-keppel	zandakker	4.56	0.15	154.8	76.0	0.045	0.019	0.033	0.016	0.015	0.022	17.5	36.1	108.4
410	7	3	hunnelo-keppel	zandakker	4.03	0.26	44.8	88.8	0.361	0.251	0.256	0.034	0.105	0.227	9.7	10.3	41.7
413	8	3	de graafschap	zandakker	4.69	1.18	265.6	98.3	0.075	0.446	0.035	0.106	0.040	0.339	14.3	11.3	59.9
417	8	3	de graafschap	zandakker	4.98	0.45	183.4	89.8	0.100	0.156	0.025	0.025	0.075	0.131	11.7	10.9	46.2
419	8	3	de graafschap	zandakker	5.60	0.14	109.5	48.6	0.035	0.133	0.013	0.016	0.025	0.117	6.6	5.6	32.8
421	8	3	de graafschap	zandakker	4.08	0.65	177.5	242.7	0.040	0.073	0.018	0.017	0.025	0.055	14.6	22.9	64.3
385	12	3	neede-borculo	zandakker	4.25	0.24	147.0	66.1	0.065	0.027	0.025	0.113	0.040	0.001	12.7	25.2	53.4
386	12	3	neede-borculo	zandakker	4.50	0.84	177.5	132.6	0.075	0.104	0.035	0.951	0.040	0.001	12.5	8.8	54.9
387	12	3	neede-borculo	zandakker	4.40	0.23	384.0	93.2	0.095	0.069	0.035	0.016	0.060	0.054	23.0	17.4	52.2
391	13	3	winterwijk	zandakker	4.56	0.84	709.1	152.6	0.065	0.220	0.035	0.022	0.030	0.197	21.7	12.2	94.1
395	13	3	winterwijk	zandakker	6.37	0.41	409.6	186.1	0.175	0.175	0.030	0.024	0.145	0.122	38.1	14.0	165.3
397	13	3	winterwijk	zandakker	5.07	0.36	150.9	197.6	0.105	0.077	0.020	0.021	0.085	0.056	11.3	8.4	47.5
398	13	3	winterwijk	zandakker	4.72	0.62	254.1	133.9	0.110	0.066	0.030	0.017	0.080	0.050	28.5	7.0	117.3
401	15	3	gelderse poort	zandakker	5.34	0.32	106.2	70.0	0.130	0.208	0.015	0.017	0.115	0.191	9.6	6.3	26.7
404	15	3	gelderse poort	zandakker	4.80	0.37	102.8	36.9	0.035	0.464	0.015	0.021	0.020	0.443	6.1	6.3	20.9
427	9	4	achterhoek	zandakker	3.87	0.03	276.4	131.5	0.619	0.769	0.574	0.838	0.045	0.001	18.3	20.7	76.1
428	9	4	achterhoek	zandakker	3.85	1.26	449.0	50.6	0.090	0.126	0.055	0.027	0.035	0.099	22.3	19.7	113.2
430	9	4	achterhoek	zandakker	3.58	0.99	528.7	84.8	0.040	0.083	0.015	0.028	0.025	0.055	26.0	16.6	116.3
431	9	4	achterhoek	zandakker	3.96	0.52	346.4	91.8	0.050	0.068	0.028	0.017	0.025	0.051	17.3	16.1	73.9
434	10	4	veluwe	zandakker	2.02	0.89	102.2	58.7	0.050	0.116	0.025	0.069	0.025	0.046	10.5	8.6	38.8
436	10	4	veluwe	zandakker	4.86	1.32	487.3	84.6	0.253	1.606	0.053	0.200	0.200	1.263	25.7	6.3	59.1
438	10	4	veluwe	zandakker	4.86	0.31	325.9	68.8	0.098	1.634	0.528	0.997	0.170	0.637	34.8	16.6	49.7
440	10	4	veluwe	zandakker	4.76	0.54	129.5	80.4	2.765	1.612	2.715	1.420	0.050	0.192	8.1	4.9	22.9
441	10	4	veluwe	zandakker	1.19	0.84	202.1	110.9	0.262	0.347	0.087	0.040	0.175	0.298	22.4	8.7	54.8
442	10	4	veluwe	zandakker	4.41	0.36	162.7	82.1	2.250	0.742	2.150	0.214	0.163	0.528	8.8	6.0	23.1
443	10	4	veluwe	zandakker	5.06	2.35	222.8	105.1	0.030	0.096	0.010	0.017	0.020	0.079	15.4	15.2	40.4
444	10	4	veluwe	zandakker	8.56	0.39	259.7	109.1	0.190	0.492	0.070	0.075	0.120	0.417	25.3	5.8	66.6

Vald:	Gebied:	Cluster:	Gebiedsnaam:	Landgebruik:	Al-tot mg/l	Al-tot mg/l	Fe-tot mg/l	Fe-tot mg/l	Mn-tot mg/l	Mn-tot mg/l	Na-tot mg/l	Na-tot mg/l	K-tot mg/l	K-tot mg/l	Ca-tot mg/l	Ca-tot mg/l	Mg-tot mg/l	Mg-tot mg/l
184	1	1	noordelijke gelderse vallei	gras	0.08	0.70	2.81	1.50	0.14	0.53	1.38	6.1	20.3	14.9	84.8	42.1	10.9	5.9
186	1	1	noordelijke gelderse vallei	gras	0.13	0.37	15.58	14.76	0.75	0.85	32.4	17.0	25.2	17.8	153.5	92.5	11.3	12.5
188	1	1	noordelijke gelderse vallei	gras	0.15	0.33	0.97	5.09	0.11	0.59	9.0	14.5	8.8	3.6	48.4	78.9	5.3	7.8
191	1	1	noordelijke gelderse vallei	gras	0.29	0.55	0.27	0.80	0.29	0.72	23.6	13.1	15.4	13.3	152.4	56.3	19.9	7.7
178	2	1	uuddei-elipser-speuld-garderen	gras	0.20	0.37	1.14	1.37	0.57	1.17	13.8	6.9	11.9	2.5	52.4	40.7	4.4	5.0
179	2	1	uuddei-elipser-speuld-garderen	gras	0.40	0.90	0.28	0.65	0.23	0.63	13.1	4.1	11.1	3.5	48.7	16.2	9.1	3.7
182	2	1	uuddei-elipser-speuld-garderen	gras	0.34	0.54	7.12	0.66	0.35	0.29	18.2	15.7	12.2	2.8	54.1	55.5	6.4	5.6
183	2	1	uuddei-elipser-speuld-garderen	gras	0.67	3.96	4.58	1.82	0.70	0.40	29.2	10.2	49.1	21.4	78.5	20.4	26.4	8.0
190	5	1	de driesprong	gras	0.11	0.75	0.07	0.68	0.03	0.21	16.8	7.0	11.2	3.7	52.7	20.4	13.2	4.0
200	5	1	de driesprong	gras	0.36	0.43	8.43	0.63	0.36	1.03	17.2	12.3	74.7	18.0	18.0	39.1	16.7	18.8
201	5	1	de driesprong	gras	0.54	0.69	0.14	0.54	0.12	0.60	17.9	13.4	31.0	18.0	60.4	45.9	20.4	11.2
151	3	2	noord-oost veluwe	gras	0.86	0.95	5.90	10.26	0.63	1.29	15.2	13.1	7.2	5.1	24.2	20.4	4.5	4.6
152	3	2	noord-oost veluwe	gras	0.44	0.27	5.21	12.24	1.50	1.51	6.7	6.4	4.1	0.9	15.8	21.8	3.0	4.1
159	3	2	noord-oost veluwe	gras	1.00	0.93	2.05	2.71	1.31	1.23	6.7	5.4	7.9	6.0	41.8	24.5	3.0	1.5
160	3	2	noord-oost veluwe	gras	0.80	1.73	0.25	0.30	0.12	0.35	4.1	3.5	6.4	2.3	23.4	19.5	7.3	5.1
163	4	2	harderwijk elburg	gras	0.86	0.87	4.47	2.77	0.79	0.19	12.3	8.3	20.6	12.2	63.1	23.0	12.1	6.1
164	4	2	harderwijk elburg	gras	0.74	1.07	12.72	18.64	0.18	0.52	7.5	6.3	6.5	4.0	32.6	18.6	2.6	1.5
168	4	2	harderwijk elburg	gras	0.16	0.23	1.58	10.50	0.05	0.85	16.8	32.7	15.7	65.9	60.4	64.6	4.4	14.5
172	4	2	harderwijk elburg	gras	0.38	0.55	2.88	1.83	0.04	0.11	4.5	3.4	7.1	5.1	35.2	31.5	8.1	8.2
141	6	2	zuidelijke ijsselvallei	gras	0.10	1.05	1.37	0.80	0.88	0.15	21.3	6.5	25.9	1.0	161.6	57.6	22.5	9.3
142	6	2	zuidelijke ijsselvallei	gras	0.22	0.75	8.41	5.00	1.03	1.01	18.5	8.5	12.3	5.0	102.8	29.4	15.8	5.7
143	6	2	zuidelijke ijsselvallei	gras	0.15	0.16	9.42	8.34	0.73	1.10	19.7	10.4	20.0	0.7	142.8	95.7	12.6	11.8
150	6	2	zuidelijke ijsselvallei	gras	1.74	0.94	0.39	0.77	0.49	0.64	8.8	3.2	15.7	3.5	69.9	58.5	15.4	10.3
215	7	3	hummelo-keppel	gras	0.17	0.02	0.23	0.65	0.42	0.50	14.7	12.0	26.3	2.5	189.4	149.1	12.5	11.2
217	7	3	hummelo-keppel	gras	0.12	0.25	1.55	0.39	0.37	0.35	8.7	4.1	15.0	11.4	98.8	49.0	6.2	4.9
124	8	3	de graafschap	gras	0.10	0.32	6.27	9.23	0.77	1.07	12.0	12.7	53.2	25.2	113.4	65.5	16.7	16.9
128	8	3	de graafschap	gras	0.10	0.86	1.82	0.27	0.47	0.12	22.7	9.7	27.0	10.5	169.7	58.8	19.2	12.0
252	8	3	de graafschap	gras	0.71	0.83	0.14	0.53	0.22	0.13	18.4	11.6	48.7	42.6	81.4	29.4	28.3	10.8
207	11	3	groenbeek	gras	0.58	1.47	0.17	0.27	0.08	0.06	24.0	11.7	33.6	15.4	135.0	27.7	42.1	8.2
208	11	3	groenbeek	gras	0.19	0.77	0.16	0.41	0.04	0.22	3.8	2.7	11.7	4.8	58.1	34.8	10.6	6.5
209	11	3	groenbeek	gras	0.16	0.45	0.12	0.37	0.05	0.44	7.2	5.7	19.6	3.6	96.8	26.3	17.9	4.9
211	11	3	groenbeek	gras	0.91	0.46	0.17	0.64	0.48	0.66	13.2	13.0	19.3	8.1	86.8	51.5	16.5	10.2
222	12	3	neede-borculo	gras	0.36	0.45	0.32	0.22	0.07	0.21	6.6	5.5	17.3	7.7	94.4	43.0	18.2	10.2
226	12	3	neede-borculo	gras	0.19	0.57	4.89	8.25	1.55	1.06	11.0	9.8	45.3	15.8	60.9	41.2	13.9	8.2
229	12	3	neede-borculo	gras	0.35	0.24	0.14	0.35	0.25	0.90	16.0	16.0	12.4	16.3	57.7	56.9	10.2	10.5
236	13	3	winterswijk	gras	0.39	1.08	0.40	0.51	0.36	0.15	17.3	11.8	32.5	24.4	69.9	30.3	14.8	9.9
237	13	3	winterswijk	gras	0.10	0.33	0.25	0.30	2.59	1.42	17.5	12.3	17.1	7.0	64.1	42.3	16.0	10.4
246	13	3	winterswijk	gras	0.10	0.08	0.01	0.06	0.03	0.08	14.9	8.2	24.1	13.5	64.9	24.2	25.5	8.6
247	9	4	achterhoek	gras	0.10	0.04	8.09	3.15	0.95	1.16	19.1	16.8	27.9	21.6	191.3	149.4	18.9	17.3
253	9	4	achterhoek	gras	0.10	0.25	0.21	0.17	0.70	0.51	17.9	7.9	14.7	17.6	254.3	93.0	36.8	16.1
261	9	4	achterhoek	gras	0.10	0.04	1.45	0.15	1.16	0.43	15.5	8.9	19.9	2.8	129.7	93.3	11.0	9.7
446	9	4	achterhoek	gras	0.71	0.69	11.07	4.97	0.19	0.31	16.8	9.3	11.2	14.1	32.0	28.4	8.6	9.1
266	10	4	veluwe	gras	0.14	0.49	8.47	2.76	0.45	0.15	3.1	2.3	7.4	1.1	50.5	23.1	4.0	2.3
273	10	4	veluwe	gras	0.16	0.36	0.12	0.57	0.02	0.13	3.7	4.1	6.3	1.4	37.3	16.5	4.1	2.3
277	10	4	veluwe	gras	0.10	0.10	25.61	0.39	0.33	0.33	33.4	66.1	66.1	44.4	134.6	36.3	29.6	11.4
279	10	4	veluwe	gras	0.10	0.35	1.00	0.39	0.12	0.02	25.0	7.7	54.5	44.4	131.4	36.3	26.2	32.9
284	10	4	veluwe	gras	0.20	0.57	0.27	2.43	0.82	1.43	22.1	12.5	50.2	47.9	92.3	80.0	25.7	9.8
286	10	4	veluwe	gras	0.16	0.39	5.61	4.32	0.56	0.65	18.6	15.8	14.9	17.7	115.0	64.0	6.8	9.8
288	10	4	veluwe	gras	0.15	0.28	9.14	4.41	0.50	0.91	37.8	44.0	56.7	85.7	107.9	108.4	13.6	20.3

