



ALTERRA

WAGENINGEN UR

Evaluatie bodem- en grondwatermeetnet provincie Zuid-Holland

R.P.J.J. Rietra
J.C.H. Voogd
D.J. Brus

Alterra-rapport 1493, ISSN 1566-7197



Evaluatie bodem- en grondwatermeetnet provincie Zuid-Holland

In opdracht van provincie Zuid-Holland.

Evaluatie bodem- en grondwatermeetnet provincie Zuid-Holland

**R.P.J.J. Rietra
J.C.H. Voogd
D.J. Brus**

Alterra-rapport 1493

Alterra, Wageningen, 2007

REFERAAT

Rietra, R.P.J.J., J.C.H. Voogd en D.J. Brus, 2007. *Evaluatie bodem- en grondwatermeetnet provincie Zuid-Holland*. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 1493. 47 blz.; 20 fig.; 10 tab.; 21 ref.

In opdracht van de provincie Zuid-Holland zijn de bodem- en grondwaterkwaliteitsdata afkomstig van de provinciale meetnetten geëvalueerd. Hiervoor zijn trends in de bodem- en grondwaterkwaliteit in de periode 1990-2006 berekend. Significante veranderingen en betrouwbaarheidsgrenzen zijn berekend per locatie en filter. De gegevens zijn voor elke parameter geaggregeerd per grondwaterzone (Maas en Rijn, en bij Rijn een indeling in zoet, zout en duin) en diepte (freatisch, 5-15 en 15-30m). De kwaliteit van de gegevens is gecontroleerd door de berekening van de ionenbalansen, en vergelijking en correlaties tussen parameters. Er zijn geen relaties gezocht tussen bodem- en grondwater omdat de gegevens op het moment van opdrachtverlening nog niet waren geïntegreerd in één dataset.

Het aantal grondwatermonsters uit het bodemmeetnet waarvoor een ionenbalans berekend kan worden is zeer beperkt door het beperkt aantal bepaalde parameters in veel grondwatermonsters. Voor de grondwatermonsters waarvoor ionenbalansen berekend konden worden, en grondmonsters waarvoor via vergelijkingen en correlaties naar uitbijters is gezocht, zijn geen belangrijke fouten gevonden. Voor een aantal parameters zijn significante trends gevonden per zone: vooral bij sulfaat in grondwater. Het aantal relevante trends, dat wil zeggen een jaarlijkse toe- of afname groter dan 5% van de streefwaarde is beperkt tot fosfaat in dieper grondwater in de zone zoet en zout.

Trefwoorden Zuid Holland, meetnet, grondwater, bodem, trend

ISSN 1566-7197

Dit rapport is digitaal beschikbaar via www.alterra.wur.nl. Een gedrukte versie van dit rapport, evenals van alle andere Alterra-rapporten, kunt u verkrijgen bij Uitgeverij Cereales te Wageningen (0317 46 66 66). Voor informatie over voorwaarden, prijzen en snelste bestelwijze zie www.boomblad.nl/rapportenservice

© 2007 Alterra
Postbus 47; 6700 AA Wageningen; Nederland
Tel.: (0317) 474700; fax: (0317) 419000; e-mail: info.alterra@wur.nl

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

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

Inhoud

| | |
|---|----|
| Samenvatting | 7 |
| 1 Inleiding | 9 |
| 1.1 Probleemstelling | 9 |
| 1.2 Achtergrond | 9 |
| 1.3 Projectdoelstelling | 9 |
| 2 Methoden | 11 |
| 2.1 Data | 11 |
| 2.2 zonerings | 12 |
| 2.3 Kwaliteitslabels dataset | 13 |
| 2.4 Trendonderzoek | 15 |
| 3 Resultaten | 17 |
| 3.1 Zonering | 17 |
| 3.2 Kwaliteitslabels | 17 |
| 3.3 Overzicht van trends | 20 |
| 4 Conclusies | 27 |
| Literatuur | 29 |
| Bijlage 1 Kwaliteit datasets | 31 |
| Bijlage 2 Per grondwaterlichaam geaggregeerde trends | 35 |
| Bijlage 3 Trends per parameter per bemonsteringslocatie | 47 |

Samenvatting

In aanloop naar een verkenning van de behoefte aan monitoringsgegevens zijn trends opgespoord in de bestaande dataset van provinciale bodem- en grondwatergegevens. De kwaliteit en trends van de provinciale bodem- en grondwatergegevens zijn berekend volgens standaardmethoden. De toestand en de trends van grondwater in Zuid-Holland zijn eerder beschreven van het provinciale meetnet grondwaterkwaliteit (PMG vanaf 1989 tot 1996) en het landelijke meetnet grondwaterkwaliteit (LMG vanaf 1980 tot 1996)(Absil en Bronswijk, 1998). In het huidige onderzoek zijn de trends van 1990 tot en met 2004 beschreven per grondwaterlichaam (Rijn: duin, zoet, brak, en Maas) vanwege de hogere betrouwbaarheid van de gegevens na 1990. Trends in de bodemkwaliteit en het bovenste grondwater zijn berekend op basis van een beperkt aantal meetjaren.

Geconstateerd is dat de kwaliteit van de grondwatergegevens van het bovenste grondwater zeer beperkt getoetst kan worden omdat in de meeste grondwatermonsters maar beperkt analyses zijn uitgevoerd. De kwaliteit van de grondwatergegevens van Zuid-Holland in het PMG is goed. Op het moment dat het onderzoek gestart is waren de gegevens nog onvoldoende ontsloten via DINO zodat de data van het bodemmeetnet, het PMG en het LMG elke apart zijn geanalyseerd.

Het aantal significante trends in het diepere grondwater van Zuid-Holland beperkt zich voornamelijk tot macrochemie (dalingen van voornamelijk SO_4) en een enkele keer betreft het fosfaat, of één van de zware metalen. Relevante trends, dat wil zeggen veranderingen groter of kleiner dan 5% van de streefwaarde hebben zich alleen voorgedaan bij fosfaat in het dieper grondwater in de zone duin en de zone brak, en bij fosfaat in het freatische grondwater in de zone duin.

1 Inleiding

1.1 Probleemstelling

Ter voorbereiding van de verkenning van de monitoringsbehoefte van de provincie Zuid-Holland is het noodzakelijk een evaluatie uit te voeren, zodat minimaal inzicht bestaat in de trendverandering in de bodem- en grondwaterkwaliteit. De provincie heeft twee monitoringsmeetnetten. De eerste is het trendmeetnet voor bodemkwaliteit. En de tweede is het provinciale meetnet grondwater (PMG).

1.2 Achtergrond

Trendmeetnet (bodemkwaliteitsmeetnet)

Het trendmeetnet is in 1995 opgericht voor het monitoren van de mate van eutrofiering in bodem- en grondwater. Vanaf 1995 zijn met vaste regelmaat bemonsteringen uitgevoerd voor het thema vermessing. Het Trendmeetnet is een bodemkwaliteitsmeetnet dat gericht is op het waarnemen van trendmatige veranderingen in het bodem- en het freatische grondwater van de provincie Zuid-Holland. Dit trendmeetnet wordt uitgevoerd voor de thema's Verspreiding en Vermesting. In 2003/2004 heeft de provincie eenmalig een meetnetverdichting uitgevoerd voor het project Bodem in beeld (Anonymus, 2004).

Provinciaal Meetnet grondwater (PMG)

De provincie heeft voor het grondwatermeetnet in 1987 (Bloemendaal et al, 1988) een ontwerp gemaakt van het huidige Provinciale meetnet met filterstellingen van 3, 5, 10, 15, 25 meter minus maaiveld. De doelstellingen van het meetnet zijn:

- a Het vaststellen van natuurlijke' achtergrondconcentraties van de belangrijkste kwaliteitsparameters;
- b Het vaststellen van trendmatige wijzigingen in de grondwaterkwaliteit, waarbij de aandacht geconcentreerd dient te worden op wijzigingen door diffuse verontreinigingen van het grondwater ten gevolge van menselijke activiteiten;
- c Het bewaken van de grondwaterkwaliteit in bijzondere gebieden.

Alle bodem- en grondwaterkwaliteitgegevens (trendmeetnetten) zijn geregistreerd in de DINO database van TNO.

1.3 Projectdoelstelling

Het doel van deze evaluatie van het bodem- en grondwatermeetnet:

- 1 Het vaststellen van trendmatige wijzigingen in de bodem- en grondwaterkwaliteit met behulp van een methodische analyse van de DINO-data;

- 2 Het uitwerken van een voorstel voor een nieuwe grondwatersysteemindeling (freatisch grondwater) t.b.v. de trendanalyse voor de gevraagde evaluatie;
- 3 Het bepalen van de kwalitatieve relatie tussen bodem- en grondwater in de periode 1990-2006.

De uitgangspunten van het project zijn:

- a de data worden opgevraagd bij DINO.
- b een kwaliteitscontrole van de provinciale data op basis van ionenbalansen en/of vergelijkbare methodieken.
- c de nieuwe indelingen van de freatische grondwatersystemen dienen geschikt te zijn voor het kunnen leggen van modelmatige relaties tussen grondwater en oppervlaktewater en EHS (Ecologische Hoofdstructuur) gebieden en zouden moeten aansluiten op de Kader Richtlijn Water en de EU strategie voor grondwaterlichamen.
- d de provincie stelt een grondwaterzoning ter beschikking voor het diepere grondwatersysteem (verzadigde zone tot basis 1^e watervoerende pakket). Deze zoning is gebaseerd op de grondwaterlichaamindeling van de Kader Richtlijn Water;
- e er is een provinciale bodemkwaliteitszoning beschikbaar (0-0,5, 0,5-2,0 meter minus maaiveld);
- f het afleiden van de trends dient ook in de diepte (3D) plaats te vinden per bodemlaag en/of grondwatersysteemindeling (KRW-indeling en/of freatisch).

2 Methoden

2.1 Data

Er zijn gedurende het project meerdere keren data verstuurd aan Alterra. De eerste aanlevering van 20 oktober 2006 uit DINO bleek niet de meetnetgegevens van het grondwater te bevatten. De datasets zijn niet direct uit DINO afkomstig omdat TNO nog bezig is met het aanpassen van de data ten behoeve van DINO.

Tabel 1 Behandelde datasets

| | Beschrijving data | Naam bestand | e-mail van datum | Commentaar Alterra |
|---|---|--|----------------------------|---|
| 1 | bodem en freatisch gw Zuid-Holland | Prod_export_zh-LOC-QUA20.csv Prod_export_zh-MSM-QUA20.csv Prod_export_zh-SMP-QUA20.csv ¹ | Allard TNO 20okt2006 | PMG gegevens missen hierin |
| 2 | Gewasbeschermings Onderzoeken 2004/2005 | Verificatie 98 M.csv brede screening A.csv brede screening M.csv lijst 2000 mj 2004 A.csv lijst 2000 mj 2004 M. csv verificatie 00 A.csv verificatie 00 M. csv verificatie 98 A.csv | Sprang ZH 15 nov 2006 | |
| 3 | Provinciaal Meetnet Grondwater | Pmg_commaseparated_vanaf 1990.txt | Sprang ZH 15 nov 2006 | bevat PMG 1990 t/m 2004 |
| 4 | Landelijk Meetnet Grondwater | LMG ZH vanaf 1990.txt Tech geg LMG ZH.xls | Sprang ZH 20/30nov 2006 | bevat LMG 1990 t/m 2003, en PMG 1990 t/m 2000 |
| 5 | Gewasbeschermings Onderzoek 1998 | IWACO 1998 gewasbeschermingsmiddelen 1-2.xls | Sprang ZH 23 nov 2006 | 23 locaties |
| 6 | Gewasbeschermings Onderzoek Blgg 1998 en 1999 | 2 rapporten | | 68 locaties |
| 7 | Gewasbeschermings Onderzoek 1990 en 1994 | | | RIVM ² |
| 8 | Gewasbeschermings Onderzoek 1990,1991 en 1992 | | | RIVM |
| 9 | PMG | NAP gegevens PMG.xls ³ | Sprang ZH 2 feb 2007 | |

¹ bodem- en grondwatergegevens, commentaar TNO bij deze dataset: "metingnummers zijn niet juist, parameternamen zijn nog niet uniform".

²Boland, J., Van den Berg, R., Van der Linden, A.M.A., Inventarisatie van het voorkomen van bestrijdingsmiddelen in het diepe grondwater in Nederland in 1992, RIVM-rapport 7248140, juli 1994, RIVM, De Bilt;

Lagas, P., Van Maaren, H.L.J., Heusinkveld, H.A.G., Van der Weeden, W.N., Koeleman, M., Onderzoek naar het vóórkomen van bestrijdingsmiddelen in het grondwater in de provincie Zuid-Holland, RIVM-rapport 725803001, oktober 1990, De Bilt.

³hoogte maaiveld ten opzichte NAP uit: Provincie Zuid-Holland (1989)

2.2 zonerings

Gevraagd is of het mogelijk is om te komen tot een verbeterde indeling van de freatische grondwatersystemen. Een eventuele nieuwe indeling van de freatische grondwatersystemen dient geschikt te zijn voor het leggen van modelmatige relaties tussen grond- en oppervlaktewater, en zouden moeten aansluiten bij de KRW en de EU strategie voor grondwaterlichamen. De huidige indeling is de indeling van het provinciale bodemmeetnet of de indeling voor het diepere grondwater (Rijn: zoet, zout, duin, en Maas).

Overwegingen zijn: voor de uitspoeling van stikstof en fosfaat op landelijke schaal is er een landelijke indeling van de hydrologie STONE. Dat geeft een zeer gedetailleerde indeling die een relatie legt tussen de freatische grondwatersystemen en de uitspoeling naar het oppervlaktewater. Het toekennen van een bepaalde samenstelling (meetnetgegevens) aan bepaalde fluxen (STONE) geeft directe vertaling van het transport van stoffen in het freatische grondwater in de richting van het grondwater en oppervlaktewater.

De indeling van de bodemkwaliteitskaart landelijk gebied (Postma, 2004) is als volgt: 17 zones worden onderscheiden voor de bovengrond op basis van bodemtype en landgebruik (er zijn twee sub-zones). Voor de ondergrond is een opdeling in 10 ondergrondzones. De indeling is bedoeld om de omgang met grondverzet te faciliteren.