Veld:	Gebied:	Cluster:	Gebiedsnaam:	Landgebruik:	Al-tot mg/l	Al-tot mg/l	Fe-tot mg/l	Fe-tot mg/l	Mn-tot mg/l	Mn-tot mg/l	Na-tot mg/l	Na-tot mg/l	K-tot mg/l	K-tot mg/l	Ca-tot mg/l	Ca-tot mg/l	Mg-tot mg/l	Mg-tot mg/l
2	1	1	noordelijke gelderse vallei	naaldbos	1.82	2.11	0.21	0.43	0.34	0.53	9.2	8.2	8.4	5.9	6.5	10.8	3.3	2.5
5	1	1	noordelijke gelderse vallei	naaldbos	1.06	1.45	0.10	0.35	0.07	0.68	8.3	8.7	4.5	2.2	1.4	9.0	0.7	1.7
16	2	1	oostelijke gelderse vallei	naaldbos	1.01	0.89	0.03	0.34	0.25	1.08	8.5	8.5	4.7	2.7	1.3	9.1	1.2	1.5
18	2	1	oostelijke gelderse vallei	naaldbos	0.65	1.39	0.05	0.30	0.12	0.74	10.0	10.3	5.4	2.3	1.2	11.8	1.0	1.9
48	5	1	oostelijke gelderse vallei	naaldbos	1.48	0.65	0.13	0.43	0.96	1.40	15.3	7.6	8.3	4.7	6.5	12.2	2.0	1.9
52	5	1	oostelijke gelderse vallei	naaldbos	0.72	1.29	0.05	0.39	0.91	5.37	12.0	7.6	9.4	7.3	18.5	12.8	2.9	2.4
26	3	2	oostelijke gelderse vallei	naaldbos	1.68	1.51	0.10	0.32	0.16	1.06	8.4	9.6	4.9	2.8	2.2	7.3	1.1	1.5
29	3	2	oostelijke gelderse vallei	naaldbos	1.12	1.67	0.20	1.02	0.19	0.10	7.5	6.5	7.1	1.0	4.0	10.1	1.4	1.1
32	4	2	oostelijke gelderse vallei	naaldbos	2.30	2.19	0.10	0.22	0.33	0.36	14.9	9.7	7.8	3.0	2.9	10.4	1.8	1.8
37	4	2	oostelijke gelderse vallei	naaldbos	2.50	1.78	0.13	0.46	0.33	1.02	17.7	9.5	9.3	3.0	6.1	13.7	3.4	2.0
60	6	2	oostelijke gelderse vallei	naaldbos	1.12	1.39	0.20	0.27	0.19	0.58	7.5	8.0	7.1	4.5	4.0	7.6	1.4	1.7
74	7	3	oostelijke gelderse vallei	naaldbos	4.39	1.02	0.24	0.31	0.99	1.30	28.8	10.2	15.8	3.3	15.5	10.2	7.9	1.7
76	7	3	oostelijke gelderse vallei	naaldbos	1.08	1.75	0.08	0.32	4.54	12.33	11.9	11.9	8.5	2.7	5.1	14.4	3.4	3.2
79	7	3	oostelijke gelderse vallei	naaldbos	0.82	1.53	0.03	0.24	3.70	9.24	10.8	8.6	8.5	5.0	5.1	11.1	2.8	2.7
87	8	3	oostelijke gelderse vallei	naaldbos	2.16	1.95	0.08	0.16	1.76	10.50	23.0	9.7	12.9	7.0	12.5	13.4	6.8	3.0
91	8	3	oostelijke gelderse vallei	naaldbos	1.19	2.33	0.08	0.42	0.74	3.87	14.4	9.3	10.9	4.4	14.7	9.6	4.3	2.1
92	8	3	oostelijke gelderse vallei	naaldbos	1.43	2.05	0.05	0.14	0.64	2.32	10.2	13.2	9.2	2.4	11.1	19.4	4.3	3.5
94	8	3	oostelijke gelderse vallei	naaldbos	5.50	1.90	0.10	0.30	1.08	1.92	15.0	10.0	15.1	6.2	22.8	16.8	6.6	3.3
103	8	3	oostelijke gelderse vallei	naaldbos	4.13	4.93	0.11	0.16	0.47	1.36	14.1	14.2	9.2	3.4	9.3	16.4	4.3	3.0
95	9	4	oostelijke gelderse vallei	naaldbos	1.99	1.43	0.08	0.26	0.59	4.80	11.5	12.4	9.1	3.3	8.2	27.8	3.6	2.9
97	9	4	oostelijke gelderse vallei	naaldbos	4.02	0.26	0.09	0.46	0.11	0.11	8.3	6.6	8.3	1.7	6.5	115.9	3.1	1.3
101	9	4	oostelijke gelderse vallei	naaldbos	4.17	2.22	0.09	0.09	13.10	23.79	19.3	11.1	13.6	2.6	15.4	15.3	7.1	3.4
106	10	4	oostelijke gelderse vallei	naaldbos	3.61	1.85	0.31	0.30	0.35	0.54	22.7	8.8	9.8	1.9	9.9	10.4	4.8	2.5
110	10	4	oostelijke gelderse vallei	naaldbos	2.31	1.10	0.11	0.26	0.26	0.76	9.1	8.3	5.4	3.5	3.9	10.5	2.1	2.1
114	10	4	oostelijke gelderse vallei	naaldbos	1.55	1.83	0.11	0.41	0.15	0.55	12.4	9.8	5.6	2.0	2.1	8.5	1.5	1.9
115	10	4	oostelijke gelderse vallei	naaldbos	0.82	0.31	0.04	0.07	2.94	13.20	9.7	8.1	6.0	2.4	3.4	18.0	1.9	2.1
119	10	4	oostelijke gelderse vallei	naaldbos	0.98	1.21	0.12	0.16	0.38	1.00	8.2	7.3	4.4	3.2	5.0	8.1	1.5	1.7
121	10	4	oostelijke gelderse vallei	naaldbos	1.19	1.10	0.04	0.11	0.42	0.87	10.8	8.8	6.2	2.6	2.6	8.1	1.6	2.1

Veld:	Gebied:	Cluster:	Gebiedsnaam:	Landgebruik:	Al-tot mg/l	Fe-tot mg/l	Fe-tot mg/l	Mn-tot mg/l	Mn-tot mg/l	Na-tot mg/l	K-tot mg/l	K-tot mg/l	Ca-tot mg/l	Ca-tot mg/l	Mg-tot mg/l	Mg-tot mg/l
341	1	1	noordelijke gelderse vallei	zandakker	0.91	0.67	0.22	0.52	0.19	0.26	10.7	4.1	15.5	22	155	27.3
343	1	1	noordelijke gelderse vallei	zandakker	2.48	0.56	0.57	3.12	0.69	0.85	8.6	4.5	60.2	25.2	285	19.4
345	1	1	noordelijke gelderse vallei	zandakker	0.79	0.88	0.18	1.04	0.25	0.26	13.9	7.1	21.2	45.1	45.1	16.1
346	1	1	noordelijke gelderse vallei	zandakker	0.98	1.88	0.21	1.11	0.67	0.39	6.1	7.5	28.9	20.6	33.2	14.6
333	2	1	uiddel-elstpeet-spuul-garderen	zandakker	2.81	2.12	2.16	2.06	0.74	0.70	17.8	5.5	31.9	30.1	20.6	27.7
334	2	1	uiddel-elstpeet-spuul-garderen	zandakker	0.35	1.85	0.12	1.94	0.07	0.17	10.8	4.7	10.7	20.1	4.7	2.3
335	2	1	uiddel-elstpeet-spuul-garderen	zandakker	4.41	3.60	3.50	3.32	1.93	1.37	7.5	5.66	38.1	10.5	9.9	3.3
338	2	1	uiddel-elstpeet-spuul-garderen	zandakker	0.10	2.30	1.15	2.02	0.27	0.18	18.3	4.1	18.7	7.3	9.3	25.1
349	5	1	de driesprong	zandakker	2.67	0.12	1.13	1.88	0.28	0.28	18.3	5.4	96.8	81.6	13.7	17.8
350	5	1	de driesprong	zandakker	1.56	1.17	0.54	2.28	1.13	0.61	15.6	6.9	95.3	33.2	150.1	41.6
351	5	1	de driesprong	zandakker	2.71	1.97	1.59	1.82	0.26	0.14	8.5	6.5	74.5	29.1	30.2	34.0
353	5	1	de driesprong	zandakker	1.70	1.90	0.35	0.65	0.05	0.09	6.7	7.7	7.5	10.9	19.2	26.2
368	3	2	noord-oost veluwe	zandakker	1.42	1.28	0.97	2.03	0.87	0.65	10.7	5.5	30.2	12.4	24.7	19.1
370	3	2	noord-oost veluwe	zandakker	0.86	0.75	0.49	0.50	0.71	0.83	6.9	7.2	20.9	9.1	24.6	31.0
371	3	2	noord-oost veluwe	zandakker	1.33	1.99	0.74	2.95	0.39	0.49	10.0	6.4	10.5	23.6	47.8	16.4
378	3	2	noord-oost veluwe	zandakker	0.50	0.70	0.06	0.43	1.06	0.95	12.8	5.6	27.7	21.6	135.3	12.9
378	3	2	noord-oost veluwe	zandakker	1.05	0.80	0.14	4.72	0.70	0.57	23.8	5.1	36.4	44.9	72.1	18.3
324	4	2	harderwijk-elburg	zandakker	2.09	24.39	0.88	9.90	0.55	2.18	15.5	6.2	42.9	26.2	53.2	19.0
325	4	2	harderwijk-elburg	zandakker	1.66	0.83	0.29	2.94	0.85	0.81	7.8	4.6	39.9	31.7	36.1	19.7
329	4	2	harderwijk-elburg	zandakker	0.67	0.82	0.12	0.99	7.36	0.12	86.2	22.3	326.2	179.7	54.4	43.0
358	6	2	zuidelijke ijsselvallei	zandakker	1.09	0.91	0.20	1.80	0.72	0.41	12.1	5.0	50.8	19.1	26.8	15.9
358	6	2	zuidelijke ijsselvallei	zandakker	1.34	2.44	0.74	3.32	0.60	1.03	7.9	5.0	40.0	26.2	18.3	13.8
361	6	2	zuidelijke ijsselvallei	zandakker	0.75	0.61	0.57	1.03	0.12	0.15	11.0	8.1	7.2	15.0	13.7	54.0
363	6	2	zuidelijke ijsselvallei	zandakker	1.23	0.65	0.11	1.37	0.22	0.33	7.1	7.2	19.8	15.6	13.9	27.4
407	7	3	hummelo-keppel	zandakker	0.18	0.23	0.13	0.20	0.10	0.87	9.3	6.7	26.2	43.2	4.3	5.5
409	7	3	hummelo-keppel	zandakker	0.50	0.18	0.09	0.62	0.86	0.35	10.3	7.4	27.6	17.2	45.1	43.2
410	7	3	hummelo-keppel	zandakker	4.08	2.68	1.13	0.62	0.18	0.10	6.0	9.5	7.2	24.3	12.9	25.4
413	8	3	de graafschap	zandakker	1.01	1.25	0.47	1.18	0.77	1.07	8.1	8.9	22.8	17.5	63.1	29.6
417	8	3	de graafschap	zandakker	1.42	1.32	0.27	0.70	0.20	0.27	5.1	7.3	17.8	7.9	42.4	22.7
419	8	3	de graafschap	zandakker	0.72	1.04	0.26	0.96	0.11	0.16	5.7	5.2	8.9	2.7	20.1	15.3
421	8	3	de graafschap	zandakker	0.82	0.66	0.36	0.23	0.05	0.11	14.0	12.7	50.1	61.4	24.4	42.7
385	12	3	neede-borsulo	zandakker	0.60	0.40	0.10	0.19	0.35	0.51	9.0	5.1	13.9	5.0	43.3	34.3
386	12	3	neede-borsulo	zandakker	0.45	0.64	0.18	0.77	0.09	0.12	11.2	6.0	34.2	24.9	37.1	29.8
387	12	3	neede-borsulo	zandakker	1.13	0.81	0.16	0.44	0.69	0.69	13.9	5.0	81.5	33.0	75.0	23.6
391	13	3	winterswijk	zandakker	1.63	0.87	0.25	1.23	0.22	0.29	18.9	7.6	71.5	28.5	144.1	37.0
395	13	3	winterswijk	zandakker	2.37	0.97	0.22	0.37	0.65	0.48	14.9	6.4	27.9	4.8	137.7	64.4
397	13	3	winterswijk	zandakker	0.56	0.54	0.15	0.30	0.35	0.35	7.1	4.9	14.4	4.4	43.6	58.0
398	13	3	winterswijk	zandakker	1.71	0.49	0.21	0.28	0.17	0.15	15.9	5.9	29.8	10.8	81.7	35.0
401	15	3	gelderse poort	zandakker	0.41	0.61	0.04	0.36	0.35	0.18	9.2	5.4	9.1	4.8	18.0	18.1
404	15	3	gelderse poort	zandakker	0.20	1.63	0.25	1.49	0.25	0.50	7.0	3.6	9.0	6.5	10.7	10.9
427	9	4	achterhoek	zandakker	0.55	0.44	0.61	0.71	0.06	0.09	27.6	12.7	84.2	54.5	40.9	26.4
428	9	4	achterhoek	zandakker	0.90	0.80	0.22	0.42	0.30	0.23	14.8	6.3	72.0	23.6	66.2	18.5
430	9	4	achterhoek	zandakker	1.05	1.29	0.15	1.80	0.81	0.25	12.0	7.4	74.0	116.5	21.3	31.4
431	9	4	achterhoek	zandakker	0.79	0.42	0.15	0.15	0.15	0.41	13.8	5.1	55.6	22.3	70.2	24.5
434	10	4	veluwe	zandakker	0.32	1.21	0.34	1.43	0.12	0.14	10.9	7.4	13.3	18.4	28.5	12.5
436	10	4	veluwe	zandakker	1.53	3.92	0.80	5.96	0.34	0.20	101.2	6.8	59.0	39.8	64.1	20.7
438	10	4	veluwe	zandakker	1.66	3.50	0.56	3.57	1.44	0.80	20.4	5.8	56.9	34.5	89.8	32.0
440	10	4	veluwe	zandakker	0.93	0.48	0.46	0.28	0.29	0.32	7.5	6.6	9.5	11.1	29.3	23.0
441	10	4	veluwe	zandakker	0.82	1.52	1.83	5.31	0.19	0.26	10.9	5.6	41.2	15.5	53.8	30.2
442	10	4	veluwe	zandakker	0.95	1.18	0.85	3.61	1.12	0.54	7.3	5.3	29.3	18.5	36.8	20.3
443	10	4	veluwe	zandakker	0.34	0.56	0.07	0.51	0.13	0.07	11.2	7.4	49.0	45.0	43.3	7.7
444	10	4	veluwe	zandakker	0.90	0.73	0.08	0.58	7.67	1.99	31.4	5.4	104.3	36.0	71.6	14.8

Veld:	Gebied:	Cluster:	Gebiedsnaam:	Landgebruik:	[Cu]	[Cu]	[Zn]	[Zn]	[Cd]	[Cd]	[Pb]	[Pb]	[Ni]	[Cr]	[Cr]	[As]	[As]
					ug/l	ug/l	mg/l	mg/l	ug/l	ug/l	ug/l	ug/l	ug/l	ug/l	ug/l	ug/l	ug/l
184		1	noordelijke gelderse vallei	gras	22.04	19.95	0.012	0.032	0.070	0.209	4.28	11.96	19.92			4.24	6.11
186		1	noordelijke gelderse vallei	gras	3.49	4.16	0.015	0.016	0.036	0.830	0.67	137.04	15.76			3.96	6.27
188		1	noordelijke gelderse vallei	gras	4.32	1.99	0.024	0.011	0.033	0.237	1.28	36.51	6.18			4.13	5.25
189		1	noordelijke gelderse vallei	gras	6.00	8.66	0.027	0.035	0.715	0.271	1.40	12.51	17.93			2.64	1.87
178		2	noordelijke gelderse vallei	gras	1.36	0.35	0.010	0.009	0.055	0.087	0.35	5.73	8.63			2.37	3.71
179		2	uiddel-elipsect-speuld-garderen	gras	8.96	5.50	0.029	0.033	0.348	0.165	1.07	6.52	10.48			2.90	6.63
182		2	uiddel-elipsect-speuld-garderen	gras	3.20	2.37	0.020	0.013	0.080	0.128	1.35	9.71	4.80			1.86	4.20
183		2	uiddel-elipsect-speuld-garderen	gras	16.15	22.00	0.018	0.032	0.385	0.209	1.29	17.56	7.62			4.95	5.35
196		5	de driesprong	gras	4.07	3.11	0.013	0.020	0.066	0.144	0.14	9.24	4.01			1.93	3.36
200		5	de driesprong	gras	21.42	28.16	0.010	0.016	0.053	0.123	1.25	8.72	9.51			4.42	4.34
201		5	de driesprong	gras	20.33	12.00	0.018	0.019	0.138	0.138	1.25	9.25	5.15			2.73	1.82
151		3	noord-oost veluwe	gras	1.64	0.19	0.010	0.012	0.058	0.480	0.93	94.35	22.63			5.57	7.10
152		3	noord-oost veluwe	gras	1.52	0.20	0.010	0.007	0.028	0.599	1.65	101.57	6.50			7.69	7.69
159		3	noord-oost veluwe	gras	1.88	0.33	0.014	0.007	0.073	0.578	0.92	23.31	3.06			4.86	7.25
160		3	noord-oost veluwe	gras	14.28	4.32	0.010	0.024	0.158	0.078	2.57	3.50	4.17			4.08	6.01
163		4	harderwijk-elburg	gras	7.50	12.27	0.018	0.014	0.168	0.217	2.88	38.96	25.43			4.52	4.96
164		4	harderwijk-elburg	gras	1.87	0.39	0.010	0.007	0.048	0.887	0.80	155.94	5.68			6.96	20.68
168		4	harderwijk-elburg	gras	1.73	0.18	0.010	0.014	0.050	0.375	0.36	73.48	1.98			2.96	3.97
172		4	harderwijk-elburg	gras	8.02	9.78	0.010	0.013	0.060	0.098	1.12	16.95	9.85			3.47	6.56
141		6	zuidelijke ijsselvallei	gras	4.56	10.12	0.010	0.016	0.053	0.120	0.86	9.73	8.90			2.96	6.14
142		6	zuidelijke ijsselvallei	gras	4.30	9.13	0.029	0.057	0.373	0.434	1.88	46.54	18.06			4.64	6.68
143		6	zuidelijke ijsselvallei	gras	4.12	1.06	0.010	0.013	0.025	0.389	1.18	73.30	5.86			1.94	21.48
150		6	zuidelijke ijsselvallei	gras	14.10	9.46	0.010	0.012	0.069	0.071	0.67	4.58	7.26			3.46	6.81
215		7	hunnelo-keppel	gras	5.77	7.75	0.010	0.061	0.245	0.446	3.88	10.37	21.22			8.80	5.38
217		7	hunnelo-keppel	gras	6.75	16.21	0.010	0.011	0.045	0.425	0.14	2.66	12.94			1.84	5.94
124		8	de graafschap	gras	9.08	8.04	0.010	0.014	0.083	0.577	1.46	82.17	28.48			3.20	20.28
128		8	de graafschap	gras	7.30	12.98	0.010	0.019	0.058	0.251	0.74	6.22	5.42			3.38	2.69
252		8	de graafschap	gras	20.72	37.02	0.002	0.022	0.865	0.147	3.33	8.80	17.45			4.99	5.56
262		8	de graafschap	gras	6.84	8.88	0.014	0.012	0.045	0.343	0.95	29.53	16.91			5.20	6.75
207		11	groesbeek	gras	11.78	11.29	0.024	0.020	1.005	0.383	3.30	6.85	3.56			3.72	2.88
208		11	groesbeek	gras	25.39	16.48	0.015	0.088	0.245	0.280	1.17	7.80	6.62			3.67	3.15
209		11	groesbeek	gras	9.60	9.14	0.024	0.041	0.580	0.305	0.82	8.02	5.24			2.07	4.81
211		11	groesbeek	gras	8.33	7.27	0.114	0.038	1.788	0.343	1.04	11.67	18.23			3.02	2.32
222		12	nedde-borculo	gras	13.58	24.72	0.010	0.007	0.140	0.164	0.02	1.88	2.71			1.76	5.09
226		12	nedde-borculo	gras	8.31	11.97	0.017	0.034	0.099	0.571	0.63	67.57	53.65			4.71	5.60
229		12	nedde-borculo	gras	33.71	21.22	0.010	0.014	0.525	0.365	1.29	1.94	45.95			2.44	5.86
236		13	winterswijk	gras	27.79	41.95	0.086	0.039	0.538	0.445	3.40	4.09	68.15			7.22	6.44
237		13	winterswijk	gras	7.31	13.57	0.147	0.085	1.630	0.526	0.98	1.92	63.52			2.31	6.11
246		13	winterswijk	gras	4.71	0.40	0.017	0.008	0.358	0.985	0.87	1.79	3.68			0.73	5.43
247		9	achterhoek	gras	7.31	3.06	0.010	0.012	0.010	0.161	0.48	19.00	3.63			1.12	5.78
253		9	achterhoek	gras	10.93	13.66	0.010	0.011	0.044	0.069	0.59	1.32	22.08			2.35	4.47
261		9	achterhoek	gras	6.96	13.51	0.064	0.011	0.178	0.122	0.50	4.87	33.00			4.23	6.21
446		9	achterhoek	gras	14.14	18.99	0.058	0.078	0.280	0.656	3.77	29.74	141.36			2.37	6.94
266		10	veluwe	gras	1.86	2.57	0.010	0.006	0.033	0.092	0.65	24.18	4.37			1.62	7.16
273		10	veluwe	gras	2.66	12.23	0.012	0.010	0.053	0.207	0.43	6.43	4.03			1.42	5.26
277		10	veluwe	gras	6.02		0.010		0.031		0.73						
279		10	veluwe	gras	23.01	15.92	0.010	0.017	0.254	0.140	4.52	5.48	17.60			3.46	2.34
284		10	veluwe	gras	22.87	31.91	0.010	0.018	0.146	0.146	0.98	27.98	9.80			4.48	0.60
286		10	veluwe	gras	5.57	5.06	0.010	0.023	0.068	0.337	0.36	50.24	14.31			3.96	2.34
288		10	veluwe	gras	3.81	5.65	0.010	0.018	0.028	0.162	0.77	54.72	4.25			5.86	1.27