Bovengrondzone (gras 0-10, akker en boomgaarden 0-30cm, rest 0-25 cm).

| | bovengrondzone | bodemtype | landgebruik |
|----|--------------------------------|---------------------------------|-----------------------|
| 1 | Alblasserwaard | Klei of veen | Grasland |
| 2 | Bollenstreek | Dikke eerdgronden | Grasland |
| 3 | Boomgaarden | Rivierklei of zeeklei | Boomgaard |
| 4 | Boskoop | Veen | Boomgaard of kwekerij |
| 5 | Ijsselmonde | Zeeklei | Grasland of akkerbouw |
| 6 | Krimpenerwaard | Veen of klei | grasland |
| 7 | Kuststrook | Zand | Braak of bos |
| 8 | Kuststrook agrarisch | Zand, of zand op veen (op zand) | Grasland of akkerbouw |
| 9 | Lek/Maas-systeem zuid | Rivierklei of zeeklei | grasland |
| 10 | Midden-Delfland | Veen, moerig of zeeklei | grasland |
| 11 | NO-veenweidegebied | Veen (mogelijk toemaakdek) | grasland |
| 12 | Oostelijke oude zeekleipolders | Zeeklei | akkerbouw |
| 13 | Oude Rijn | Rivierklei of zeeklei | grasland |
| 14 | Rand noordelijke polders | Veen, moerig of zeeklei | grasland |
| 15 | Rand zuidelijke polders | Veen, moerig of zeeklei | grasland |
| 16 | Toemaakdekken | Veen (toemaakdek) | grasland |
| 17 | Zeepolders Leiden | Zeeklei of moerig | grasland |
| 18 | Zeepolders Zoetermeer | Klei of moerig | grasland |
| 19 | Zuid-Hollandse Eilanden | zeeklei | akkerbouw |

Ondergrondzone (meestal 0,5-1,0 m)

| ondergrondzone | bodentype | Bovengrondzone |
|-----------------------------------|--|----------------|
| 20 Bollenstreek | zand | 2 |
| 21 duinzand | zand | 7, 8 |
| 22 hollandveen | veen | 1,6,8, 16 |
| 23 Hollandveen, infiltratiegebied | Veen | 4, 15 |
| 24 Ijsselmonde | klei | 3, 5 |
| 25 Jonge zeeklei | klei | 3, 19 |
| 26 Lek/Maas-systeem zuid | Klei | 9 |
| 27 Midden-Delfland | Veen, moerig of zeeklei | 10 |
| 28 Oude rijn | klei | 13, 17, 18 |
| 29 Oude zeeklei | klei | 12,14 |
| 30 westland | Zand of zeeklei of warmoezerijgrond of veen | |

2.3 Kwaliteitslabels dataset

Een kwaliteitscontrole van de provinciale grondwatergegevens is standaardprocedure die vaak wordt toegepast (zie Rietra et al. 2003, van der Grift et al., 2003) en welke ondersteund wordt door rekenprogramma's voor de berekening van chemische evenwichten in water. Op basis van de gemeten concentraties wordt de chemische speciatie berekend, de ionensterkte, de som anionen en de som kationen, de ionenbalans en verzadiging t.o.v. bekende mineralen. Aangezien laboratoria meestal een goede kwaliteitscontrole hebben zijn grote afwijkingen niet structureel mogelijk behalve fouten zoals verkeerde coderingen. Op basis van de monsters en het type analyses kunnen toch enige ongewenste afwijkingen optreden. Meestal zijn de data gebaseerd op de analyse van een monster in het veld, een laboratoriumanalyse aan een onaangezuurd monster (EC, DOC, IC, PO₄, Cl, NO₃, NH₄ etc.), en laboratoriumanalyse aan een aangezuurd monster (zware metalen en kationen). Variaties hierin zijn bijvoorbeeld: de meting van DOC in een aangezuurd monster, en het in het laboratorium analyseren van met verschillende zuren aangezuurde monsters (H₂SO₄, HNO₃). Laboratoria controleren niet op de totale samenstelling van het oorspronkelijke monsters. Zo kan het voorkomen dat een verkeerd aangezuurd monster goed wordt geanalyseerd maar ongemerkt toch met een verkeerde samenstelling in de database terecht komt.

Na de berekening worden de volgende kwaliteitscontroles uitgevoerd aan de grondwater- gegevens:

1. het is wenselijk dat de ionenbalans kleiner is dan 15%. Indien de ionenbalans groter is dan ongeveer 5% dan kan het zijn dat de samenstelling van de macro-ionen (Ca, Mg, K, Na, SO₄, Cl, HCO₃) niet klopt. Dit kan gebeuren als monsters verwisseld zijn. Dit hoeft in een laboratorium niet op te vallen omdat de metingen van de anionen en kationen (zie bovenstaande tekst) vaak in verschillende sub-monsters gebeurt. Overigens is het zeer wel mogelijk om bij monsters met hoge DOC concentraties hoge afwijkingen (5-15%) te hebben (DOC kan voornamelijk niet goed meegenomen worden in berekeningen), en bij monsters waarin geoxideerd Fe met daarin gebonden ionen uitgezakt is (bijvoorbeeld: Fe meet je in

het zure deelmonster wel, de uitgezakte anionen in het onaangezuurde deelmonster niet).

2. Vergelijking EC-veld en EC-lab, en vergelijking pH -veld en pH-lab. De EC-veld mag wat hoger zijn dan EC-lab bij monster die verzadigd zijn met CO₂, omdat op de weg naar het laboratorium door het neerslaan van CaCO₃ de EC iets daalt. Door het neerslaan of ontsnappen van CO₂ kan de pH-lab hoger zijn dan pH-veld. Indien beschikbaar wordt meting van alkaliniteit of IC uitgezet tegen pH. Dit geeft een beeld van de mate van oververzadiging t.o.v. calciet. Ook kan een rol spelen dat de in het laboratorium geanalyseerde monsters mengmonsters zijn. Grote afwijkingen worden in combinatie met de volgende stappen onderzocht.
3. Vergelijking som anionen en som kationen met EC-lab. Beide moeten volgens de bekende relatie (EC in uS/cm = 0,01 x som kationen of som anionen in meq/l) gerelateerd zijn. Belangrijke afwijkingen in de relatie geven aan wat fout is gegaan: de analyse van de anionen of kation (macro-ionen: Ca, Mg, K, Na, SO₄, Cl, HCO₃).
4. Vergelijking ijzer met nitraat. Indien de geanalyseerde monsters niet bestaan uit mengmonsters is het niet mogelijk dat er significante hoeveelheden nitraat en ijzer samen in een grondmonster zitten.
5. Verzadiging t.o.v. mineralen, en de verhoudingen tussen enige zware metalen. Zware metalen komen in Nederland zelden voor in hoeveelheden dat ze tot verzadiging leiden. Door typefouten of verkeerde eenheden kunnen verkeerde gegevens in de database zitten. Verhouding Cd met Zn. De verhouding tussen Cd en Zn (beide in mg/l) ligt in Nederland meestal grofweg rondom de 100. Grote afwijkingen kunnen wijzen op een verkeerd gebruik van eenheden (ug/l i.p.v. mg/l). Dit is relevant omdat de analyse van As, Cd, Cr, Cu, Pb, Se, V, Hg etc. niet plaatsvindt op ICP-AES maar op oven-AAS of ICP-MS. Naast het gebruik van andere apparatuur is het ook mogelijk dat monsters verdund zijn voor specifiek deze apparatuur.

De volgende kwaliteitscontroles worden uitgevoerd aan de bodemgegevens.

1. Er zijn voor een aantal zware metalen goede relaties met Al, Fe en kleigehalten: met name voor As, Co, Ni, V en Zn en tussen stoffen onderling (Cr, Ni, V, Ni, Co, Be, zie AW2000).
2. Een oververzadiging van fosfaat (in oxalaatextract) ten opzichte van ijzer en aluminium is zeldzaam (in het geval P- kunstmest in het grondmonster zat).
3. Er is een grove relatie tussen Pw en P-Al. Indien die er niet is kunnen er fouten gemaakt zijn bij de eenheden (verschillende eenheden worden gebruikt: P₂O₅ of P, per 100 gram of per kg).
4. Er is een relatie tussen pH bodem en de aanwezigheid van kalk.

De kwaliteitslabel voor grondwater kan dan luiden: ionenbalans, de geconstateerde afwijking van de gewenste kwaliteit. De uiteindelijk te gebruiken kwaliteitslabel kan het beste in overleg met provincie Zuid-Holland en DINO gemaakt worden.

De kwaliteitslabel voor bodem kan dan luiden: de geconstateerde afwijking van de verwachting.

2.4 Trendonderzoek

Er is geen vaststaande methode om trends in grondwaterkwaliteit voor de KRW vast te stellen (Verhagen, 2005). Vanwege de tijdsdruk is het gebruiken van al beproefde analysemethoden (Rietra et al., 2003; Baggelaar et al., 2000; Broers en Van der Grift, 2004; Frapporti et al., 1994; www.trend-y-tector.nl; Helsel en Hirsch, 2002) aan te bevelen. Naar voorbeeld van Broers en van der Grift (2004) worden ook trends in de somparameters oxidatievermogen en som van kationen berekend. Aangetekend moet worden dat het mogelijk kan zijn dat door analytische problemen voor sommige parameters geen trends af te leiden zijn (Frapporti et al., 1994): met name pH en HCO_3 . Dit is afhankelijk van de dataset. De statistische bewerkingen zijn in Genstat uitgevoerd.

Grondwater

1. Identificatie van significante trends via Mann-Kendall toets (zoals Trend- y -tector (www.trendyterror.nl), Broers en van der Grift, 2004).
2. Berekend is de mediaan van alle mogelijke hellingen tussen de afzonderlijke meetwaarden in de tijdsreeks (Theil's helling) per parameter en put&filter (Rietra et al., 2003; Baggelaar et al., 2000; Broers en van der Grift, 2004; en Trend- y -tector). Dit geeft in combinatie met de Kendall-tau correlatiecoëfficiënt zicht op trends in individuele filters.
3. De trends van individuele filters worden geaggregeerd door de mediaan te nemen van de verzameling ¹en het betrouwbaarheidsinterval daarvan. Getoetst wordt de hypothese dat er geen verandering optreedt per parameter per landgebruik/bodemtype/hydrologie klasse.
4. Trends zijn mogelijk af te leiden door concentraties uit te zetten als functie van de diepte per grondwatersysteem. De eerder gebruikte methode van Broers en van der Grift (2004) wordt hiervoor aanbevolen. Hierbij wordt geen statistische toets gedaan maar wordt een grote verzameling gegevens geaggregeerd weergegeven met een lijn (LOWESS smooth) die de verzameling data beschrijft.

Als voorbeeld van bovenstaande methodiek worden de concentraties van enige stoffen op locatie 303 (filter 1) van het LMG in onderstaande figuur gegeven. Locatie 303 is enigszins bijzonder doordat de concentraties van enige stoffen op deze locatie sterk veranderen als functie van het jaar van bemonstering. De concentraties van K, SO_4 , geleidbaarheid, P, Fe en NH_4 vertonen op het oog duidelijke trends.

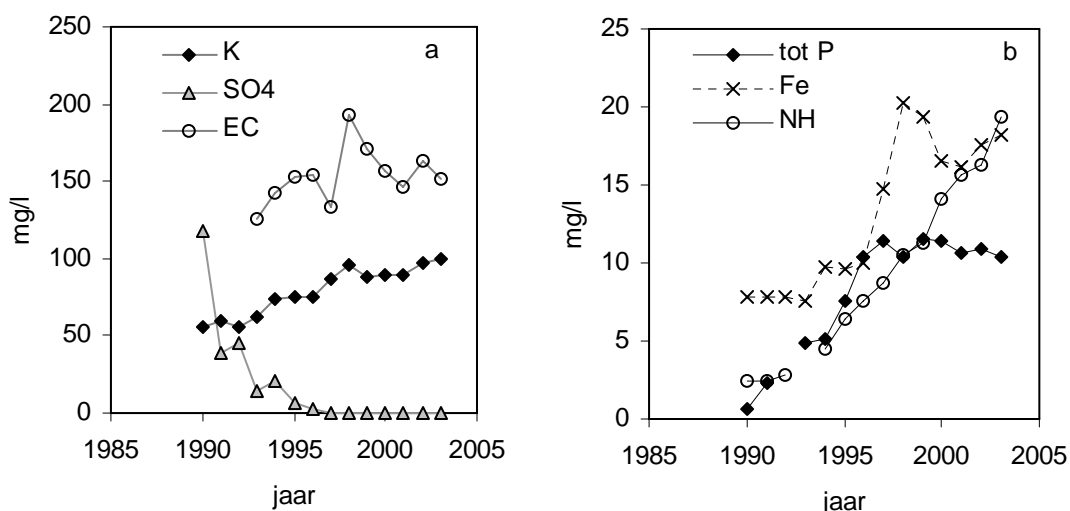
De Mann-Kendall toets geeft aan of er een significante trend is. In onderstaande tabel is voor alle genoemde parameters de S-waarde significant afwijkend van nul (in de tabel staat de S-waarde en de standaarddeviatie): dit wijst op significante trends.

Om de grootte van de trend te schatten wordt gebruik gemaakt van de Kendall-Theil robuuste lijn. Die berekent de helling tussen alle mogelijke puntenparen. De mediane helling is de Kendall-Theil helling. Kalium (K) laat een redelijk consistente toename

¹ Bij het berekenen van de betrouwbaarheidsinterval wordt geen rekening gehouden met de selectie van de meetpunten.

als functie van de tijd zien: een toename van bijna 50 mg/l in 14 jaren, oftewel een Kendall-Theil helling van 3,5 mg/l per jaar.

Tot slot is de Kendall-tau correlatiecoëfficiënt berekend. Deze correlatiecoëfficiënt ligt dicht bij 1 naarmate de punten meer op “één lijn” liggen. In onderstaand voorbeeld laat sulfaat (SO₄) geen consistente daling zien en is de correlatiecoëfficiënt laag. Ammonium en kalium laten echter consistent dezelfde toename zien: de correlatiecoëfficiënt is daarom hoog.



Figuur 1 Concentraties van enige stoffen op meetpunt 303 (1) als functie van het jaar van bemonstering.

Tabel 2 Berekende statistische kengetallen op trend op meetpunt 303 (filter 1).

| parameter | Mann-Kendall trend toets | | Kendall-Theil helling | | Kendall-tau correlatie coëfficiënt |
|-----------------|--------------------------|-------|-----------------------|-----------------|------------------------------------|
| | S | stdev | mediane helling | aantal monsters | |
| EC5 | 17 | 13 | 2.4 | 11 | 0.31 |
| Fe | 61 | 18 | 0.948 | 14 | 0.67 |
| K | 83 | 18 | 3.459 | 14 | 0.91 |
| NH ₄ | 76 | 16 | 1.353 | 13 | 0.97 |
| P tot | 49 | 16 | 0.788 | 13 | 0.63 |
| SO ₄ | -76 | 18 | -3.23 | 14 | -0.89 |

Bodem.

Gezien de tijdsperiode waarin analyses zijn gedaan aan de bodem is niet te veronderstellen dat er significante veranderingen zijn. De opdracht was om per grondwaterkwaliteitsput een overzicht van trends te geven. Indien toch bodemgegevens beschikbaar zijn dan kan per landgebruik/bodemtype/hydrologie klasse en parameter statistisch getoetst worden op significante veranderingen.

3 Resultaten

3.1 Zonering

Overleg heeft plaats gevonden tussen de provincie en enkele deskundigen. Uit het overleg komt voort dat een veel betere relatie gewenst wordt tussen monitoren van het freatische grondwater en de uitspoeling naar het oppervlaktewater. Dit omdat het voor de KRW belangrijk is om de oorzaken van te hoge concentraties in het oppervlaktewater, en effecten van eventuele maatregelen, te monitoren. De nadruk in de meeste meetnetten ligt niet bij probleemgebieden maar bij het monitoren in het geheel. Bovendien ligt de nadruk niet op het grondwater dat het meest relevant is voor de kwaliteit van het oppervlaktewater maar op het diepere grondwater. Verbeteringen van de zonering ligt dus nadrukkelijk bij het identificeren van het grondwater dat het meeste relevant is voor de gehalten aan probleemstoffen in het oppervlaktewater. Het aansluiten van het monitoren aan de zones die gebruikt worden bij de monitoring van het oppervlaktewater lijkt ook voor de hand te liggen (afwateringseenheden/stroomgebieden)(Bonten en Brus, 2006).

Een dergelijke studie ligt hier niet voor maar zou gedaan kunnen worden, bijvoorbeeld door gebruik te maken van de bestaande berekeningen voor N en P met STONE en het identificeren van de belangrijkste aanvoerposten in combinatie met gebieden (bijvoorbeeld: eenheden van bepaalde bodem-, hydrologie-, en landgebruikscombinaties) waar maatregelen kunnen leiden tot aanpassingen.

Grofweg zou dit kunnen betekenen dat in het geval dat kwelwater de dominante aanvoer is naar oppervlaktewater, dit gemonitord kan worden via dieper grondwater maar dat hier geen effecten van maatregelen te verwachten zijn. In het geval van infiltratiegebieden wordt het freatische grondwater bepaald door de bodem en het landgebruik welke door maatregelen beïnvloed kan worden. Indien uit berekeningen blijkt welke infiltratiegebieden beïnvloed kunnen worden, er problemen zijn met oppervlaktewater, en er een relevante invloed van het freatische grondwater berekend wordt, dan is het monitoren van deze zone belangrijk.

3.2 Kwaliteitslabels

De volgende kwaliteitscontroles zijn uitgevoerd aan de grondwater- gegevens. Opgemerkt kan worden dat de DinoQua format geen ruimte geeft voor informatie geeft over de status van de analysemethoden (accreditatie van het laboratorium en van de betreffende methoden).

Freatische grondwater

(file MSMGW.xls)

Het totaal aantal monsters in het bestand (Prod_export_zh-MSM-QUA20.csv) is 2213. Het aantal monsters met een beschrijving van de macro-ionen (kationen: Ca, K, Mg, Na; anionen: Cl, S, HCO₃) is 164. In Figuur 2 (zie Bijlage 1) staat de ionenbalans gegeven als functie van de som kationen. Nogal veel monsters (n=49) hebben een ionenbalans groter dan 10% (>20%: n=21) of kleiner dan -10% (n=40) (<-20%: n=23). Slechts 68 van de 164 monsters hebben een ionenbalans tussen de -10% en 10%.

Een poging om te achterhalen welk meting deze afwijking veroorzaakt gaat als volgt: een vergelijking tussen de gemeten EC en de som kationen en som anionen geeft aan welke som de sterkste afwijking heeft. In geval van een sterke negatieve ionenbalans (meer anionen bepaald dan kationen) komt de EC in veel gevallen (n=10) overeen met de kationenbalans: dit wijst op fouten in de anionenbalans (Cl, S, HCO₃). Het is niet mogelijk dit verder te duiden. *Aan deze monsternummers wordt het volgende label toegekend: ionenbalans, "anionenbalans fout" (ionenbalans, welk deel, oorzaak).* In geval van een sterke positieve ionenbalans (meer kationen dan anionen) komt de EC in veel gevallen (n=16) ook overeen met de kationenbalans: dit wijst dus ook op een fout in de anionenbalans. Aangezien HCO₃ veruit het belangrijkste anion is, is aannemelijk dat bij deze monsters de bicarbonaat-analyse onvoldoende goed is. *Aan deze monsternummers wordt het volgende label toegekend: ionenbalans [cijfer], "anionenbalans fout, teveel HCO₃".* In maar enkele gevallen (n=3) is de ionenbalans sterk afwijkend (groter of kleiner dan 20%) en komt de EC overeen met de som anionen maar niet met de som kationen.

Het geringe aantal monsters (68 van de in totaal 2213 monsters) met een ionenbalans die in orde is maakt dat de kwaliteit van de database voor toepassingen zoals trendanalyses beperkt is.

Provinciaal Meetnet Grondwaterkwaliteit (PMG)

(file pmg_commasepaarted_vanaf_1990_tab.xls)

Het aantal watermonsters in het PMG met chemische analyses is 795. De analyses zijn van 1990 t/m 2004 vergelijkbaar voor Al, As, Ba, Ca, Cd, Cl, Cr, Cu, Fe, K, Mg, Mn, Na, Ni, Pb, SO₄, Zn. De analyses of eenheden van 1990 t/m 2000 (n=634) verschillen van de metingen in 2004 (n=161) voor: P (totaal PO₄, of P en PO₄), NH₄ (NH₄ of N), en NO₃ (NO₃ of N). Andere belangrijke parameters zijn minder volledig aanwezig in het bestand: HCO₃ (n= 322), pH en EC (n=347 in periode 1990 t/m 2000, en n=161 in 2004). De rest van de parameters betreft: Sr, DOC, O₂, NO₂, Sb, SO₃, Tl, Hg, VOX.

Aan de monsternummers zonder de bicarbonaatanalyse kan de volgende label worden toegekend: onvolledige analyse tbv ionenbalans, of geen cijfer voor de ionenbalans als teken dat die niet goed berekend kan worden.

In Figuur 2 (zie Bijlage 1) is de ionenbalans gegeven van de watermonsters met en zonder HCO₃. Zonder meting van bicarbonaat is de ionenbalans onvolledig. Locaties met een meting van het bicarbonaat (lab of veld) hebben een ionenbalans van gemiddeld 6% (min-9% en max 55%).

Als we alleen kijken naar de watermonsters met een bicarbonaatmeting dan heeft een heel groot deel van de monsters (n=388) een zeer goede ionenbalans (tussen -5 en +5%). Eén monster is lager dan -5% en 354 monsters zijn hoger dan +5%. In totaal 15 monsters hebben een slechte ionenbalans: ionenbalans hoger dan +15%. Het betreft een beperkt aantal bemonsteringslocaties: met name 1249(2), 1235 en 1220(2).

De afwijkingen van de ionenbalans tussen de +5% en +15% zijn toe te schrijven aan een licht tekort aan geanalyseerde anionen (mogelijk bicarbonaat). Dat is af te leiden uit een vergelijking tussen de geleidbaarheid met de som kationen en de met de som anionen (zie Figuur 3 in Bijlage 1). Terwijl er een goede relatie is tussen de EC en de som kationen is bij diezelfde monsters de relatie tussen de EC en de som anionen minder goed. Er is geen reden om aan te nemen dat de analyse van de andere macro-anionen te laag zijn.

Aan deze monsternummers wordt het volgende label toegekend: ionenbalans.

Een vergelijking tussen de berekende ionensterkte (of som kationen, of soms anionen) en de gemeten EC geeft aan dat in 5 watermonsters de EC waarschijnlijk met een verkeerde eenheid is ingevoerd (zie Figuur 4). Dit kan eventueel via de oorspronkelijke laboratoriumresultaten verbeterd worden. Een vergelijking tussen EC-veld en EC-lab, en vergelijking pH -veld en pH-lab is alleen mogelijk met de data uit 2004 en heeft daarom weinig relevantie voor de hele dataset.

bodemmeetnet

(file: Prod_export_zh-MSM-QUA20.csv)

Een selectie van parameters is gemaakt uit het bestand Prod_export_zh-MSM-QUA20.csv (pH-KCl, gloeirest, lutum, organische stof, CaCO₃, As, Ca Cd ,Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn, Kjeldal N, P-Al, Pw getal). Het totale aantal is 2040 grondmonster. De vele organische parameters zijn niet meegenomen omdat hiervoor geen eenvoudig controles beschikbaar zijn. Aangezien de organisch parameters relatief kostbare metingen zijn zou het nuttig zijn om hiervoor controles te ontwikkelen. In Bijlage 1 staan enige figuren en tabellen die de controles weergeven die gemaakt zijn. De correlaties tussen Cd en Zn, Zn en Pb, Cu en Zn, lutum en Ni, lutum en Cr, en Pw en P-Al zijn vergelijkbaar met andere gegevens. Gekozen is om ze te vergelijken met de gegevens uit AW2000 (Lamé et al, 2004), en voor wat betreft Pw-getal en P-Al getal met het bodemmeetnet van Noord-Holland (Rietra et al., 2004).

De vergelijkingen laten zien dat dezelfde verhoudingen tussen zware metalen zijn gevonden in het bodemmeetnet als in AW2000: er zijn dus geen structurele verschillen. Uitschieters vallen in deze vergelijking echter niet op omdat er veel spreiding is in de relaties (figuren staan op log-log schaal). Alleen een Pb gehalte van 6660 mg/kg is een duidelijke uitbijter (monster L2004-01-4030) en is mogelijk een schrijffout.

Controle Pb gehalte in monster L2004-01-4030

De relatie tussen pH-KCl en kalk laat zien dat er in het bodemmeetnet relatief veel grondmonsters zijn met kalk en met een lage pH. Onduidelijk is welke analyse hier de oorzaak van is. De relatie tussen Pw getal en PAI getal, en de hoogte van de P-AI getallen wijst niet op fouten.

3.3 Overzicht van trends

De trends van de individuele filters worden geaggregeerd in onderstaande tabellen. Hier wordt het aantal meetpunten gegeven met significante trends. Duidelijk is dat bij een aantal parameters op veel meetpunten trends zijn bepaald (bijvoorbeeld bij filter 1 bij Ba, Ca, Cl, K, Mg, SO₄ en Sr) terwijl bij andere parameters weinig trends zijn bepaald (bijvoorbeeld bij filter 1 bij Al, Cd, Cr, Cu, Ni, NO₃, Zn). Het valt dus op dat bij vooral de milieuhygiënisch relevante parameters (vermesting, zware metalen) op weinig meetpunten trends zijn i.t.t. de macrochemische parameters.

Tabel 3 LMG. Totaal aantal meetpunten (n) met aantal meetpunten met trends (significante Mann-Kendall S) in de periode 1990-2003. Aantal negatieve (<0) en positieve (>0) Kendall-Theil mediane hellingen.

| Filter | 1 | | | | 2 | | | | 3 | | | |
|---------|----|----|----|----|---|---|----|----|----|----|----|----|
| | n | S | <0 | >0 | n | S | <0 | >0 | n | S | <0 | >0 |
| Al | 16 | 2 | 0 | 2 | 3 | 1 | 1 | 0 | 27 | 6 | 3 | 2 |
| As | 34 | 13 | 8 | 5 | 3 | 2 | 0 | 2 | 28 | 14 | 7 | 6 |
| Ba | 39 | 26 | 16 | 10 | 3 | 2 | 1 | 1 | 35 | 24 | 7 | 17 |
| Ca | 39 | 28 | 10 | 18 | 3 | 2 | 1 | 1 | 35 | 25 | 10 | 15 |
| Cd | 7 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 8 | 2 | 1 | 0 |
| Cl | 39 | 25 | 13 | 12 | 3 | 2 | 2 | 0 | 35 | 22 | 13 | 9 |
| Cr | 28 | 5 | 4 | 1 | 2 | 1 | 1 | 0 | 18 | 7 | 6 | 1 |
| Cu | 18 | 2 | 1 | 1 | 3 | 0 | 0 | 0 | 26 | 1 | 1 | 0 |
| DOC | 37 | 15 | 2 | 13 | 3 | 3 | 0 | 3 | 31 | 11 | 2 | 9 |
| EC | 31 | 19 | 10 | 9 | 2 | 1 | 1 | 0 | 27 | 12 | 4 | 8 |
| EC5 | 34 | 19 | 8 | 11 | 2 | 0 | 0 | 0 | 28 | 14 | 6 | 8 |
| Fe | 39 | 25 | 20 | 5 | 3 | 1 | 1 | 0 | 35 | 19 | 14 | 5 |
| pH | 31 | 11 | 0 | 11 | 2 | 1 | 0 | 1 | 27 | 11 | 0 | 11 |
| pH 5min | 34 | 12 | 3 | 9 | 2 | 0 | 0 | 0 | 28 | 8 | 6 | 2 |
| HCO3 | 36 | 19 | 10 | 9 | 2 | 0 | 0 | 0 | 32 | 15 | 11 | 4 |
| HCO3V | 27 | 14 | 4 | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| K | 39 | 27 | 12 | 15 | 3 | 2 | 1 | 1 | 35 | 23 | 8 | 15 |
| Mg | 39 | 26 | 7 | 19 | 3 | 2 | 1 | 1 | 35 | 26 | 8 | 18 |
| Mn | 39 | 19 | 6 | 13 | 3 | 3 | 1 | 2 | 35 | 21 | 7 | 14 |
| Na | 39 | 25 | 11 | 14 | 3 | 2 | 2 | 0 | 35 | 25 | 5 | 20 |
| NH4 | 39 | 25 | 18 | 7 | 3 | 2 | 1 | 1 | 35 | 23 | 13 | 10 |

| Filter | 1 | | | | 2 | | | | 3 | | | |
|--------|----|----|----|----|---|---|----|----|----|----|----|----|
| | n | S | <0 | >0 | n | S | <0 | >0 | n | S | <0 | >0 |
| Ni | 12 | 3 | 2 | 1 | 2 | 0 | 0 | 0 | 17 | 7 | 2 | 4 |
| NO3 | 17 | 2 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 9 | 0 | 0 | 0 |
| OXC | 39 | 30 | 29 | 1 | 3 | 3 | 2 | 1 | 35 | 22 | 18 | 4 |
| Pb | 4 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | 1 | 0 | 1 |
| PTOT | 39 | 28 | 3 | 25 | 3 | 1 | 1 | 0 | 35 | 18 | 4 | 14 |
| SO4 | 37 | 31 | 17 | 1 | 3 | 3 | 1 | 1 | 34 | 19 | 8 | 3 |
| Sr | 39 | 27 | 12 | 15 | 3 | 3 | 1 | 2 | 35 | 24 | 8 | 16 |
| SUMCAT | 39 | 27 | 9 | 18 | 3 | 2 | 2 | 0 | 35 | 26 | 8 | 18 |
| Zn | 20 | 3 | 0 | 3 | 2 | 0 | 0 | 0 | 25 | 3 | 1 | 2 |

Tabel 4 PMG. Totaal aantal meetpunten (n) met aantal meetpunten met trends (significante Mann-Kendall S) in de periode 1990-2003. Aantal negatieve (<0) en positieve (>0) Kendall-Theil mediane hellingen.