Veld:	Gebied:	Cluster:	Gebiedsnaam:	Landgebruik:	[Cu]	[Cu]	[Zn]	[Cd]	[Pb]	[Ni]	[Cr]	[As]	[As]
					ug/l	ug/l	mg/l	ug/l	ug/l	ug/l	ug/l	ug/l	ug/l
2	1	1	noordelijke gelderse vallei	naaldbos	13.99	315.17	0.347	3.807	61.81	13.43	2.26	1.47	
5	1	1	noordelijke gelderse vallei	naaldbos	14.44	427.05	0.078	0.873	15.20	12.21	1.73	4.05	
16	2	1	uiddel-elispert-speuld-jarderen	naaldbos	6.19	196.68	0.092	2.294	5.98	8.08	1.40	3.47	
18	2	1	uiddel-elispert-speuld-jarderen	naaldbos	7.44	253.44	0.054	1.494	7.33	15.05	1.31	4.69	
48	5	1	de driesprong	naaldbos	15.35	93.76	0.239	0.701	8.41	21.18	1.86	2.00	
52	5	1	de driesprong	naaldbos	16.30	76.18	0.237	0.608	9.34	19.35	2.84	4.13	
26	3	2	noord-oost veluwe	naaldbos	6.35	327.32	0.099	1.099	7.97	6.08	1.93	2.16	
29	3	2	noord-oost veluwe	naaldbos	10.30	275.39	0.102	1.389	9.94	2.28	2.06	2.45	
32	4	2	harderwijk-elburg	naaldbos	10.34	303.94	0.158	2.432	12.62	8.48	2.77	2.12	
37	4	2	harderwijk-elburg	naaldbos	8.75	214.61	0.231	4.696	9.95	19.12	7.14	3.71	
60	6	2	zandlootje nissevallei	naaldbos	10.30	112.72	0.102	1.389	9.94	7.44	2.15	2.50	
74	7	3	hummelo-keppel	naaldbos	13.90	121.47	0.675	7.183	21.20	17.70	2.55	2.88	
76	7	3	hummelo-keppel	naaldbos	13.15	175.82	0.227	0.811	9.81	41.23	4.56	6.50	
79	7	3	hummelo-keppel	naaldbos	13.55	178.44	0.135	2.867	9.86	51.37	4.11	2.17	
87	8	3	de graafschap	naaldbos	14.05	253.30	0.454	5.658	11.52	34.26	4.77	0.82	
91	8	3	de graafschap	naaldbos	39.10	98.83	0.319	4.677	15.88	28.47	2.43	3.11	
92	8	3	de graafschap	naaldbos	11.40	142.51	0.334	5.268	15.24	39.94	1.99	4.91	
94	8	3	de graafschap	naaldbos	8.75	164.95	0.844	7.251	14.26	32.88	2.56	2.30	
103	8	3	de graafschap	naaldbos	7.20	329.56	0.318	5.370	8.38	24.24	1.90	2.58	
95	9	4	achterhoek	naaldbos	7.00	52.57	0.267	4.980	9.11	40.55	3.07	3.79	
97	9	4	achterhoek	naaldbos	6.90	40.87	0.278	6.100	7.04	21.77	2.74	3.52	
101	9	4	achterhoek	naaldbos	12.90	53.36	0.479	4.909	15.87	73.19	8.11	4.30	
106	10	4	veluwe	naaldbos	18.58	125.78	0.389	5.519	14.63	14.04	2.18	4.13	
110	10	4	veluwe	naaldbos	7.30	230.26	0.195	4.409	9.05	11.07	1.73	1.08	
114	10	4	veluwe	naaldbos	8.26	234.93	0.119	2.283	10.89	15.47	2.07	0.72	
115	10	4	veluwe	naaldbos	7.61	143.19	0.134	2.787	7.51	17.87	3.67	0.76	
119	10	4	veluwe	naaldbos	22.20	233.34	0.178	2.105	54.91	16.35	0.98	0.71	
121	10	4	veluwe	naaldbos	8.35	182.93	0.208	3.000	7.52	15.00	1.42	0.48	

Veld:	Gebied:	Cluster:	Gebiedsnaam:	Landgebruik:	[Cu]	[Cu]	[Zn]	[Zn]	[Cd]	[Cd]	[Pb]	[Pb]	[Ni]	[Ni]	[Cr]	[As]	[As]
					1997	1999	1997	1999	1997	1999	1997	1999	1997	1999	1997	1999	1999
341	1	1	noordelijke gelderse vallei	zandakker	9,26	308,84	0,069	0,280	0,000	0,445	5,68	0,56	4,85	2,16	1,62		
343	1	1	noordelijke gelderse vallei	zandakker	40,75	332,56	0,178	0,393	0,765	0,476	10,06	1,71	12,96	7,84	4,22		
345	1	1	noordelijke gelderse vallei	zandakker	15,47	221,07	0,272	0,655	0,899	0,196	7,39	0,43	6,11	2,69	1,68		
346	1	1	noordelijke gelderse vallei	zandakker	20,55	251,46	0,090	0,448	0,000	0,268	3,97	0,44	6,92	3,68	2,43		
348	2	1	noordelijke gelderse vallei	zandakker	43,78	347,13	0,204	0,485	0,850	0,671	14,87	1,66	6,80	4,39	7,47		
344	2	1	uiddel-elbeet-spaal-garderen	zandakker	14,53	269,55	0,047	0,213	0,860	0,302	4,90	1,06	2,95	3,03	1,57		
345	2	1	uiddel-elbeet-spaal-garderen	zandakker	57,55	422,57	0,243	0,214	0,970	0,645	21,17	3,34	12,69	7,44	9,18		
338	2	1	uiddel-elbeet-spaal-garderen	zandakker	42,79	339,19	0,058	0,214	0,424	0,333	6,64	1,41	4,16	6,64	7,57		
349	5	1	de driesprong	zandakker	11,85	428,55	0,327	0,249	3,209	0,187	7,00	1,09	5,94	5,75	6,02		
350	5	1	de driesprong	zandakker	37,25	307,73	0,393	0,376	1,950	0,423	11,38	0,31	15,54	5,01	5,35		
351	5	1	de driesprong	zandakker	82,95	272,79	0,084	0,304	0,995	0,281	17,18	0,95	9,04	4,65	1,79		
353	5	1	de driesprong	zandakker	11,20	441,47	0,013	0,208	0,645	0,259	4,70	0,64	4,37	3,13	1,68		
368	3	2	noord-oost veluwe	zandakker	22,40	276,70	0,082	0,276	0,820	0,601	12,19	0,67	5,97	3,97	8,18		
370	3	2	noord-oost veluwe	zandakker	16,75	300,90	0,142	0,098	0,800	0,415	4,88	1,65	5,14	3,34	2,67		
371	3	2	noord-oost veluwe	zandakker	20,32	407,52	0,098	0,330	0,676	0,511	9,55	1,90	7,71	5,42	4,34		
378	3	2	noord-oost veluwe	zandakker	13,39	356,01	0,276	0,326	1,445	0,462	4,43	0,85	6,41	2,25	2,88		
324	4	2	harderwijk-elburg	zandakker	20,51	388,00	0,128	0,272	1,859	1,291	10,66	24,24	39,53	21,80	2,67		
325	4	2	harderwijk-elburg	zandakker	30,79	476,40	0,064	0,227	1,066	1,291	10,66	24,24	39,53	21,80	2,67		
327	4	2	harderwijk-elburg	zandakker	22,40	412,62	0,114	0,253	0,695	0,444	9,94	1,28	5,05	8,24	4,01		
329	4	2	harderwijk-elburg	zandakker	83,43	396,75	0,543	0,226	4,080	0,231	8,25	0,68	21,56	3,27	1,25		
358	6	2	zuidelijke issevallei	zandakker	11,82	340,69	0,168	0,185	1,496	0,126	10,15	1,21	3,72	4,04	2,75		
359	6	2	zuidelijke issevallei	zandakker	18,45	361,07	0,104	0,281	1,337	0,710	13,09	1,18	4,23	4,86	1,42		
361	6	2	zuidelijke issevallei	zandakker	338,29	338,29	0,011	0,155	0,731	0,298	13,02	1,38	4,15	2,46	1,42		
363	6	2	zuidelijke issevallei	zandakker	255,14	0,072	0,072	0,306	0,820	0,440	8,76	0,97	3,57	2,58	3,64		
407	7	3	hummelo-keppel	zandakker	36,99	298,02	0,058	0,268	1,585	0,122	5,33	0,19	5,74	1,47	0,55		
409	7	3	hummelo-keppel	zandakker	24,70	268,35	0,128	0,191	2,535	0,371	5,95	0,43	3,75	1,22	1,20		
410	7	3	hummelo-keppel	zandakker	83,74	320,21	0,017	0,235	0,786	0,113	15,25	0,55	8,83	10,85	1,19		
413	8	3	de graafschap	zandakker	69,20	374,19	0,208	0,806	1,988	0,568	14,07	0,04	9,03	4,73	1,10		
417	8	3	de graafschap	zandakker	6,17	362,59	0,135	0,222	1,523	0,366	10,77	0,84	5,03	3,11	0,09		
419	8	3	de graafschap	zandakker	17,82	314,52	0,022	0,152	0,788	0,043	7,02	1,30	3,50	3,05	1,58		
421	8	3	de graafschap	zandakker	32,12	325,65	0,053	0,397	1,046	0,263	14,93	0,20	3,92	3,30	2,22		
385	12	3	neede-borculo	zandakker	46,70	169,05	0,101	0,547	0,778	0,423	4,26	0,52	4,06	1,92	0,03		
386	12	3	neede-borculo	zandakker	9,74	402,32	0,038	0,198	0,685	0,402	5,59	0,92	3,68	2,03	0,27		
387	12	3	neede-borculo	zandakker	14,80	307,76	0,198	0,270	2,008	0,491	10,00	0,46	4,34	2,42	0,91		
391	13	3	winterswijk	zandakker	41,77	308,07	0,189	0,397	3,096	0,495	10,57	0,33	4,27	2,91	0,74		
395	13	3	winterswijk	zandakker	15,53	244,19	0,428	0,770	2,867	0,458	11,91	0,01	5,19	2,81	3,46		
397	13	3	winterswijk	zandakker	9,92	194,07	0,083	0,591	1,152	0,467	8,56	0,39	3,77	2,38	0,14		
398	13	3	winterswijk	zandakker	12,45	250,23	0,212	0,541	3,795	0,392	12,54	0,72	3,13	1,86	1,27		
401	15	3	gelderse poort	zandakker	25,85	305,92	0,058	0,295	1,011	0,322	16,50	1,21	5,74	3,02	0,20		
404	15	3	gelderse poort	zandakker	14,15	191,93	0,061	0,203	1,110	0,421	9,81	1,03	5,29	3,02	0,01		
427	9	4	achterhoek	zandakker	72,30	225,68	0,031	0,087	0,755	0,010	6,43	1,05	6,84	1,70	0,74		
429	9	4	achterhoek	zandakker	22,15	237,41	0,062	0,206	2,335	0,236	8,45	0,31	4,55	2,89	0,38		
430	9	4	achterhoek	zandakker	13,55	295,22	0,315	0,358	2,115	0,362	6,64	0,32	5,08	3,14	3,42		
431	9	4	achterhoek	zandakker	16,65	242,90	0,236	0,349	1,890	0,579	6,98	1,56	4,67	2,10	1,80		
434	10	4	veluwe	zandakker	13,00	253,53	0,033	0,122	0,795	0,165	3,27	0,17	3,99	2,93	1,58		
436	10	4	veluwe	zandakker	18,50	395,41	0,192	0,248	1,285	0,704	10,40	2,69	5,82	2,06	2,06		
438	10	4	veluwe	zandakker	23,50	581,26	0,362	0,334	1,120	0,690	10,08	0,29	7,59	7,50	2,99		
440	10	4	veluwe	zandakker	16,50	489,68	0,077	0,206	0,708	0,278	11,60	0,07	3,09	2,41	2,52		
441	10	4	veluwe	zandakker	24,50	325,93	0,123	0,224	0,510	0,484	8,11	3,83	4,80	5,21	1,67		
442	10	4	veluwe	zandakker	33,00	343,71	0,287	0,259	1,135	0,254	9,45	0,86	5,81	4,66	4,34		
443	10	4	veluwe	zandakker	14,10	372,98	0,036	0,238	1,116	0,178	8,57	0,29	2,93	2,66	2,91		
444	10	4	veluwe	zandakker	45,65	302,80	0,616	0,353	6,942	0,825	20,07	0,94	7,53	3,03	0,10		