| Filter | 1 | | | | 2 | | | | 3 | | | |
|----------|----|----|----|----|----|---|----|----|----|----|----|----|
| | n | S | <0 | >0 | n | S | <0 | >0 | n | S | <0 | >0 |
| Al | 17 | 4 | 2 | 2 | | | | | 9 | 0 | 0 | 0 |
| As | 47 | 15 | 7 | 7 | 1 | 0 | 0 | 0 | 42 | 5 | 3 | 2 |
| Ba | 47 | 23 | 18 | 5 | 1 | 0 | 0 | 0 | 42 | 6 | 4 | 2 |
| Ca | 47 | 28 | 16 | 12 | 1 | 1 | 1 | 0 | 42 | 8 | 6 | 2 |
| Cd | 8 | 1 | 0 | 0 | | | | | 1 | 0 | 0 | 0 |
| Cl | 47 | 21 | 10 | 11 | 1 | 0 | 0 | 0 | 42 | 4 | 3 | 1 |
| Cr | 32 | 7 | 5 | 1 | | | | | 27 | 7 | 4 | 2 |
| Cu | 29 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 5 | 0 | 0 | 0 |
| EC 5min | 43 | 11 | 4 | 7 | | | | | | | | |
| Fe | 47 | 24 | 12 | 12 | 1 | 0 | 0 | 0 | 42 | 11 | 5 | 6 |
| HCO3 | 46 | 22 | 8 | 14 | 1 | 0 | 0 | 0 | 37 | 23 | 14 | 9 |
| K | 47 | 23 | 11 | 12 | 1 | 0 | 0 | 0 | 42 | 10 | 8 | 2 |
| Mg | 47 | 19 | 7 | 12 | 1 | 0 | 0 | 0 | 42 | 4 | 1 | 3 |
| Mn | 47 | 23 | 21 | 2 | 1 | 0 | 0 | 0 | 42 | 7 | 6 | 1 |
| Na | 47 | 24 | 16 | 8 | 1 | 0 | 0 | 0 | 42 | 6 | 6 | 0 |
| NH4 | 47 | 24 | 16 | 8 | 1 | 0 | 0 | 0 | 42 | 19 | 16 | 3 |
| Ni | 35 | 11 | 8 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 16 | 1 | 0 | 1 |
| NO3 | 13 | 2 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 9 | 1 | 0 | 0 |
| Pb | 9 | 3 | 3 | 0 | | | | | 7 | 0 | 0 | 0 |
| pH 5 min | 43 | 9 | 5 | 4 | | | | | | | | |
| SH | 43 | 8 | 4 | 4 | 43 | 7 | 2 | 5 | 43 | 9 | 2 | 7 |
| SO4 | 44 | 19 | 14 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 40 | 5 | 4 | 1 |
| TOTH | 46 | 30 | 13 | 17 | | | | | | | | |
| T-PO4 | 47 | 22 | 9 | 12 | 1 | 1 | 1 | 0 | 40 | 23 | 16 | 7 |
| Zn | 35 | 14 | 7 | 4 | 1 | 0 | 0 | 0 | 22 | 4 | 2 | 0 |

Onvoldoende gegevens zijn er voor de parameters: Be, Br, Co, CO₃, DOC, EC-lab, EC-veld, F, HCO_{3v}, Hg, Kjeld-N, Li, NO₂, O₂ v, P, pH-lab, pH-veld, PO₄, Sb, SO₃, Sr, Tl, V, en VOX.

Bij het bodemmeetnet (vaste fase, eenheden in mg per kg, en freatische grondwater, eenheden in mg per liter) zijn maar een beperkt aantal meetjaren beschikbaar.

Tabel 5 Bodemmeetnet. Totaal aantal meetpunten (n) met aantal meetpunten met trends (significante Mann-Kendall S) in de periode 1990-2003. Aantal negatieve (<0) en positieve (>0) Kendall-Theil mediane hellingen.

| | n | S | <0 | >0 |
|---------------------------------|-----|----|----|----|
| As_[mg/kg_ds] | 1 | 0 | 0 | 0 |
| As_[ug/l] | 18 | 6 | 2 | 4 |
| As_[mg/kg_ds] | 1 | 0 | 0 | 0 |
| As_[ug/l] | 18 | 6 | 2 | 4 |
| Ca_[mg/l] | 6 | 2 | 0 | 2 |
| CaCO3_[%_ds] | 15 | 3 | 2 | 1 |
| Cl-[mg/l] | 153 | 54 | 27 | 27 |
| Cr_[mg/kg_ds] | 1 | 0 | 0 | 0 |
| Cu_[mg/kg_ds] | 6 | 5 | 1 | 0 |
| ds_[%] | 1 | 0 | 0 | 0 |
| EC_[mS/cm] | 302 | 92 | 50 | 42 |
| Fosfaat_(P-Al)_als_P2O5_[mg/kg] | 2 | 1 | 1 | 0 |
| Hg_[mg/kg_ds] | 12 | 4 | 1 | 3 |
| K_[mg/l] | 6 | 3 | 2 | 1 |
| Lutum_[%] | 102 | 39 | 14 | 25 |
| Mg_[mg/l] | 6 | 2 | 0 | 2 |
| Na_[mg/l] | 6 | 1 | 0 | 1 |
| NH4_[mgN/l] | 135 | 49 | 29 | 20 |
| Ni_[mg/kg_ds] | 1 | 0 | 0 | 0 |
| NO2_[mgN/l] | 6 | 3 | 2 | 1 |
| NO3_[mgN/l] | 59 | 19 | 9 | 10 |
| P_[mg/l] | 68 | 26 | 13 | 13 |
| Pb_[mg/kg_ds] | 1 | 0 | 0 | 0 |
| pH_[-] | 155 | 52 | 25 | 27 |
| pH-KCl_[-] | 35 | 15 | 8 | 7 |
| PO4_[mgP/l] | 127 | 39 | 19 | 20 |
| Pwgetal_[mg_P2O5/l_bodem] | 17 | 6 | 5 | 1 |
| SO4_[mg/l] | 6 | 2 | 0 | 2 |
| Zn_[mg/kg_ds] | 1 | 0 | 0 | 0 |
| Zn_[ug/l] | 5 | 1 | 0 | 1 |
| gloeirest_[%] | 108 | 22 | 13 | 9 |
| Organische stof [%] | 3 | 0 | 0 | 0 |

Het afleiden van het aantal locaties met trends geeft nog geen inzicht in de mate van de verandering. Tabellen met de helling en correlatiecoëfficiënt voor alle parameters en meetlocaties zijn te groot om leesbaar in een rapport weer te geven en zijn alleen relevante als je geïnteresseerd bent in één bepaalde meetlocatie. Om zicht te krijgen op de trends is de mediane helling (en de onder- en bovengrens van het 95% betrouwbaarheidsinterval) per parameter en zone berekend. De gebruikte zones voor grondwater zijn de Kaderrichtlijn water gebieden in Zuid-Holland: duin, zoet, zout, (alle drie in Rijn) en Maas. Bij een dalende trend is de Kendall-Theil helling negatief, bij een toename is de helling positief. De trend is significant als het hele betrouwbaarheidsinterval positief of negatief is.

Tabel 6 LMG. Per grondwaterlichaam geaggregeerde hellingen en correlatiecoëfficiënten over de periode 1990-2004. Gegeven worden alleen de parameters indien er significante trends per grondwaterlichaam zijn (95% betrouwbaarheidsinterval is geheel boven of onder nul). Veranderingen groter dan 5% van streefwaarde komen niet voor.

| | | | aantal | Kendall-Theil helling | | | Kendall-tau correlatie coëfficiënt | | |
|-----------------|------|-----------------|--------|-----------------------|-----------|-----------|------------------------------------|---------|----------|
| | | | | diepte | lower | median | upper | lower | median |
| Fe | zoet | diep (16 -50 m) | 25 | -0.2039 | -0.0726 | -0.006733 | -0.6667 | -0.2778 | -0.04762 |
| P tot | zoet | diep (16 -50 m) | 25 | 0 | 0.01133 | 0.02857 | 0 | 0.3333 | 0.6667 |
| SO ₄ | zoet | diep (16 -50 m) | 24 | -0.2382 | -0.014 | 0 | -0.7071 | -0.4721 | -0.06667 |
| DOC | zoet | ondiep (5-16 m) | 26 | 0.09224 | 0.3115 | 0.5858 | 0 | 0.3333 | 0.5 |
| OXC | zoet | ondiep (5-16 m) | 27 | -5.73E-06 | -2.77E-06 | -8.19E-07 | -0.567 | -0.4431 | -0.07143 |
| P tot | zoet | ondiep (5-16 m) | 27 | 0.003 | 0.01938 | 0.05188 | 0.06667 | 0.4286 | 0.6293 |
| SO ₄ | zoet | ondiep (5-16 m) | 25 | -0.09 | 0 | 0 | -0.5877 | -0.4931 | -0.06667 |
| P tot | duin | diep (16 -50 m) | 25 | 0 | 0.01547 | 0.06278 | 0 | 0.3333 | 0.9129 |
| Ba | duin | ondiep (5-16 m) | 26 | -2.396 | -0.799 | -0.0237 | -0.5714 | -0.3333 | -0.2 |
| Na | duin | ondiep (5-16 m) | 26 | -1.848 | -0.8478 | -0.02578 | -0.7143 | -0.3269 | -0.07143 |
| NO ₃ | duin | ondiep (5-16 m) | 9 | 0 | 0 | 0.01375 | 0.02907 | 0.05216 | 0.5774 |
| OXC | duin | ondiep (5-16 m) | 26 | -0.000233 | -6.81E-05 | -7.06E-07 | -0.4857 | -0.3 | -0.07143 |
| SO ₄ | duin | ondiep (5-16 m) | 26 | -3.232 | -0.9675 | 0 | -0.5238 | -0.4286 | -0.2143 |
| ZN | duin | ondiep (5-16 m) | 9 | 0 | 0 | 1.854 | 0.08722 | 0.3706 | 0.7319 |
| DOC | brak | diep (16 -50 m) | 26 | 0.0032 | 0.3267 | 1.008 | 0 | 0.3333 | 0.8 |
| H | brak | diep (16 -50 m) | 12 | 0.045 | 0.0675 | 0.11 | 0.1826 | 0.7898 | 1 |
| OXC | brak | diep (16 -50 m) | 27 | -2.9E-05 | -8.3E-06 | -3.39E-06 | -0.6667 | -0.561 | -0.3333 |
| SO ₄ | brak | diep (16 -50 m) | 27 | -0.2304 | -0.0544 | 0 | -0.6667 | -0.5766 | -0.3333 |
| Al | brak | ondiep (5-16 m) | 14 | 0 | 1.222 | 18.56 | -0.1612 | 0.2016 | 0.6172 |
| EC5 | brak | ondiep (5-16 m) | 21 | 0.55 | 2.429 | 5.232 | 0 | 0.3162 | 0.4286 |
| Ni | brak | ondiep (5-16 m) | 15 | -0.581 | -0.09438 | 0 | -0.7857 | -0.5345 | 0.3206 |
| OXC | brak | ondiep (5-16 m) | 23 | -5.47E-05 | -4.85E-06 | -2.2E-06 | -0.5984 | -0.4286 | 0 |
| Pb | brak | ondiep (5-16 m) | 9 | -0.7836 | -0.0137 | 0 | -0.7252 | -0.2357 | 0.5 |
| SO ₄ | brak | ondiep (5-16 m) | 21 | -0.9029 | -0.02028 | 0 | -0.6429 | -0.4286 | -0.08909 |

Verwacht mag worden dat in het PMG en LMG dezelfde trends bepaald worden. Het is daarom opvallend dat in het LMG (Tabel 6) een toename van fosfaat in de zone zoet-diep wordt berekend, terwijl in het PMG (Tabel 7) een afname in deze zone wordt berekend. Andere trends in het PMG en LMG zijn vergelijkbaar: een daling van barium in zone duin-ondiep, een daling in zwavel in zone brak (diep en ondiep) en zone duin-ondiep, en een daling van nikkel in de zone brak-ondiep.

Wat verder opvalt, is dat geen enkele trend in de zone Maas worden berekend voor ondiep en diep grondwater.

Tabel 7 PMG. Per grondwaterlichaam geaggregeerde hellingen en correlatiecoëfficiënten over de periode 1990-2004. Gegeven worden alleen de parameters indien er significante trends per grondwaterlichaam zijn (95% betrouwbaarheidsinterval is geheel boven of onder nul). Vet: verandering groter dan 5% van streefwaarde.

| | | | | Kendall-Theil helling | | | Kendall-tau correlatie coefficient | | |
|-------------------|------|-----------------|----|-----------------------|---------------|--------|------------------------------------|---------|---------|
| | | | | lower | median | upper | lower | median | upper |
| As | zoet | diep (16 -50 m) | 9 | 0 | 0.061 | 0.173 | 0 | 0.4 | 0.6 |
| NH ₄ | zoet | diep (16 -50 m) | 9 | -1.62 | -0.038 | -0.005 | -1 | -0.4 | 0 |
| T-PO ₄ | zoet | diep (16 -50 m) | 9 | -0.5 | -0.156 | -0.035 | -1 | -0.3333 | 0 |
| EC 5min | zoet | ondiep (5-16 m) | 9 | 0.16 | 1.712 | 4.77 | 0 | 0.2 | 0.6 |
| Mn | duin | diep (16 -50 m) | 16 | -0.08 | -0.011 | -0.003 | -0.949 | -0.6333 | -0.2 |
| hardheid | duin | diep (16 -50 m) | 16 | 0 | 0.023 | 0.044 | 0.2 | 0.2667 | 0.6 |
| Ba | duin | ondiep (5-16 m) | 17 | -4.76 | -0.857 | -0.054 | -0.611 | -0.4444 | -0.1111 |
| Cu | duin | ondiep (5-16 m) | 8 | 0 | 0 | 0 | -0.118 | 0 | 0.2152 |
| Ni | duin | ondiep (5-16 m) | 10 | -0.08 | 0 | 0 | -0.681 | -0.2469 | 0.4714 |
| SO ₄ | duin | ondiep (5-16 m) | 17 | -4.85 | -0.418 | 0 | -0.667 | -0.3889 | -0.0556 |
| NH ₄ | brak | diep (16 -50 m) | 14 | -0.81 | -0.203 | -0.016 | -0.667 | -0.6 | -0.2 |
| SO ₄ | brak | diep (16 -50 m) | 14 | -1.37 | -0.017 | 0 | -0.738 | -0.6325 | -0.4 |
| T-PO ₄ | brak | diep (16 -50 m) | 12 | -0.72 | -0.289 | -0.037 | -0.667 | -0.5 | 0 |
| Mn | brak | ondiep (5-16 m) | 14 | -0.16 | -0.064 | -0.004 | -1 | -0.6333 | -0.2 |
| Ni | brak | ondiep (5-16 m) | 13 | -0.58 | -0.081 | 0 | -0.743 | -0.5556 | 0.6325 |
| NO ₃ | brak | ondiep (5-16 m) | 8 | -0.1 | 0 | 0 | -0.423 | 0.0727 | 0.6325 |
| SO ₄ | brak | ondiep (5-16 m) | 13 | -0.77 | 0 | 0 | -0.522 | -0.3012 | 0 |

Tabel 8 Bodemmeetnet. Per grondwaterlichaam geaggregeerde hellingen en correlatiecoëfficiënten over de periode 1990-2004. Gegeven worden alleen de parameters indien er significante trends per grondwaterlichaam zijn (95% betrouwbaarheidsinterval is geheel boven of onder nul). Vet: verandering groter dan 5% van streefwaarde.