Bijlage 3 Overschrijding streefwaarden

Bijlage 3a Overschrijding streefwaarden

overschrijding streefwaarden 0-50%

overschrijding streefwaarden >50%

Cluster:	Gebied:	Gebiedsnaam:	Land- gebruik:	lutum %	OS %	Cd mg/kg	Cu mg/kg	Ph mg/kg	Zn mg/kg	Hg mg/kg	As mg/kg
1	1	noordelijke gelderse vallei	gras	2.4	5.6	-0.6	0.0	-0.8	-0.2	-0.8	
1	1	noordelijke gelderse vallei	gras	2.5	7.5	-0.6	-0.4	-0.8	-0.4	-0.7	-0.9
1	1	noordelijke gelderse vallei	gras	4.7	6.9	-0.4	-0.4	-0.7	-0.5	-0.6	-0.7
1	1	noordelijke gelderse vallei	gras	4.7	2.2	-0.6	-0.6	-0.8	-0.7	-0.7	-0.8
1	2	uddel-elspeet-speuld-garderen	gras	3.8	8.4	-0.4	-0.6	-0.7	-0.5	-0.7	-0.4
1	2	uddel-elspeet-speuld-garderen	gras	2.1	5.1	-0.5	-0.7	-0.7	-0.7	-0.7	-0.9
1	2	uddel-elspeet-speuld-garderen	gras	2.9	6.1	-0.4	-0.5	-0.7	-0.5	-0.8	-0.9
1	2	uddel-elspeet-speuld-garderen	gras	2.8	8.5	-0.7	-0.6	-0.8	-0.6	-0.8	-0.9
1	5	de diesprong	gras	2.2	5.7	-0.4	-0.4	-0.6	-0.4	-0.5	-0.8
1	5	de diesprong	gras	2.0	3.4	-0.7	0.6	-0.9	-0.3		-0.8
1	5	de diesprong	gras	2.3	6.0	-0.5	-0.1	-0.8	0.0	-0.8	-0.6
2	3	noord-oost veluwe	gras	2.8	4.0	-0.6	-0.8	-0.8	-0.7	-0.6	-0.9
2	3	noord-oost veluwe	gras	3.9	7.1	-0.3	-0.7	-0.6	-0.4	0.2	-0.8
2	3	noord-oost veluwe	gras	4.8	7.7	-0.4	-0.7	-0.7	-0.6	-0.6	-0.8
2	3	noord-oost veluwe	gras	2.6	4.9	-0.6	-0.3	-0.8	-0.5	-0.8	-0.9
2	4	harderwijk elburg	gras	3.2	6.6	-0.4	-0.3	-0.7	-0.4	-0.6	-0.6
2	4	harderwijk elburg	gras	1.0	3.1	-0.5	-0.4	-0.8	-0.6	-0.8	-0.7
2	4	harderwijk elburg	gras	2.2	8.1	-0.7	-0.6	-0.8	-0.5	-0.6	-0.9
2	4	harderwijk elburg	gras	4.2	6.5	-0.5	-0.3	-0.7	-0.4	-0.7	-0.8
2	6	zuidelijke ijsselvallei	gras	4.4	3.7	-0.5	-0.5	-0.9	-0.7	-0.7	-0.8
2	6	zuidelijke ijsselvallei	gras	2.8	5.7	-0.4	-0.2	-0.7	-0.5	-0.5	-0.8
2	6	zuidelijke ijsselvallei	gras	5.5	3.8	-0.3	-0.5	-0.9	-0.6	-0.5	-0.8
2	6	zuidelijke ijsselvallei	gras	3.2	5.0	-0.6	-0.5	-0.5	-0.7	-0.7	-0.8
3	7	hummelo-keppel	gras	15.0	4.2	-0.2	-0.5	-0.8	-0.5	-0.7	0.8
3	7	hummelo-keppel	gras	3.9	3.2	-0.5	-0.6	-0.7	-0.4		
3	8	de graafschap	gras	4.1	2.9	-0.5	-0.5	-0.8	-0.4	-0.7	-0.8
3	8	de graafschap	gras	3.3	2.8	-0.5	-0.2	-0.8	-0.5	-0.9	-0.7
3	8	de graafschap	gras	3.5	3.8	-0.5	0.1	-0.8	-0.2		-0.6
3	8	de graafschap	gras	4.6	5.6	-0.3	-0.1	-0.7	-0.4	-0.6	-0.3
3	11	groesbeek	gras	2.6	5.6	-0.2	-0.6	-0.7	-0.4	-0.7	-0.9
3	11	groesbeek	gras	3.4	4.2	-0.4	-0.4	-0.6	-0.5	-0.6	-0.9
3	11	groesbeek	gras	4.3	4.7	-0.5	-0.6	-0.6	-0.5	-0.7	-0.9
3	11	groesbeek	gras	4.0	8.3	0.0	0.5	-0.5	0.1	-0.6	-0.9
3	12	neede-borculo	gras	2.9	3.7	-0.5	-0.5	-0.8	-0.5	-0.7	-0.8
3	12	neede-borculo	gras	2.1	2.6	-0.8	-0.5	-0.9	-0.7	-0.9	-0.9
3	12	neede-borculo	gras	3.1	4.2	-0.2	-0.5	-0.7	-0.4	-0.6	-0.8
3	13	winterswijk	gras	3.2	2.8	-0.6	-0.4	-0.8	-0.7	-0.8	-0.8
3	13	winterswijk	gras	3.2	2.8	-0.4	-0.6	-0.8	-0.6	-0.8	-0.8
3	13	winterswijk	gras	3.0	2.3	-0.3	-0.6	-0.8	-0.6	-0.8	-0.7
4	9	achterhoek	gras	4.5	3.7	-0.4	-0.1	-0.8	-0.4		
4	9	achterhoek	gras	3.4	3.7	-0.2	-0.4	-0.7	-0.4		
4	9	achterhoek	gras	12.7	4.3	-0.5	-0.3	-0.7	-0.3	-0.8	-0.9
4	9	achterhoek	gras	3.0	4.3	-0.5	-0.4	-0.8	-0.6		
4	10	veluwe	gras	7.4	4.2	-0.4	-0.7	-0.7	-0.7	-0.4	-0.2
4	10	veluwe	gras	3.6	2.8	-0.5	-0.3	-0.4	-0.3	-0.2	-0.8
4	10	veluwe	gras	4.6	3.9	-0.6	-1.0	-0.8	-1.0		
4	10	veluwe	gras	2.8	4.7	-0.5	0.0	-0.8	-0.3	-0.8	-0.9
4	10	veluwe	gras	2.0	2.9	-0.7	0.2	-0.9	-0.3		-0.9
4	10	veluwe	gras	3.6	7.1	-0.3	-0.1	-0.7	-0.3	-0.7	-0.8
4	10	veluwe	gras	2.9	3.7	-0.7	-0.3	-0.9	-0.4	-0.8	-0.9
5	15	gelderse poort	kleiakker	26.8	6.0	-0.3	-0.2	-0.4	0.0	-0.5	-0.5
5	15	gelderse poort	kleiakker	28.5	4.6	-0.3	-0.2	-0.5	0.2	-0.7	-0.6
5	15	gelderse poort	kleiakker	26.3	3.8	-0.5	-0.2	-0.6	-0.3	-0.7	-0.6
5	15	gelderse poort	kleiakker	26.7	3.1	-0.4	-0.1	-0.6	-0.1	-0.6	-0.5
5	15	gelderse poort	kleiakker	32.8	4.5	0.0	-0.1	-0.4	0.0	-0.2	-0.4
5	15	gelderse poort	kleiakker	35.9	5.6	-0.4	-0.1	-0.4	-0.1	-0.4	-0.5
5	15	gelderse poort	kleiakker	12.8	2.3	-0.3	-0.2	-0.5	-0.1	-0.6	-0.7
5	15	gelderse poort	kleiakker	15.8	3.5	-0.3	-0.4	-0.6	-0.3	-0.9	-0.7
5	15	gelderse poort	kleiakker	15.7	2.4	-0.3	0.6	-0.6	-0.2	-0.6	-0.7
5	15	gelderse poort	kleiakker	29.4	4.1	-0.4	-0.2	-0.5	-0.2	-0.7	-0.5
5	15	gelderse poort	kleiakker	37.8	4.3	-0.1	-0.2	-0.5	-0.2	-0.7	-0.5
6	16	riverengebied	kleiakker	10.4	4.2	-0.3	-0.1	-0.6	-0.2	-0.8	-0.7
6	16	riverengebied	kleiakker	27.3	2.7	-0.2	0.0	-0.6	-0.2	-0.8	-0.6
6	16	riverengebied	kleiakker	25.8	3.0	-0.2	-0.2	-0.6	-0.3	-0.7	-0.2
6	16	riverengebied	kleiakker	14.0	3.9	-0.2	-0.1	-0.6	-0.1	-0.6	-0.7
6	16	riverengebied	kleiakker	19.1	1.5	-0.3	-0.4	-0.7	-0.4	-0.8	-0.7
6	16	riverengebied	kleiakker	26.5	1.7	-0.4	-0.4	-0.7	-0.3	-0.8	-0.5
6	16	riverengebied	kleiakker	13.7	1.9	-0.5	-0.5	-0.4	-0.4	-0.8	-0.7
6	16	riverengebied	kleiakker	20.5	2.3	-0.4	-0.3	-0.6	-0.2	-0.9	-0.7
6	16	riverengebied	kleiakker	20.4	3.3	-0.4	0.2	-0.6	-0.1	-0.8	-0.5
6	16	riverengebied	kleiakker	21.3	2.3	-0.3	-0.4	-0.6	-0.3	-0.8	-0.6