| | | aantal | Kendall-Theil helling | | | Kendall-tau correlatie coefficient | | |
|---|------|--------|-----------------------|-------------|-------|------------------------------------|--------|-------|
| | | | lower | median | upper | lower | median | upper |
| pH [-] | zoet | 77 | -0.13 | -0.09 | -0.07 | -0.6794 | -0.55 | -0.38 |
| PO ₄ [mg P/l] | zoet | 66 | 0.02 | 0.03 | 0.05 | 0 | 0.33 | 0.33 |
| EC [mS/cm] | zoet | 146 | -0.02 | -0.01 | 0.00 | -0.4 | -0.33 | 0 |
| EC [mS/cm] | maas | 22 | -0.06 | -0.02 | -0.01 | -0.5556 | -0.33 | -0.23 |
| Pwgetal mg P ₂ O ₅ /l bodem | maas | 66 | 0.02 | 0.03 | 0.05 | 0 | 0.33 | 0.33 |
| Fosfaat (P-Al) mg P ₂ O ₅ /kg | maas | 146 | -0.02 | -0.01 | 0.00 | -0.4 | -0.33 | 0 |
| Cl [mg/l] | maas | 12 | -15.97 | -3.26 | -0.49 | -0.6667 | -0.33 | 0 |
| Gloeirest [%] | duin | 29 | 0.03 | 0.12 | 0.21 | 0.1054 | 0.24 | 0.53 |
| Cl [mg/l] | duin | 39 | -4 | -2.67 | -0.90 | -0.4667 | -0.33 | -0.20 |
| PO ₄ [mg P/l] | duin | 30 | 0.03 | 0.12 | 0.65 | 0 | 0.33 | 0.67 |
| P [mg/l] | duin | 19 | 0.00 | 0.07 | 0.53 | 0 | 0.33 | 1 |
| Hg [mg/kg ds] | brak | 8 | 0 | 0.01 | 0.02 | 0.2357 | 0.63 | 1 |
| NH ₄ [mgN/l] | brak | 29 | -0.15 | -0.04 | 0.00 | -0.3333 | -0.20 | 0 |
| Cl [mg/l] | brak | 31 | -8.25 | -3.94 | -0.19 | -0.5521 | -0.20 | 0 |
| CaCO ₃ [%] | brak | 12 | 0.04 | 0.09 | 0.14 | 0 | 0.44 | 1 |

Bij het afleiden van trends kan rekening gehouden met de diepte van de metingen. Dit kan door de data geaggregeerd weer te geven via de berekening van LOWESS smooths (zoals Broers en van der Grift, 2004)(zie de figuren in Bijlage 2). Deze curves kunnen aanleiding geven tot het duiden van de trends. Daarmee is het een vorm van het bepalen van een kwalitatieve relatie tussen bodem- en grondwater. Een

toename in het diepere grondwater kan bijvoorbeeld veroorzaakt worden door veel hogere concentraties in het ondiepe grondwater. Echter, de figuren zijn apart gemaakt voor het PMG en LMG zonder een integratie met de gegevens uit het bodemmeetnet voor het freatische grondwater omdat de gegevens bij opdrachtverstrekking niet in één dataset aangeleverd zijn.

In Bijlage 2 worden de curven gegeven. In alle gevallen zijn in de figuren de trends uit bovenstaande tabel 6 en 7 weergegeven. Opvallend is dat de concentratieveranderingen (de trends) in alle gevallen gering zijn ten opzichte van de meeste concentraties. Alleen bij fosfaat worden relatief grote verandering berekend. Deze constatering komt overeen met de analyse die Absil en Bronswijk (1998) maakten. Hierin is de verandering (de trend) vergeleken met de streefwaarde per parameter, en daarmee uitgedrukt als een percentage. Bij het gebrek aan belangrijke trends is het maken van de figuren met concentraties als functie van diepte weinig functioneel.

Absil en Bronswijk (1998) geven bij de parameters sulfaat en fosfaat (vooral bij sulfaat worden veel dalende trends geconstateerd) aan dat veranderingen van methoden invloed zouden kunnen hebben. Aangezien we in deze studie alleen de data van na 1990 geanalyseerd hebben is onduidelijk of de opmerkingen van Absil en Bronswijk (blz 17 daarin) op deze data van toepassing is. Het is mogelijk dat trends berekend worden voor parameters doordat van laboratorium is veranderd, of doordat methoden zijn veranderd. Dit is in de analyse niet meegenomen. Onduidelijk is bijvoorbeeld in bovenstaande tabel waarom een toename van het kalkgehalte (zone: Maas) wordt berekend. De twijfel over de consequenties van methodische veranderingen (bemonstering, voorbehandeling, laboratorium) maakt dat er twijfels blijven bij de berekende trends. Het hanteren van de robuuste statistische methoden heeft als voordeel dat op dezelfde manier naar alle data gekeken kan worden. Geadviseerd wordt om bij verandering van laboratorium of methoden de invloed van de verandering in ieder geval te onderzoeken. Dit maakt het in ieder geval mogelijk om grofweg trends te selecteren die niet beïnvloed zijn door methodische veranderingen.

4 Conclusies

De geanalyseerde data waren nog niet in het DinoQua format (Allard en Versseput, 2006) beschikbaar. Hierdoor zijn de gegevens van het provinciale bodemmeetnet, het provinciale meetnet grondwaterkwaliteit en de data betreffende Zuid-Holland van het Landelijk Meetnet Grondwaterkwaliteit apart behandeld. Dit heeft geen consequenties voor de analyse in dit rapport behalve dat niet alle data samen zijn gevat in figuren met de concentraties als functie van de diepte (Bijlage 2).

De kwaliteit van de grondwateranalyses uit bodemmeetnet zijn maar voor aantal grondwatermonsters te controleren omdat in de meeste gevallen alleen specifieke stoffen zijn bepaald en niet de belangrijkste kationen en anionen. Dat wil niet zeggen dat de kwaliteit niet goed zou zijn. Indien de analyses gedaan zijn bij een geaccrediteerd laboratorium en de analyses geaccrediteerde methoden zijn dan is de kwaliteit gewaarborgd. De huidige dataset geeft jammer genoeg geen informatie of de analyses gedaan zijn bij een geaccrediteerd laboratorium en of de gehanteerde methode geaccrediteerd was.

Er zijn voor een aantal parameters significante trends per zone (Rijn: zoet, zout of duin, of Maas) berekend. Relevante trends, dat wil zeggen trends met belangrijke verandering van concentraties (hier t.o.v. de streefwaarde) zijn geconstateerd in het freatische grondwater van zone zoet en zone duin. Het behelst echter maar een beperkt aantal meetjaren (vier). In ondiepe en dieper grondwater zijn relevante trends berekend bij diverse parameters. Relevante trends zijn geconstateerd voor fosfaat in de zone brak (diep grondwater) en zone zoet (diep grondwater).

Literatuur

Anonymus 2004. Bodemkwaliteitskaart op basisniveau van het landelijke gebied van Zuid-Holland. DHV Ruimte en mobiliteit, in opdracht van Provincie Zuid-Holland.

Allard, R., R. Versseput 2006. DinoQua Standaard uitwisselingsformaat Bodem- en grondwaterkwaliteitsgegevens versie 2.1. TNO-rapport, Utrecht.

Aa, N.G.F.M. van der, B. van der Grift, G.W. Beusekom, E.A. Buijs, J.A. Meima, H.P. Broers, A.J.W. Kremers 2001. Integratie meetnetten bodem- en grondwaterkwaliteit. TNO-NITG rapport NITG 01—190-A, Utrecht.

Absil, L.L.M. en J.J.B. Bronswijk, 1998. Evaluatie van de grondwaterkwaliteit in de provincie Zuid-Holland, RIVM rapport nr 714851001, Bilthoven .

Baggelaar, P.K., C.G.E.M. van Beek, F. Luers. Mogelijkheden van rapporteren over het Provinciaal Meetnet Grondwaterkwaliteit Gelderland. KIWA rapport KOA 00.047, Nieuwegein.

Bloemendaal, S., P.R. Defize, W.J.M.K. Senden 1988. Inrichting van het provinciale meetnet grondwaterkwaliteit van Zuid-Holland, rapportnr. TNO-DGV OS 88-46, Delft

Bonten, L.T.C. en D.J. Brus 2006. Belasting van het oppervlaktewater in het landelijk gebied door uitspoeling van zware metalen; modelberekeningen t.b.v. emissieregistratie 2006 en invloed van redoxcondities. Alterra-rapport 1340, Wageningen.

Broers, H.P. en B. Van der Grift 2004 Regional monitoring of temporal changes in groundwater quality. *Journal of Hydrology* 296, 192-220.

Frapporti, G., S.P. Vriend, en P.F.M. Van Gaans 1994 Qualitative time trend analysis of ground water monitoring networks. *Environmental Monitoring and Assessment* 30, 81-102.

Helsel, D.R. and R.M. Hirsch 2002. *Statistical Methods in Water Resources, Techniques of Water-Resources Investigations of the United States Geological Survey, Book 4, Hydrologic Analysis and Interpretation Chapter A3.* USGS, available at: <http://water.usgs.gov/pubs/twri/twri4a3/>

Lagas, P., H.L.J. van Maaren, P. van Zoonen 1990. Onderzoek naar het voorkomen van bestrijdingsmiddelen in het grondwater in de provincie Zuid-Holland, RIVM rapportnr. 725803001, Bilthoven.

Lamé, F.P.J., D.J. Brus, R.H. Nieuwenhuis 2004. Achtergrondwaarden 2000. Hoofdrapport AW2000 fase 1. NITG 04-242-A, Utrecht.

Rietra, R.P.J.J., Bril, J.; Japenga, J., Schuurmans, W., Boersma, O.B., Bolhuis, P.R. 2003. Relaties tussen nutriënten en zware metalen in bovengrond en grondwater; resultaten Gelders meetnet bodem- en grondwaterkwaliteit. Alterra-rapport 725, Wageningen, Alterra.

Rietra, R.P.J.J., D.J. Brus, F. de Vries 2004. Bodemmeetnet Noord-Holland. Meetontwerp en 1e meetronde. Alterra-rapport 941, Wageningen.

Van der Grift, B., J.C. Rozemeijer, M., van Vliet, H.P. Broers. 2003. Trendmeetronde 2002 provinciaal meetnet bodem- en grondwaterkwaliteit TNO rapport, NITG 03-089-B, Utrecht.

Verhagen, F. Th. 2005. Draaiboek monitoring grondwater voor de Kaderrichtlijn water. Ministerie van VROM, Royal Haskoning, Den Bosch.

www.trend-y-tector.nl

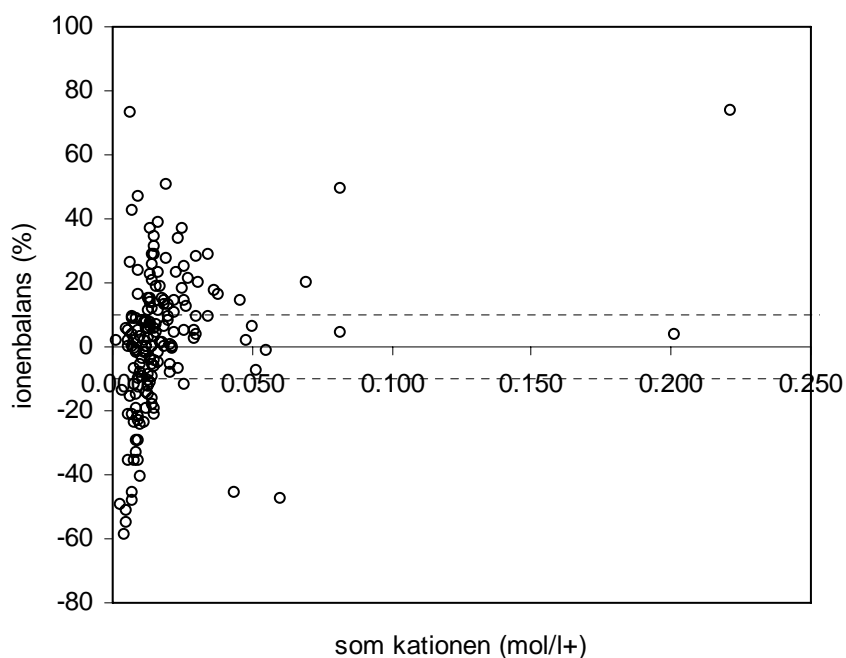
Provincie Zuid-Holland 1989. provinciaal grondwater kwaliteitsmeetnet - rapportage van de inrichting, Dienst Water en Milieu, Afdeling bodem en Afval, Bureau Bodembeheer, december 1989.

Postma, S. 2004. Bodemkwaliteitskaart op basisniveau van het landelijke gebied van Zuid-Holland, DHV, Amersfoort.

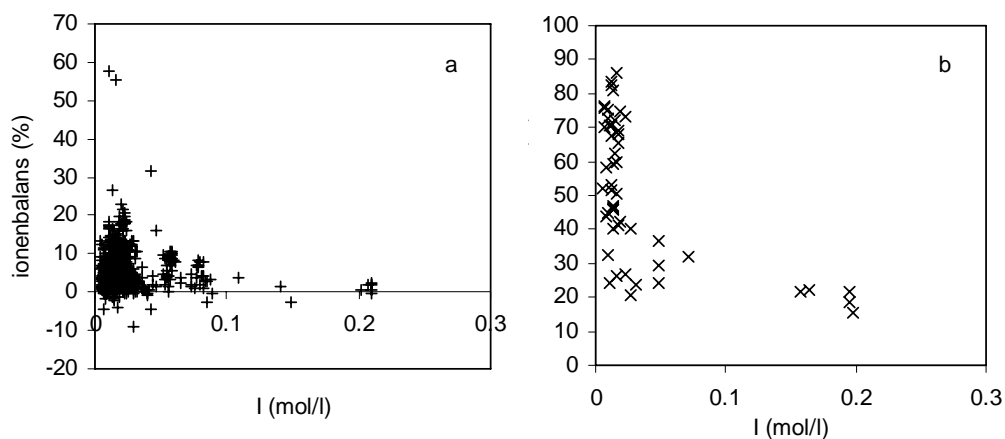
Passier, H.H., Bussink, E.R.V. 2003. Evaluatie eutrofiëring meetnet freatisch grond water provincie Zuid-Holland 1995-2001, projectnr. 005.63044, TNO-NITG rapport nr. 03-135-B, Utrecht.

Snelting, H., J.M. Boumans, en W. van Duijvenbooden 1990. Evaluatie van het grondwaterkwaliteitsmeetnet in Zuid-Holland. RIVM rapportnr. 729000001, Bilthoven.

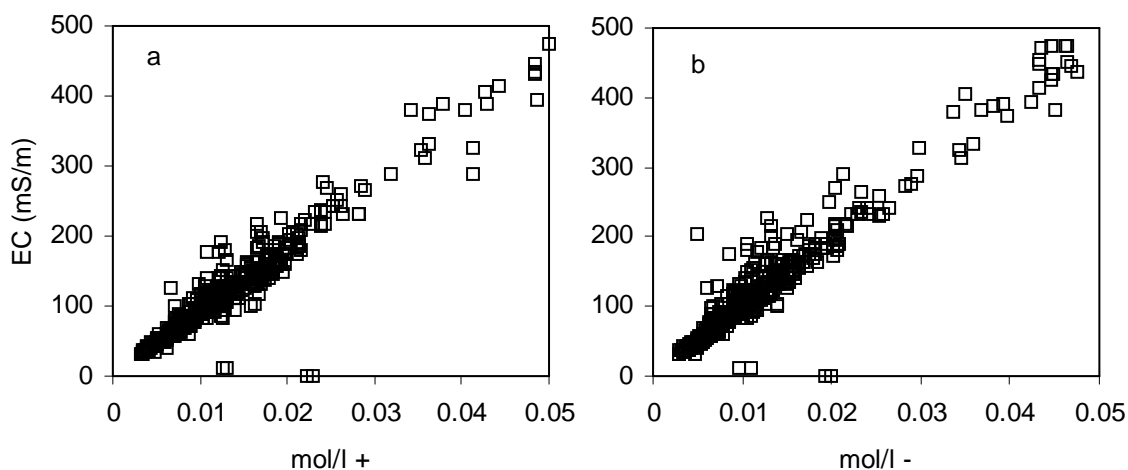
Bijlage 1 Kwaliteit datasets



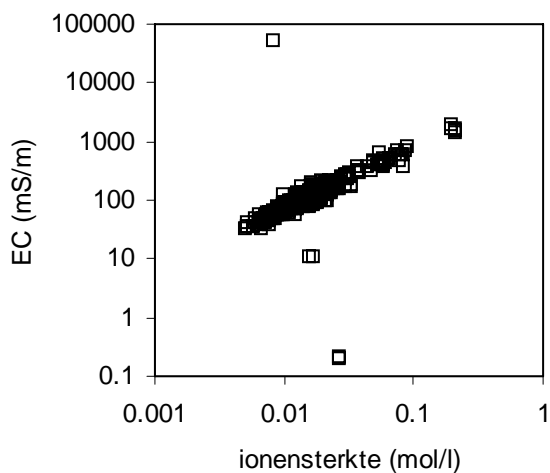
Figuur 2 Ionenbalans van freatische water (n=163, excl. data PMG)



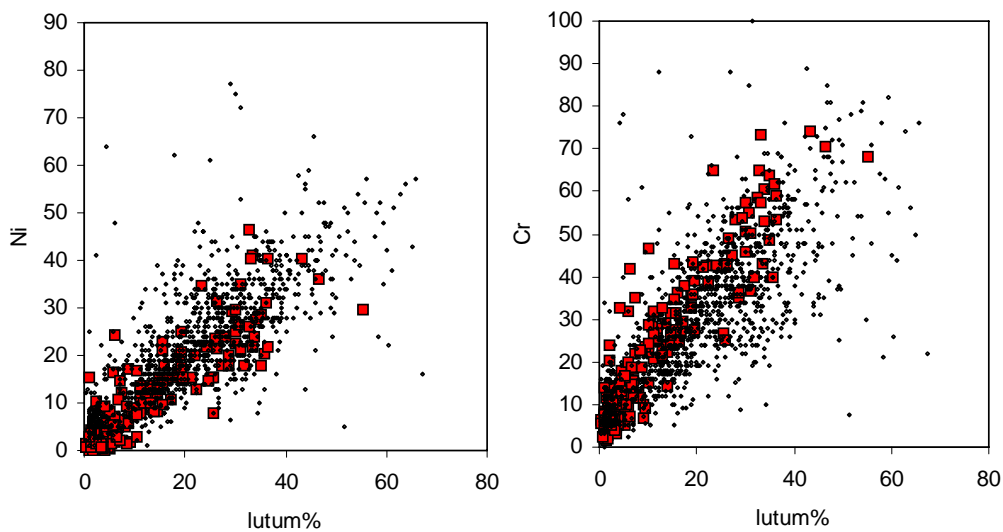
Figuur 3 Ionenbalans van grondwater (n= 795, Provinciaal Meetnet Grondwaterkwaliteit 1990 t/m 2004). In het geval dat er van een bepaald meetjaar geen gemeten pH waarde beschikbaar is, is de gemiddelde pH van het filter gebruikt. In twintig monsters ook op deze manier geen pH beschikbaar, voor de berekening is pH 7 gehanteerd. Fig 2a: monsters waarin bicarbonaat is bepaald, Fig 2b. Monsters waarin geen bicarbonaat is bepaald (n=52).



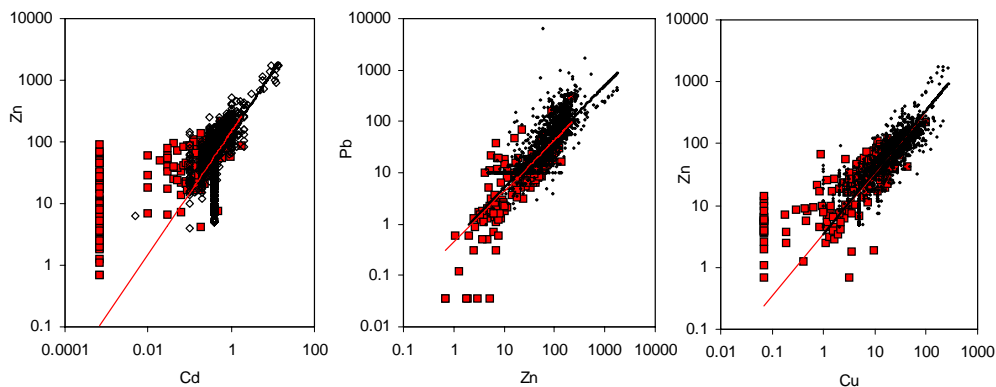
Figuur 4 Geleidbaarheid (veld of lab) in relatie tot de berekende som aan kationen (fig. 3a) en de som anionen (fig 3b). Om een duidelijker beeld te krijgen zijn alle data met een EC groter dan 500 in deze figuren niet zichtbaar.



Figuur 5 Geleidbaarheid (veld of lab) in relatie tot de ionensterkte. De verhouding 10 of 1000 in de uitbuiters wijst op verkeerd overgenomen getallen in de database: mS of uS, en mScm mS/m. Het betreft (locatie, filter jaartal): 1236(3) 2000, 1236 (4) 2000, 1241 (4) 2000, 1243 (3) 2000 en 1243 (4) 2000.

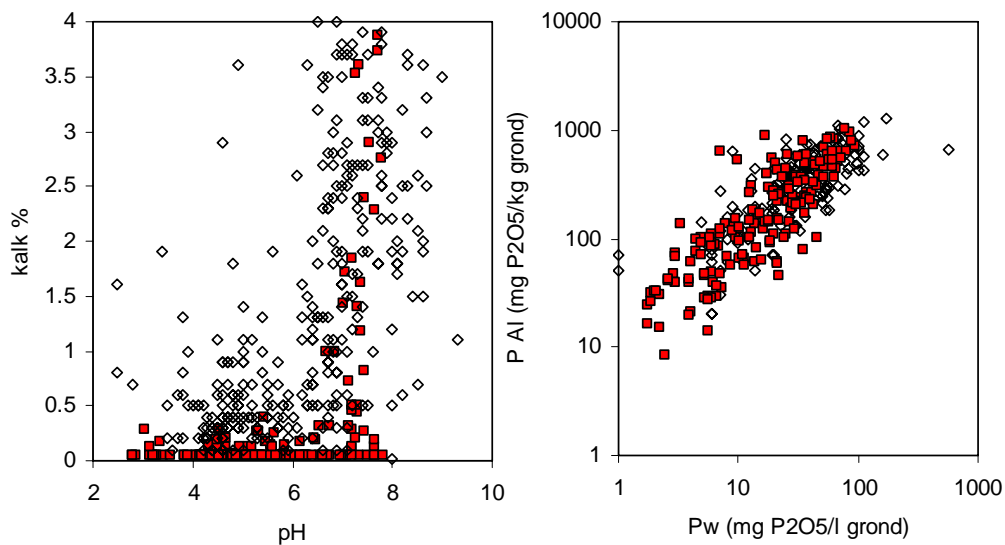


Figuur 6 Kwaliteitscontrole bodemgegevens. Correlaties tussen de metalen Ni en Cr en lutum, en vergelijking met ander onderzoek (AW 2000, Lame et al., 2004). Kleine symbolen: bodemmeetnet Zuid-Holland, rode vierkantjes: AW2000.



Figuur 7 Kwaliteitscontrole bodemgegevens. Correlaties tussen de metalen (in mg.kg^{-1}) Cd en Zn, Pb en Zn, en Pb en Cu, en vergelijking met ander onderzoek (AW 2000, Lame et al., 2004). Kleine symbolen: bodemmeetnet Zuid-Holland, rode vierkantjes: AW2000. Lijnen geven de lineaire regressievergelijkingen door nulpunt per dataset (rood AW2000, zwart bodemmeetnet ZH).

De kalkgehalten zijn vergeleken met de geanalyseerde pH waarden in onderstaande figuur. Opvallend is dat tot 3,5% kalk gevonden wordt terwijl de zuurgraad beneden pH 6 ligt. Het is bekend dat schelpdeeltjes meegenomen worden in de kalkanalyse maar weinig effect hebben op de pH doordat ze weinig specifiek oppervlak hebben. Het verschil met ander onderzoek is echter groot. Dit geeft enige twijfel aan de kalkanalyse dan wel aan de pH analyse.



Figuur 8 Kwaliteitscontrole bodemgegevens. Vergelijking tussen pH en kalk in grond en ander onderzoek (AW 2000, Lame et al., 2004), en Pw en P-Al getallen en ander onderzoek (Rietra et al., 2004) (open symbolen: bodemmeetnet Zuid-Holland, rode vierkantjes; fig a: AW2000, fig b: Rietra et al, 2004).

De gegeven P-Al en Pw gegevens zijn op twee manieren gecontroleerd. Ze zijn tegen elkaar uitgezet (zie bovenstaande figuur) en vergeleken met ander onderzoek (Rietra et al., 2004), en in onderstaande tabellen is gekeken in welke klassen de gegevens vallen. Dat leidt tot de verdeling zoals te zien is in onderstaande tabellen. Het aantal extreme hoge Pw getallen is zeer hoog (50 monsters hoger dan 100, maximaal 570 mg P_2O_5/l).

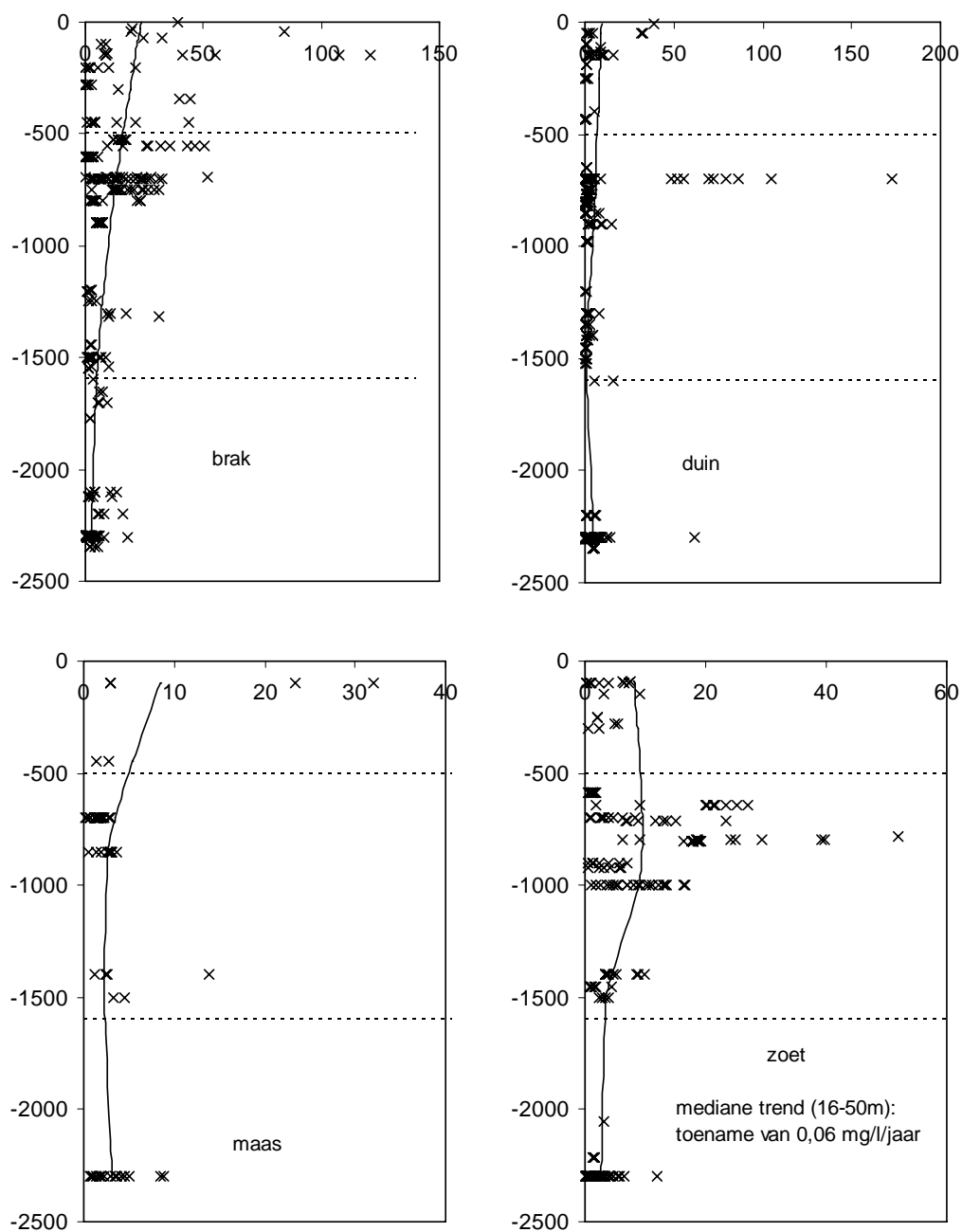
Tabel 9 P-Al getal bodemmeetnet Zuid-Holland (n=462) indien aangenomen wordt dat gegevens uitgedrukt zijn als mg $P_2O_5 / 100$ g grond en niet zoals gegeven in mg P_2O_5 per kg grond.

| P-Al getal in mg $P_2O_5 / 100$ g grond | % |
|---|----|
| Laag <18 | 27 |
| Vrij laag 18-29 | 30 |
| Voldoende 30-39 | 19 |
| Ruim voldoende 40-55 | 24 |
| Hoog >55 | 50 |