Cluster:	Gebied:	Gebiedsnaam:	Land- gebruik:	lutum %	OS %	Cd mg/kg	Cu mg/kg	Pb mg/kg	Zn mg/kg	Hg mg/kg	As mg/kg
1	1	noordelijke gelderse vallei	naaldbos								-0.9
1	1	noordelijke gelderse vallei	naaldbos							-0.8	-0.8
1	2	uddel-elspeet-speuld-garderen	naaldbos								-0.9
1	2	uddel-elspeet-speuld-garderen	naaldbos	1.4	2.4	-0.9	-0.9	-0.8	-0.9	-0.8	-0.9
1	5	de driesprong	naaldbos	1.5	2.0	-0.9	-0.7	-0.7	-0.8	-0.9	-0.9
1	5	de driesprong	naaldbos	2.0	3.6	-0.9	-0.8	-0.7	-0.8	-0.8	-0.9
2	3	noord-oost veluwe	naaldbos	2.3	7.2	-0.7	-0.9	-0.8	-0.9	-0.8	-0.9
2	3	noord-oost veluwe	naaldbos	2.6	2.0	-0.7	-0.7	-0.6	-0.8	-0.7	-0.9
2	4	harderwijk-elburg	naaldbos	2.0	1.7	-0.9	-0.8	-0.9	-0.9	-0.9	-1.0
2	4	harderwijk-elburg	naaldbos	1.7	3.8	-0.9	-0.8	-0.8	-0.9	-0.6	-0.3
2	6	zuidelijke ijsselvallei	naaldbos	1.2	1.9	-0.9	-0.9	-0.8	-0.9	-0.9	-0.9
2	6	zuidelijke ijsselvallei	naaldbos	1.6	1.2	-0.8	-0.8	-0.8	-0.9	-0.9	-0.9
3	7	hummelo-keppel	naaldbos	2.4	2.8	-0.9	-0.9	-0.7	-0.8	-0.7	-0.8
3	7	hummelo-keppel	naaldbos	2.0	1.4	-0.9	-0.8	-0.8	-0.7	-0.8	-0.8
3	7	hummelo-keppel	naaldbos	2.6	2.4	-0.9	-0.7	-0.7	-0.8		
3	8	de graafschap	naaldbos	1.5	1.8	-0.9	-0.9	-0.8	-0.8	-0.9	-0.9
3	8	de graafschap	naaldbos	1.8	2.8	-0.9	-0.8	-0.2	-0.8		-0.9
3	8	de graafschap	naaldbos	1.8	1.5	-0.9	-0.9	-0.7	-0.9	-0.9	-0.9
4	9	achterhoek	naaldbos	2.4	1.7	-0.9	-0.8	-0.8	-0.9	-0.8	-0.8
4	9	achterhoek	naaldbos	2.4	3.5	-0.8	-0.9	-0.8	-0.9	-0.8	-0.9
4	9	achterhoek	naaldbos	1.2	1.4	-0.9	-0.7	-0.5	-0.7	-0.8	-0.7
4	9	achterhoek	naaldbos	2.9	2.7	-0.9	-0.9	-0.7	-0.8	0.1	-0.8
4	10	veluwe	naaldbos	1.1	1.6	-0.9	-0.9	-0.9	-0.9	-0.8	-0.9
4	10	veluwe	naaldbos	1.2	2.4	-0.9	-0.9	-0.8	-0.9	-0.9	-0.9
4	10	veluwe	naaldbos	1.5	1.3	-0.9	-0.9	-0.9	-0.9	-0.9	-0.9
4	10	veluwe	naaldbos	2.4	3.9	-0.9	-0.8	-0.7	-0.9	-0.7	-0.9
4	10	veluwe	naaldbos	1.2	1.2	-0.9	-0.8	-0.9	-0.9		-0.9
4	10	veluwe	naaldbos	2.0	3.2	-0.9	-0.8	-0.8	-0.9	-0.8	-0.8
1	1	noordelijke gelderse vallei	zandakker	3.1	4.9	-0.6	-0.6	-0.6	-0.7	-0.7	
1	1	noordelijke gelderse vallei	zandakker	3.3	4.1	-0.7	0.3	-0.6	-0.5	-0.7	
1	1	noordelijke gelderse vallei	zandakker	3.8	4.4	-0.6	-0.1	-0.5	-0.4	-0.4	
1	1	noordelijke gelderse vallei	zandakker	4.2	5.2	-0.7	-0.5	-0.7	-0.7	-0.7	-0.9
1	2	uddel-elspeet-speuld-garderen	zandakker	2.8	4.9	-0.6	-0.4	-0.6	-0.6	-0.8	-0.9
1	2	uddel-elspeet-speuld-garderen	zandakker	3.2	5.9	-0.7	-0.4	-0.6	-0.7	-0.8	-0.9
1	2	uddel-elspeet-speuld-garderen	zandakker	3.7	5.4	-0.6	-0.4	-0.5	-0.6	-0.8	-0.9
1	2	uddel-elspeet-speuld-garderen	zandakker	3.3	3.5	-0.7	0.8	-0.6	-0.4	-0.8	-0.8
1	5	de driesprong	zandakker	3.1	3.6	-0.7	-0.4	-0.7	-0.7	-0.8	-0.8
1	5	de driesprong	zandakker	3.6	3.6	-0.6	0.5	-0.6	-0.5	-0.8	-0.8
1	5	de driesprong	zandakker	2.8	3.4	-0.7	0.2	-0.7	-0.6	-0.8	-0.8
1	5	de driesprong	zandakker	2.4	3.7	-0.5	-0.6	-0.6	-0.7	-0.7	-0.9
2	3	noord-oost veluwe	zandakker	2.6	6.1	-0.7	-0.5	-0.7	-0.7	-0.8	-0.9
2	3	noord-oost veluwe	zandakker	3.7	4.8	-0.6	0.0	-0.4	-0.7	-0.3	-0.8
2	3	noord-oost veluwe	zandakker	3.0	4.9	-0.6	-0.5	-0.6	-0.7	-0.8	-0.9
2	3	noord-oost veluwe	zandakker	4.4	4.3	-0.6	-0.4	-0.6	-0.7	-0.7	-0.8
2	4	harderwijk-elburg	zandakker	3.3	4.2	-0.7	-0.6	-0.7	-0.7	-0.7	-0.6
2	4	harderwijk-elburg	zandakker	3.8	4.2	-0.7	-0.5	-0.7	-0.7	-0.7	-0.7
2	4	harderwijk-elburg	zandakker	2.5	2.9	-0.8	-0.6	-0.7	-0.8	-0.8	-0.8
2	4	harderwijk-elburg	zandakker	4.6	2.2	-0.6	-0.5	-0.5	-0.5	-0.7	-0.8
2	6	zuidelijke ijsselvallei	zandakker	3.5	6.9	-0.6	-0.7	-0.5	-0.8	-0.7	-0.6
2	6	zuidelijke ijsselvallei	zandakker	3.2	4.9	-0.6	-0.6	-0.6	-0.8		-0.9
2	6	zuidelijke ijsselvallei	zandakker	2.6	4.1	-0.5	-0.5	-0.6	-0.6	-0.8	-0.9
2	6	zuidelijke ijsselvallei	zandakker	2.6	5.8	-0.7	-0.6	-0.7	-0.8	-0.8	-0.9
3	7	hummelo-keppel	zandakker	10.1	2.1	-0.3	-0.2	-0.6	-0.3	-0.6	-0.5
3	7	hummelo-keppel	zandakker	7.2	3.0	-0.5	-0.4	-0.6	-0.6	-0.7	-0.7
3	7	hummelo-keppel	zandakker	4.2	2.5	-0.5	0.4	-0.7	-0.4	-0.7	-0.8
3	8	de graafschap	zandakker	3.8	6.6	-0.5	0.5	-0.7	-0.5	-0.8	-0.5
3	8	de graafschap	zandakker	3.4	10.8	-0.5	-0.2	-0.5	-0.7	-0.9	-0.8
3	8	de graafschap	zandakker	3.0	6.5	-0.3	-0.7	-0.6	-0.7	-0.8	-0.5
3	8	de graafschap	zandakker	4.2	6.5	-0.4	-0.3	-0.7	-0.6	-0.7	-0.8
3	12	neede-borculo	zandakker	4.7	4.0	-0.3	0.0	-0.6	-0.4	-0.7	-0.6
3	12	neede-borculo	zandakker	4.3	4.0	-0.5	-0.4	-0.6	-0.6	-0.7	-0.8
3	12	neede-borculo	zandakker	3.8	5.8	-0.5	-0.5	-0.7	-0.7	-0.8	-0.8
3	13	winterswijk	zandakker	3.5	5.8	-0.4	-0.7	-0.6	-0.7	-0.7	-0.7
3	13	winterswijk	zandakker	4.5	6.5	-0.6	0.2	-0.5	-0.5	-0.7	-0.9
3	13	winterswijk	zandakker	4.7	5.8	-0.6	0.0	-0.5	-0.5	-0.7	-0.8
3	13	winterswijk	zandakker	3.8	4.7	-0.6	-0.6	-0.5	-0.7	-0.8	-0.9
3	15	gelderse poort	zandakker	5.1	2.9	-0.6	-0.5	-0.7	-0.5	-0.8	-0.8
3	15	gelderse poort	zandakker	5.1	2.0	-0.7	-0.7	-0.7	-0.7	-0.8	-0.8
4	9	achterhoek	zandakker	8.1	2.0	-0.5	0.0	-0.7	-0.2	-0.8	-0.7
4	9	achterhoek	zandakker	4.5	4.1	-0.5	-0.3	-0.6	-0.5	-0.8	-0.8
4	9	achterhoek	zandakker	4.2	7.3	-0.5	-0.3	-0.6	-0.6		-0.4
4	9	achterhoek	zandakker	4.8	4.1	-0.6	-0.5	-0.7	-0.7		
4	10	veluwe	zandakker	7.2	3.4	-0.6	-0.5	-0.6	-0.6	-0.7	-0.8
4	10	veluwe	zandakker	2.7	4.9	-0.7	-0.4	-0.6	-0.6	-0.8	-0.9
4	10	veluwe	zandakker	2.4	4.5	-0.7	0.5	-0.5	-0.3	-0.7	-0.8
4	10	veluwe	zandakker	2.2	3.7	-0.7	-0.5	-0.4	-0.6	-0.7	-0.9
4	10	veluwe	zandakker	2.7	4.3	-0.5	0.0	-0.5	-0.4	-0.7	-0.9
4	10	veluwe	zandakker	2.8	2.6	-0.8	-0.7	-0.7	-0.8	-0.8	-0.8
4	10	veluwe	zandakker	4.2	4.7	-0.3	-0.3	-0.5	-0.5	-0.7	-0.9
4	10	veluwe	zandakker	7.2	4.5	-0.7	-0.4	-0.6	-0.5	-0.8	-0.8