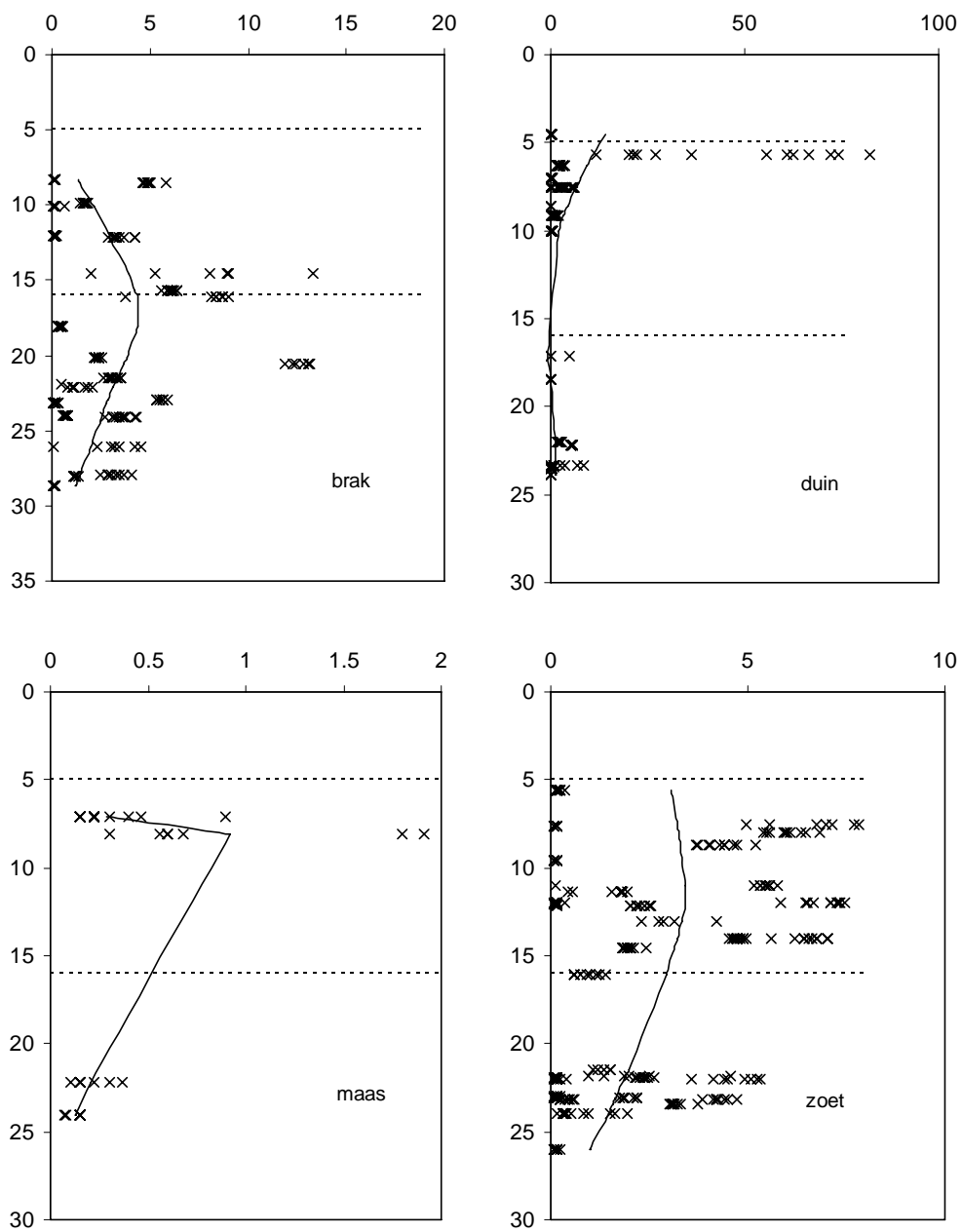
Tabel 10 P-w getal bodemmeetnet Zuid-Holland (n=462) indien aangenomen wordt dat gegevens uitgedrukt zijn als mg $P_2O_5 / 100$ g grond en niet zoals gegeven in mg P_2O_5 per kg grond.

| P-w getal in mg $P_2O_5 / liter$ grond | % |
|--|----|
| Zeer laag <11 | 8 |
| Laag 11-20 | 10 |
| Voldoende 21-30 | 15 |
| Ruim voldoende 31-45 | 17 |
| Vrij hoog 46-60 | 9 |
| Hoog >60 | 40 |

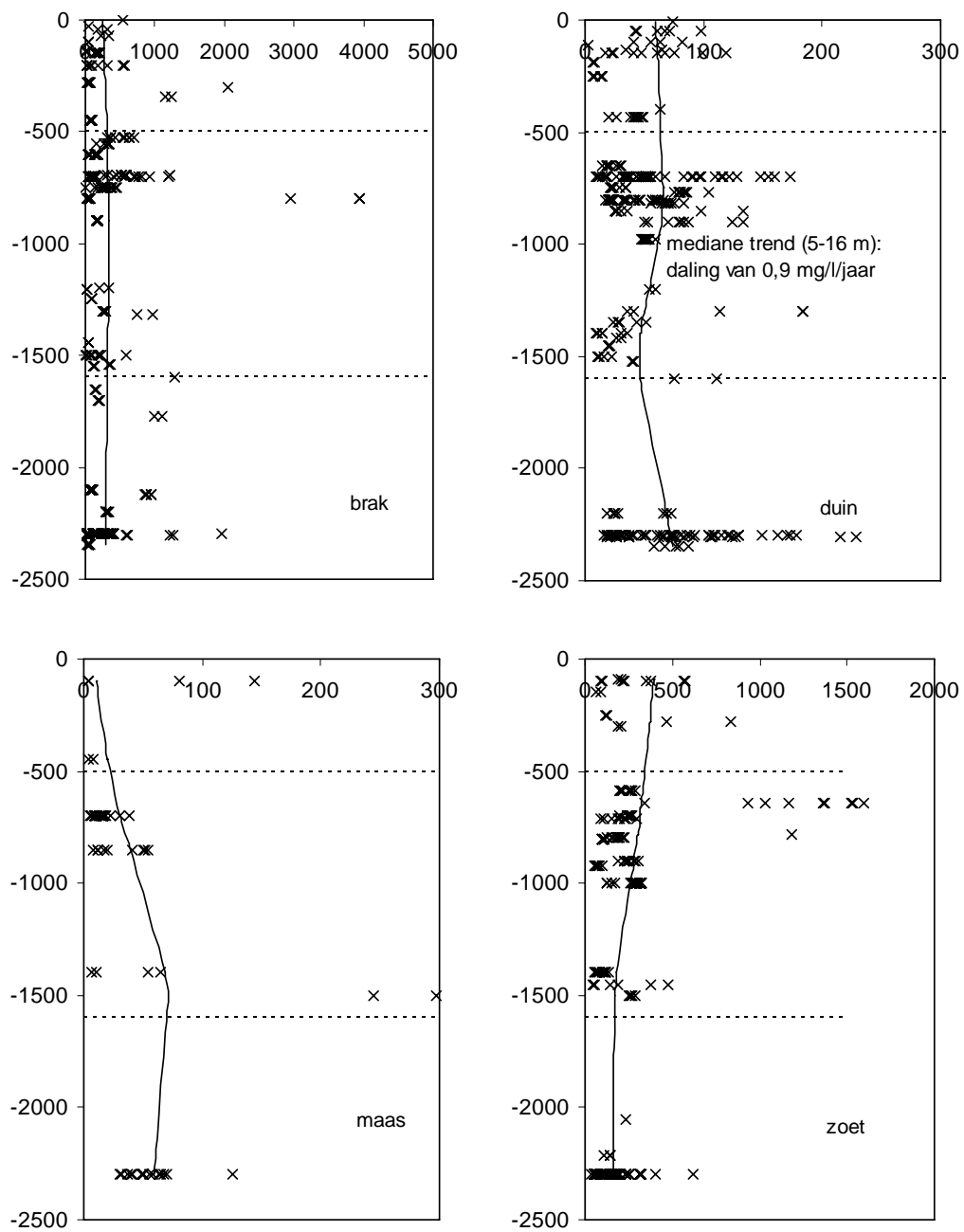
Bijlage 2 Per grondwaterlichaam geaggregeerde trends



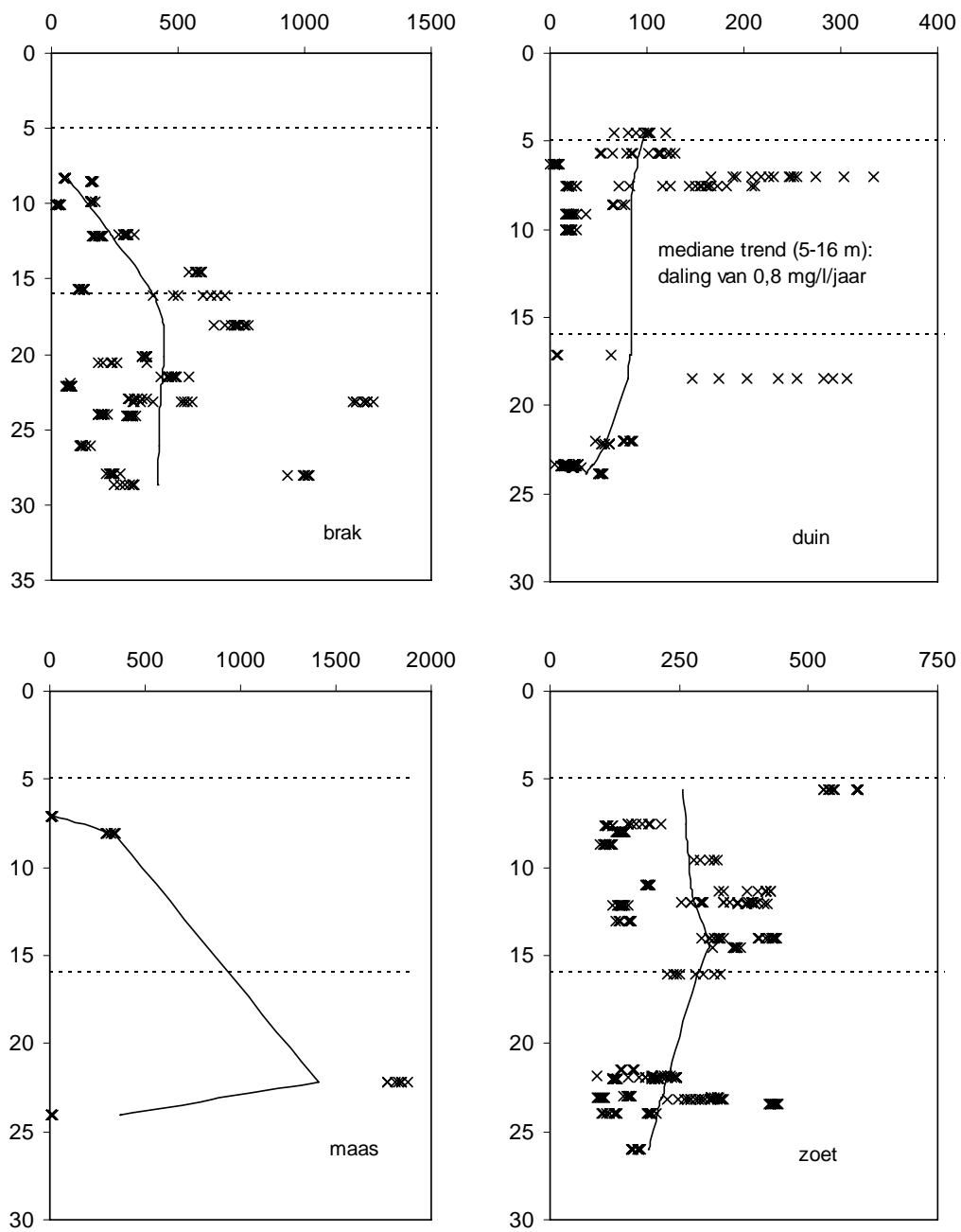
Figuur 9 As ($\mu\text{g/l}$) in PMG als functie van de diepte (cm)



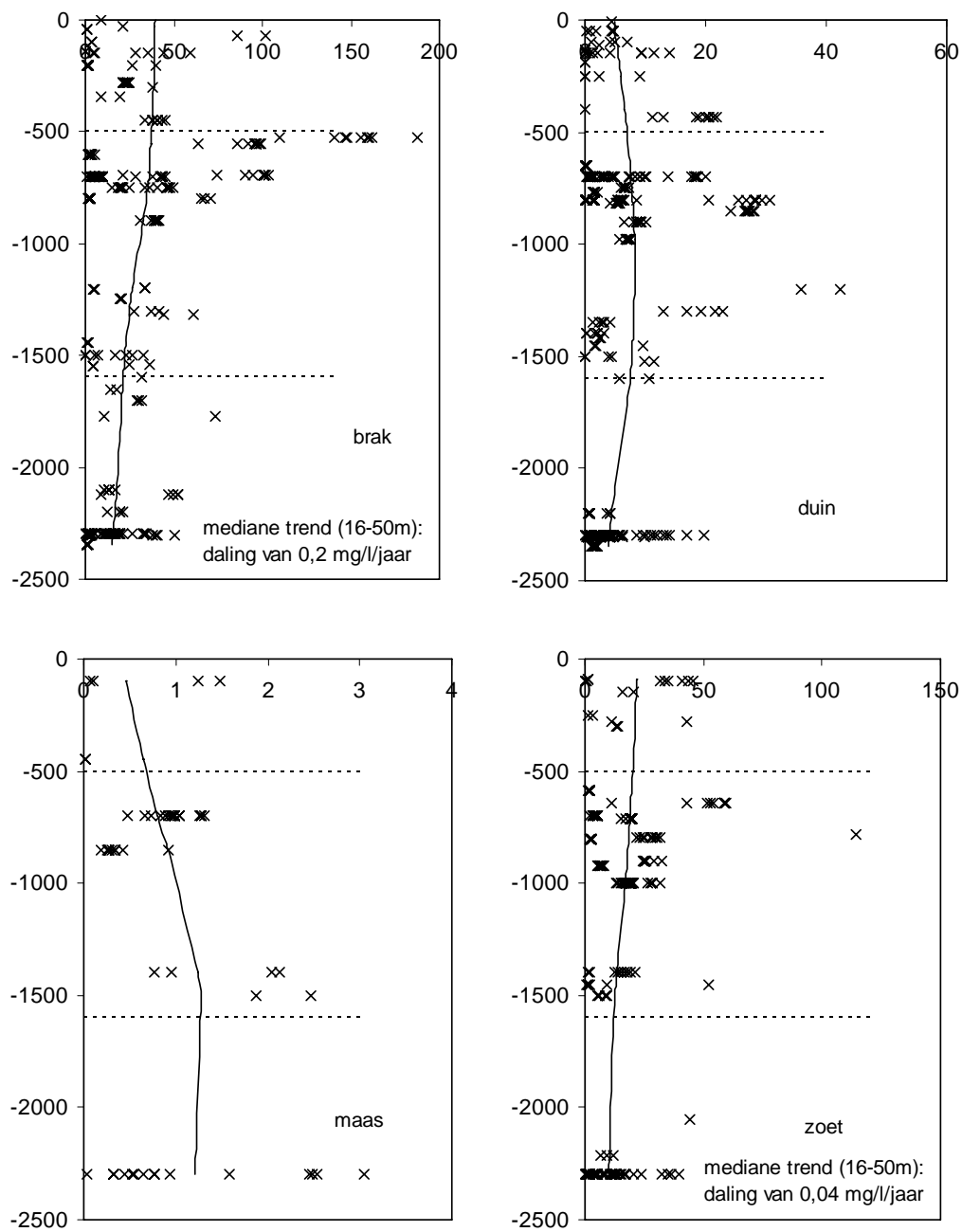
Figuur 10 As ($\mu\text{g/l}$) in LMG als functie van de diepte (m)