overschrijding streefwaarden 0-50%

overschrijding streefwaarden >50%

BIJLAGE 3b OVERSCHRIJDINGEN STREEFWAARDEN BOVENSTE GRONDWATER

streefwaarden		15.0	0.065	0.4	15.0	0.2
interventiewaarden		75.0	0.80	6.0	75.0	1.0
Cluster:		[Cu] ug/l	[Zn] mg/l	[Cd] ug/l	[Pb] ug/l	[Al] mg/l
1	gras	22.0	0.01	0.1	4.3	1.0
1	gras	3.5	0.01	0.0	0.7	0.1
1	gras	4.3	0.02	0.0	1.3	0.1
1	gras	6.0	0.03	0.7	1.4	0.3
1	gras	1.4	0.01	0.1	0.3	0.2
1	gras	9.0	0.03	0.3	1.1	0.5
1	gras	3.3	0.02	0.1	1.3	0.3
1	gras	16.2	0.02	0.4	1.3	0.7
1	gras	4.1	0.01	0.1	0.1	0.1
1	gras	21.4	0.01	0.1	1.2	0.4
1	gras	20.3	0.02	0.1	1.3	0.5
2	gras	1.6	0.01	0.1	0.9	0.9
2	gras	1.5	0.01	0.0	1.7	0.4
2	gras	1.9	0.01	0.1	0.9	1.0
2	gras	14.3	0.01	0.2	2.6	0.8
2	gras	7.5	0.02	0.2	2.9	0.9
2	gras	1.9	0.01	0.0	0.8	0.7
2	gras	1.7	0.01	0.1	0.4	0.2
2	gras	8.0	0.01	0.1	1.1	0.4
2	gras	4.6	0.01	0.1	0.9	0.1
2	gras	4.3	0.03	0.4	1.9	0.2
2	gras	4.1	0.01	0.0	1.2	0.2
2	gras	14.1	0.24	2.1	3.9	1.7
3	gras	5.8	0.01	0.1	0.7	0.2
3	gras	6.8	0.01	0.0	0.1	0.1
3	gras	9.1	0.01	0.1	1.5	0.1
3	gras	7.3	0.01	0.1	0.7	0.1
3	gras	20.7	0.06	0.9	3.3	0.7
3	gras	6.8	0.01	0.0	1.0	0.1
3	gras	11.8	0.02	1.0	3.3	0.6
3	gras	25.4	0.01	0.2	1.2	0.2
3	gras	9.7	0.02	0.6	0.8	0.2
3	gras	8.3	0.11	1.8	1.0	0.9
3	gras	13.6	0.01	0.1	0.0	0.4
3	gras	8.3	0.02	0.1	0.6	0.2
3	gras	33.7	0.01	0.5	1.3	0.4
3	gras	27.8	0.09	0.5	3.4	0.4
3	gras	7.3	0.15	1.6	1.0	0.1
3	gras	4.7	0.02	0.4	0.9	0.1
4	gras	7.3	0.01	0.0	0.5	0.1
4	gras	10.9	0.01	0.0	0.6	0.1
4	gras	7.0	0.06	0.2	0.5	0.1
4	gras	14.1	0.06	0.3	3.8	0.7
4	gras	1.9	0.01	0.0	0.7	0.1
4	gras	2.7	0.01	0.1	0.4	0.2
4	gras	6.0	0.01	0.0	0.7	0.1
4	gras	23.0	0.01	0.3	4.5	0.1
4	gras	22.9	0.01	0.1	1.0	0.2
4	gras	5.6	0.01	0.1	0.4	0.2
4	gras	3.8	0.01	0.0	0.8	0.2
1	naaldbos	14.0	0.25	3.8	61.8	3.8
1	naaldbos	14.4	0.08	0.9	15.2	1.1
1	naaldbos	6.2	0.09	2.3	6.0	1.0
1	naaldbos	7.4	0.05	1.5	7.3	0.6
1	naaldbos	15.3	0.24	2.5	8.4	1.5
1	naaldbos	16.3	0.24	2.9	9.3	0.7
2	naaldbos	6.3	0.10	1.1	8.0	1.7
2	naaldbos	10.3	0.10	1.4	9.9	1.1
2	naaldbos	10.3	0.16	2.4	12.6	2.3
2	naaldbos	8.7	0.23	4.7	9.9	2.5
2	naaldbos	10.3	0.10	1.4	9.9	1.1
3	naaldbos	13.9	0.68	7.2	21.2	4.4
3	naaldbos	13.2	0.23	3.0	9.8	1.1
3	naaldbos	13.6	0.14	2.9	9.9	0.8
3	naaldbos	14.1	0.45	5.7	11.5	2.2

 waarden tussen streefwaarde en interventiewaarde
 waarden boven interventiewaarde

streefwaarden		15.0	0.065	0.4	15.0	0.2
interventiewaarden		75.0	0.80	6.0	75.0	1.0
Cluster:		[Cu] ug/l	[Zn] mg/l	[Cd] ug/l	[Pb] ug/l	[Al] mg/l
3	naaldbos	39.1	0.32	4.7	15.9	1.2
3	naaldbos	8.8	0.84	7.3	14.3	1.4
3	naaldbos	7.2	0.32	5.4	8.4	5.3
4	naaldbos	7.0	0.27	5.0	9.1	4.1
4	naaldbos	6.9	0.28	6.1	7.0	2.0
4	naaldbos	12.9	0.48	4.9	15.9	4.0
4	naaldbos	18.6	0.39	5.5	14.6	4.2
4	naaldbos	7.3	0.20	3.3	9.0	3.6
4	naaldbos	8.3	0.12	2.3	10.9	2.3
4	naaldbos	7.6	0.13	2.8	7.5	1.6
4	naaldbos	11.4	0.33	5.3	15.2	0.8
4	naaldbos	22.2	0.18	2.1	54.9	1.0
4	naaldbos	8.3	0.21	3.0	7.5	1.2
1	zandakker	9.3	0.07	0.9	5.7	0.9
1	zandakker	40.8	0.18	0.8	10.1	2.5
1	zandakker	15.5	0.27	0.9	7.4	0.8
1	zandakker	20.6	0.09	0.9	4.0	1.0
1	zandakker	43.8	0.20	0.9	14.9	2.8
1	zandakker	14.5	0.05	0.9	4.9	0.3
1	zandakker	57.6	0.24	1.0	21.2	4.4
1	zandakker	42.8	0.06	0.4	8.6	0.1
1	zandakker	11.8	0.33	3.2	7.0	1.9
1	zandakker	37.2	0.39	2.0	11.4	1.6
1	zandakker	83.0	0.08	1.0	17.2	2.7
1	zandakker	11.2	0.01	0.6	4.7	1.7
2	zandakker	22.4	0.08	0.8	12.2	1.4
2	zandakker	16.8	0.14	0.8	4.9	0.9
2	zandakker	20.9	0.10	0.7	9.6	1.3
2	zandakker	13.4	0.28	1.4	4.4	0.5
2	zandakker	20.5	0.13	1.9	8.1	1.0
2	zandakker	30.8	0.06	1.1	10.7	2.7
2	zandakker	22.4	0.11	0.7	9.9	1.7
2	zandakker	83.4	0.54	4.1	8.2	0.7
2	zandakker	11.8	0.17	1.5	10.1	1.1
2	zandakker	18.4	0.10	1.3	13.1	1.3
2	zandakker	14.7	0.01	0.7	13.0	0.7
2	zandakker	11.0	0.07	0.8	8.8	1.2
3	zandakker	37.0	0.06	1.6	5.3	0.2
3	zandakker	24.7	0.13	2.5	5.9	0.5
3	zandakker	83.7	0.02	0.8	15.2	4.1
3	zandakker	69.2	0.21	1.6	14.1	1.0
3	zandakker	6.2	0.14	1.5	10.8	1.4
3	zandakker	17.8	0.02	0.8	7.0	0.7
3	zandakker	32.1	0.05	1.0	14.9	0.8
3	zandakker	46.7	0.10	0.8	4.3	0.6
3	zandakker	9.7	0.04	0.7	5.6	0.4
3	zandakker	14.8	0.20	2.0	10.0	1.1
3	zandakker	41.8	0.19	3.1	10.6	1.6
3	zandakker	15.5	0.43	2.9	11.9	2.4
3	zandakker	9.9	0.08	1.2	8.6	0.6
3	zandakker	12.5	0.21	3.8	12.5	1.7
3	zandakker	25.9	0.06	1.0	16.5	0.4
3	zandakker	14.2	0.06	1.1	9.8	0.2
4	zandakker	72.3	0.03	0.8	6.4	0.6
4	zandakker	22.1	0.06	2.3	8.5	0.9
4	zandakker	13.6	0.31	2.1	6.6	1.1
4	zandakker	16.7	0.24	1.9	7.0	0.8
4	zandakker	13.0	0.03	0.8	3.3	0.3
4	zandakker	18.5	0.19	1.3	10.4	1.5
4	zandakker	23.5	0.36	1.1	10.1	1.7
4	zandakker	16.5	0.08	0.7	11.6	0.9
4	zandakker	24.5	0.12	0.5	8.1	0.8
4	zandakker	33.0	0.29	1.1	9.5	1.0
4	zandakker	14.1	0.04	1.1	8.6	0.3
4	zandakker	45.7	0.62	6.9	20.1	0.9

(voor aluminium: drinkwaternorm i.p.v. streefwaarde)
 (voor aluminium: > 5 x drinkwaternorm)

Bijlage 4 Normoverschrijdingen stikstof en fosfor

Gebied:	Cluster:	Gebiedsnaam:	Landgebruik:	NO3 mg/l 1997	NO3 mg/l 1999	P-tot mg/l 1997	P-tot mg/l 1999	P-ortho mg/l 1997	P-ortho mg/l 1999
1	1	noordelijke gelderse vallei	gras	158.5	0.5	0.205	0.757	0.153	0.802
1	1	noordelijke gelderse vallei	gras	1.0	0.1	0.873	2.690	0.820	3.106
1	1	noordelijke gelderse vallei	gras	33.3	0.1	0.110	0.309	0.075	0.359
1	1	noordelijke gelderse vallei	gras	446.3	75.4	0.028	0.051	0.015	0.060
2	1	uddel-elspeet-speuld-garderen	gras	64.8	0.1	0.055	0.023	0.038	0.025
2	1	uddel-elspeet-speuld-garderen	gras	69.0	0.5	0.070	0.151	0.025	0.135
2	1	uddel-elspeet-speuld-garderen	gras	39.8	3.1	0.065	0.019	0.040	0.025
2	1	uddel-elspeet-speuld-garderen	gras	232.0	5.2	0.080	0.147	0.015	0.088
5	1	de driesprong	gras	153.3	9.0	0.045	0.033	0.028	0.049
5	1	de driesprong	gras	22.0	13.9	0.238	0.713	0.155	0.744
5	1	de driesprong	gras	88.8	7.0	0.113	0.237	0.063	0.234
3	2	noord-oost veluwe	gras	2.5	0.2	0.178	0.036	0.100	0.029
3	2	noord-oost veluwe	gras	1.3	0.1	0.103	0.063	0.080	0.063
3	2	noord-oost veluwe	gras	1.0	0.0	0.065	0.062	0.035	0.043
3	2	noord-oost veluwe	gras	22.5	0.5	0.038	0.055	0.016	0.051
4	2	harderwijk-elburg	gras	105.3	2.1	0.083	0.069	0.044	0.053
4	2	harderwijk-elburg	gras	1.0	0.0	0.613	0.368	0.548	0.231
4	2	harderwijk-elburg	gras	1.0	0.0	0.110	1.359	0.065	1.514
4	2	harderwijk-elburg	gras	3.9	0.3	0.089	0.062	0.055	0.038
6	2	zuidelijke ijsselvallei	gras	187.8	66.7	0.090	0.029	0.070	0.047
6	2	zuidelijke ijsselvallei	gras	181.5	1.2	0.050	0.074	0.021	0.019
6	2	zuidelijke ijsselvallei	gras	4.0	0.2	0.045	0.126	0.028	0.146
6	2	zuidelijke ijsselvallei	gras	232.5	74.8	0.158	0.032	0.128	0.036
7	3	hummelo-keppel	gras	128.9	43.3	0.032	0.039	0.021	0.029
7	3	hummelo-keppel	gras	61.6	19.0	0.038	0.026	0.022	0.020
8	3	de graafschap	gras	1.8	21.2	0.083	0.013	0.013	0.025
8	3	de graafschap	gras	179.5	130.1	0.089	0.019	0.034	0.029
8	3	de graafschap	gras	302.5	13.1	0.054	0.051	0.021	0.051
8	3	de graafschap	gras	58.8	0.1	0.125	0.032	0.028	0.037
11	3	groesbeek	gras	406.3	93.4	0.055	0.053	0.041	0.045
11	3	groesbeek	gras	109.8	58.2	0.060	0.078	0.048	0.062
11	3	groesbeek	gras	305.0	9.4	0.098	0.138	0.089	0.032
11	3	groesbeek	gras	254.3	99.8	0.033	0.040	0.019	0.033
12	3	neede-borculo	gras	156.8	4.6	0.133	0.087	0.111	0.020
12	3	neede-borculo	gras	30.0	0.2	0.178	0.039	0.136	0.040
12	3	neede-borculo	gras	75.8	30.2	0.238	0.041	0.200	0.050
13	3	winterswijk	gras	27.9	44.1	0.151	0.059	0.063	0.040
13	3	winterswijk	gras	142.8	76.3	0.051	0.113	0.040	0.028
13	3	winterswijk	gras	224.3	34.5	0.068	0.040	0.038	0.038
9	4	achterhoek	gras	35.0	26.7	0.088	0.105	0.036	0.031
9	4	achterhoek	gras	227.8	0.3	0.011	0.026	0.006	0.034
9	4	achterhoek	gras	107.0	22.1	0.038	0.014	0.029	0.015
9	4	achterhoek	gras	36.8	7.0	0.133	0.116	0.073	0.031
10	4	veluwe	gras	9.5	0.3	0.075	0.050	0.038	0.052
10	4	veluwe	gras	35.9	11.0	0.109	0.081	0.092	0.054
10	4	veluwe	gras	5.0		0.073		0.035	
10	4	veluwe	gras	166.0	27.0	0.059	0.759	0.047	0.817
10	4	veluwe	gras	127.8	0.0	0.055	0.678	0.030	0.626
10	4	veluwe	gras	15.3	5.1	0.155	0.132	0.098	0.116
10	4	veluwe	gras	6.5	0.3	0.220	2.864	0.165	2.970
1	1	noordelijke gelderse vallei	naaldbos	41.3	46.6	0.035	0.110	0.013	0.033
1	1	noordelijke gelderse vallei	naaldbos	52.1	18.9	0.025	0.175	0.008	0.024
2	1	uddel-elspeet-speuld-garderen	naaldbos	46.5	24.0	0.030	0.239	0.015	0.018
2	1	uddel-elspeet-speuld-garderen	naaldbos	47.7	24.9	0.020	0.051	0.005	0.014
5	1	de driesprong	naaldbos	34.1	21.4	0.025	0.036	0.008	0.013
5	1	de driesprong	naaldbos	104.6	36.6	0.060	0.085	0.035	0.018
3	2	noord-oost veluwe	naaldbos	49.1	23.3	0.020	0.025	0.005	0.015
3	2	noord-oost veluwe	naaldbos	39.6	7.2	0.025	0.419	0.008	0.113
4	2	harderwijk-elburg	naaldbos	38.0	29.7	0.040	0.029	0.005	0.016
4	2	harderwijk-elburg	naaldbos	46.5	39.0	0.015	0.037	0.005	0.063
6	2	zuidelijke ijsselvallei	naaldbos	39.6	20.6	0.025	0.070	0.008	0.013
7	3	hummelo-keppel	naaldbos	78.5	18.6	0.040	0.050	0.008	0.015
7	3	hummelo-keppel	naaldbos	43.2	27.4	0.035	0.031	0.010	0.018
7	3	hummelo-keppel	naaldbos	49.6	44.0	0.020	0.036	0.008	0.047
8	3	de graafschap	naaldbos	75.8	46.1	0.030	0.191	0.008	0.063
8	3	de graafschap	naaldbos	52.4	28.1	0.030	0.040	0.008	0.069
8	3	de graafschap	naaldbos	61.7	29.7	0.020	0.018	0.005	0.013
8	3	de graafschap	naaldbos	119.1	39.5	0.025	0.027	0.008	0.000
8	3	de graafschap	naaldbos	37.4	41.9	0.020	0.028	0.008	0.000
9	4	achterhoek	naaldbos	38.6	91.6	0.025	0.036	0.008	0.017
9	4	achterhoek	naaldbos	51.8	34.7	0.020	0.074	0.005	0.018
9	4	achterhoek	naaldbos	53.4	39.0	0.035	0.024	0.010	0.000
10	4	veluwe	naaldbos	79.9	18.9	0.030	0.048	0.005	0.018
10	4	veluwe	naaldbos	43.5	21.2	0.020	0.010	0.005	0.013
10	4	veluwe	naaldbos	50.1	30.8	0.025	0.023	0.005	0.014
10	4	veluwe	naaldbos	56.4	30.8	0.020	0.017	0.005	0.021
10	4	veluwe	naaldbos	32.7	31.2	0.030	0.014	0.018	0.000
10	4	veluwe	naaldbos	64.4	34.0	0.030	0.012	0.008	0.000

Gebied:	Cluster:	Gebiedsnaam:	Landgebruik:	NO3 mg/l 1997	NO3 mg/l 1999	P-tot mg/l 1997	P-tot mg/l 1999	P-ortho mg/l 1997	P-ortho mg/l 1999
1	1	noordelijke gelderse vallei	zandakker	175.1	78.9	0.105	0.320	0.045	0.020
1	1	noordelijke gelderse vallei	zandakker	133.7	43.9	0.479	1.712	0.289	0.901
1	1	noordelijke gelderse vallei	zandakker	165.2	58.5	0.055	0.212	0.025	0.038
1	1	noordelijke gelderse vallei	zandakker	119.3	48.4	0.065	0.270	0.025	0.535
2	1	uddel-elspeet-speuld-garderen	zandakker	116.5	123.6	5.408	2.428	5.218	1.698
2	1	uddel-elspeet-speuld-garderen	zandakker	115.5	58.2	0.115	0.339	0.035	0.041
2	1	uddel-elspeet-speuld-garderen	zandakker	86.2	47.4	1.268	3.410	0.763	2.198
2	1	uddel-elspeet-speuld-garderen	zandakker	105.1	42.3	0.795	1.321	0.595	0.724
5	1	de driesprong	zandakker	415.2	40.9	0.060	0.425	0.020	0.028
5	1	de driesprong	zandakker	694.9	132.8	0.659	2.128	0.524	1.538
5	1	de driesprong	zandakker	198.5	114.6	1.188	1.512	0.988	0.830
5	1	de driesprong	zandakker	95.3	87.1	0.110	0.060	0.030	0.045
3	2	noord-oost veluwe	zandakker	87.5	58.1	1.162	3.308	0.962	2.719
3	2	noord-oost veluwe	zandakker	116.4	107.0	0.252	0.121	0.097	0.061
3	2	noord-oost veluwe	zandakker	115.6	56.4	0.482	0.724	0.302	0.176
3	2	noord-oost veluwe	zandakker	133.7	44.8	0.065	0.084	0.025	0.018
4	2	harderwijk-elburg	zandakker	474.3	84.4	0.045	1.248	0.020	1.433
4	2	harderwijk-elburg	zandakker	218.1	47.2	0.223	2.246	0.088	0.369
4	2	harderwijk-elburg	zandakker	138.9	79.1	0.716	0.721	0.581	0.438
4	2	harderwijk-elburg	zandakker	897.3	511.8	0.566	0.653	0.366	0.131
6	2	zuidelijke ijsselvallei	zandakker	185.7	72.4	0.120	0.367	0.055	0.046
6	2	zuidelijke ijsselvallei	zandakker	121.9	61.5	0.250	0.864	0.130	0.072
6	2	zuidelijke ijsselvallei	zandakker	97.2	114.5	0.297	0.389	0.147	0.041
6	2	zuidelijke ijsselvallei	zandakker	77.0	83.7	0.160	0.654	0.040	0.022
7	3	hummelo-keppel	zandakker	85.1	121.9	0.020	0.040	0.005	0.038
7	3	hummelo-keppel	zandakker	154.8	76.0	0.045	0.019	0.033	0.016
7	3	hummelo-keppel	zandakker	44.8	98.8	0.361	0.251	0.256	0.024
8	3	de graafschap	zandakker	265.6	98.3	0.075	0.446	0.035	0.106
8	3	de graafschap	zandakker	183.4	89.8	0.100	0.156	0.025	0.025
8	3	de graafschap	zandakker	109.5	48.6	0.035	0.133	0.013	0.016
8	3	de graafschap	zandakker	177.5	242.7	0.040	0.073	0.018	0.017
12	3	neede-borculo	zandakker	147.0	66.1	0.065	0.027	0.025	0.113
12	3	neede-borculo	zandakker	177.5	132.6	0.075	0.104	0.035	0.951
12	3	neede-borculo	zandakker	384.0	93.2	0.095	0.069	0.035	0.016
13	3	winterswijk	zandakker	709.1	152.6	0.065	0.220	0.035	0.022
13	3	winterswijk	zandakker	402.6	186.1	0.175	0.147	0.030	0.024
13	3	winterswijk	zandakker	150.9	197.6	0.105	0.077	0.020	0.021
13	3	winterswijk	zandakker	254.1	133.9	0.110	0.066	0.030	0.017
15	3	gelderse poort	zandakker	106.2	70.0	0.130	0.208	0.015	0.017
15	3	gelderse poort	zandakker	102.8	36.9	0.035	0.464	0.015	0.021
9	4	achterhoek	zandakker	276.4	431.5	0.619	0.769	0.574	0.838
9	4	achterhoek	zandakker	449.0	50.6	0.090	0.126	0.055	0.027
9	4	achterhoek	zandakker	528.7	84.8	0.040	0.083	0.015	0.028
9	4	achterhoek	zandakker	346.4	91.8	0.050	0.068	0.028	0.017
10	4	veluwe	zandakker	102.2	58.7	0.050	0.116	0.025	0.069
10	4	veluwe	zandakker	487.3	84.6	0.253	1.606	0.053	0.342
10	4	veluwe	zandakker	325.9	68.8	0.698	1.634	0.528	0.997
10	4	veluwe	zandakker	129.5	80.4	2.765	1.612	2.715	1.420
10	4	veluwe	zandakker	202.1	110.9	0.262	0.347	0.087	0.049
10	4	veluwe	zandakker	162.7	82.1	2.252	0.742	2.150	0.214
10	4	veluwe	zandakker	222.8	905.1	0.030	0.096	0.010	0.017
10	4	veluwe	zandakker	259.7	109.1	0.190	0.492	0.070	0.075

	normoverschrijding
	meer dan 5-voudige normoverschrijding

NORMEN:	Nitraat:	50 mg/L
	Totaal fosfor	0.15 mg/L
	Orthofosfaat	0.10 mg/L