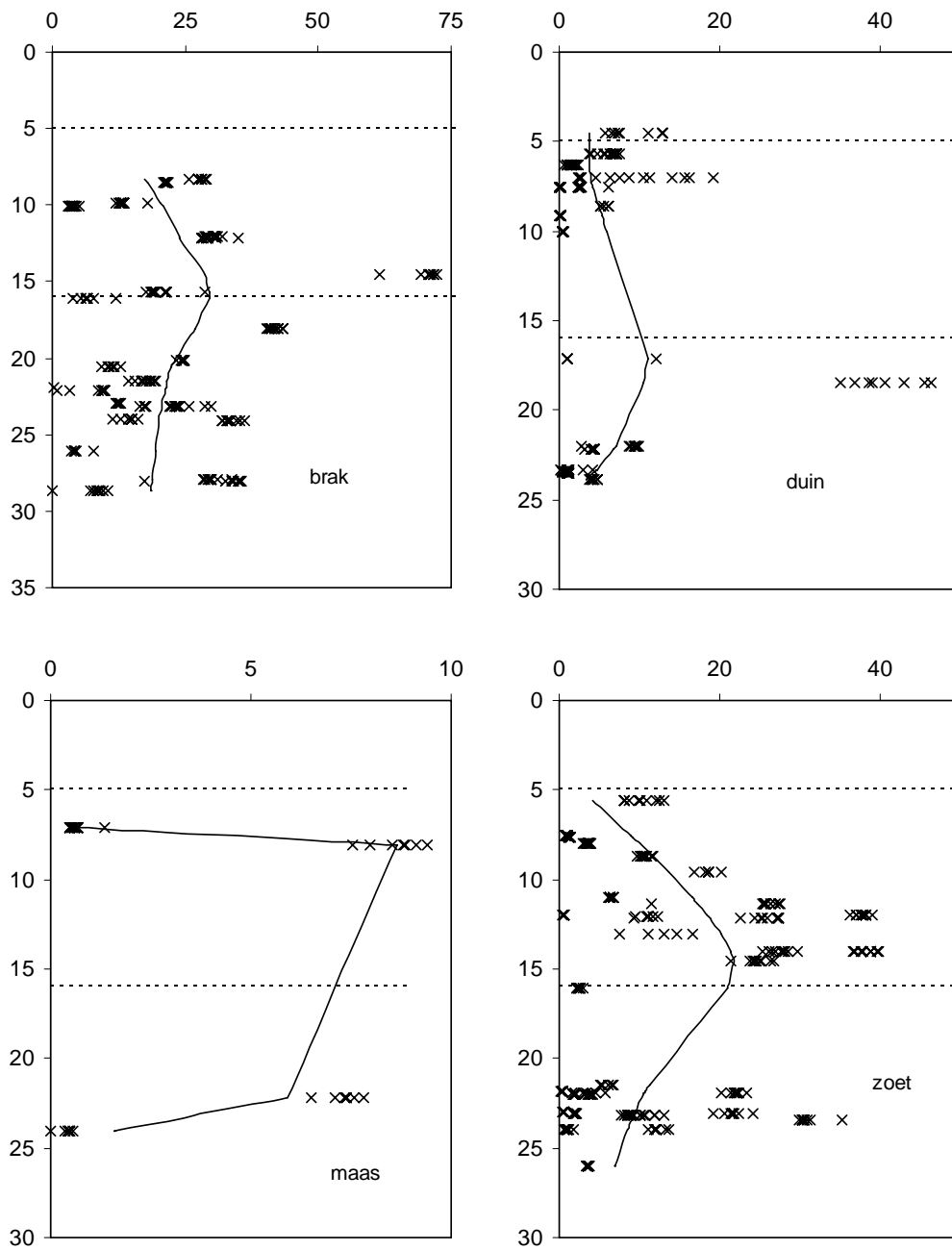
Figuur 11 Ba ($\mu\text{g/l}$) in PMG (niet zichtbaar is één meting van 2660 mg/l in categorie duin 5-16 m) als functie van de diepte (cm)



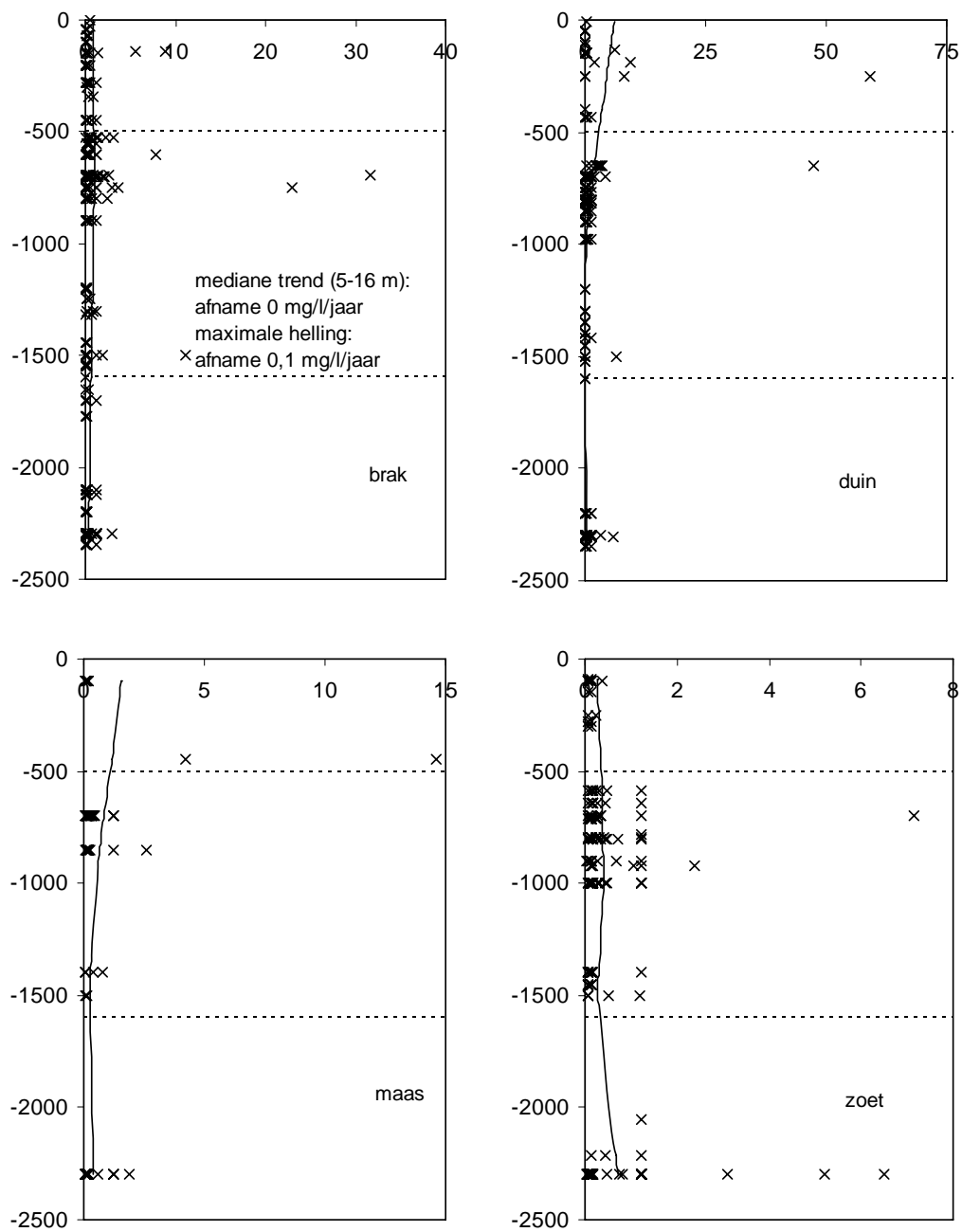
Figuur 12 Ba ($\mu\text{g/l}$) in LMG als functie van de diepte (m)



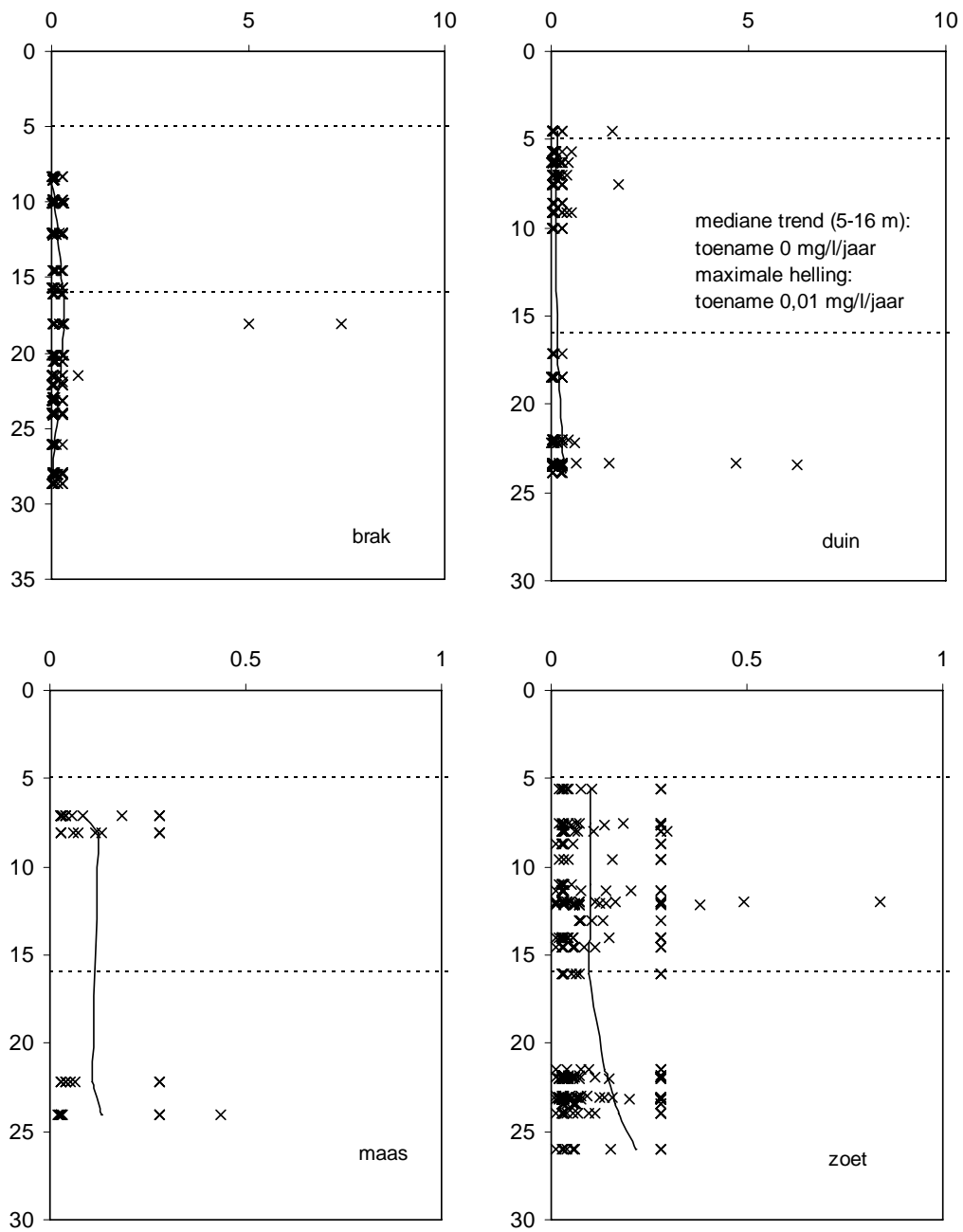
Figuur 13 NH_4 (mg/l) in PMG als functie van de diepte (cm)



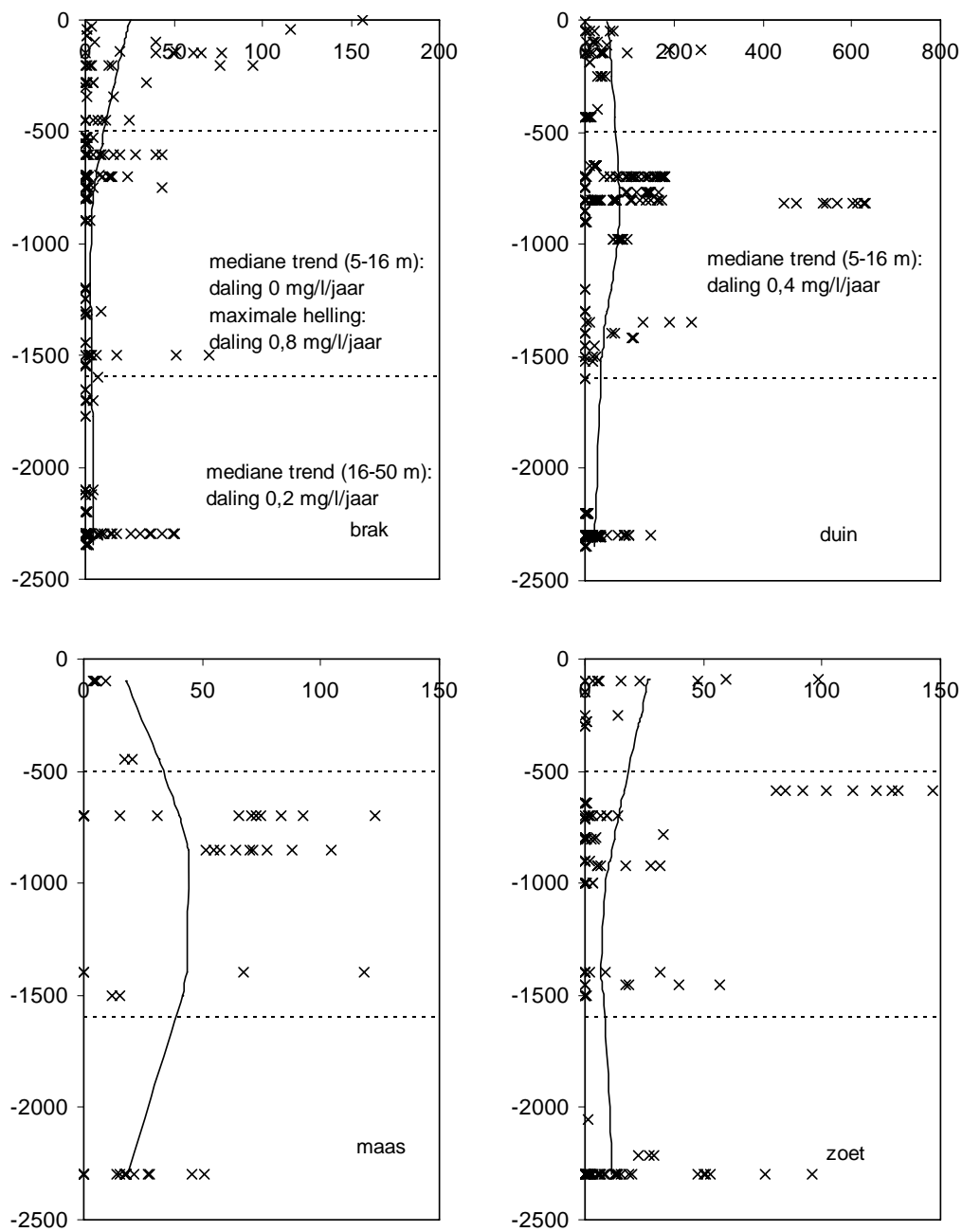
Figuur 14 NH_4 (mg/l) in LMG als functie van de diepte (m)



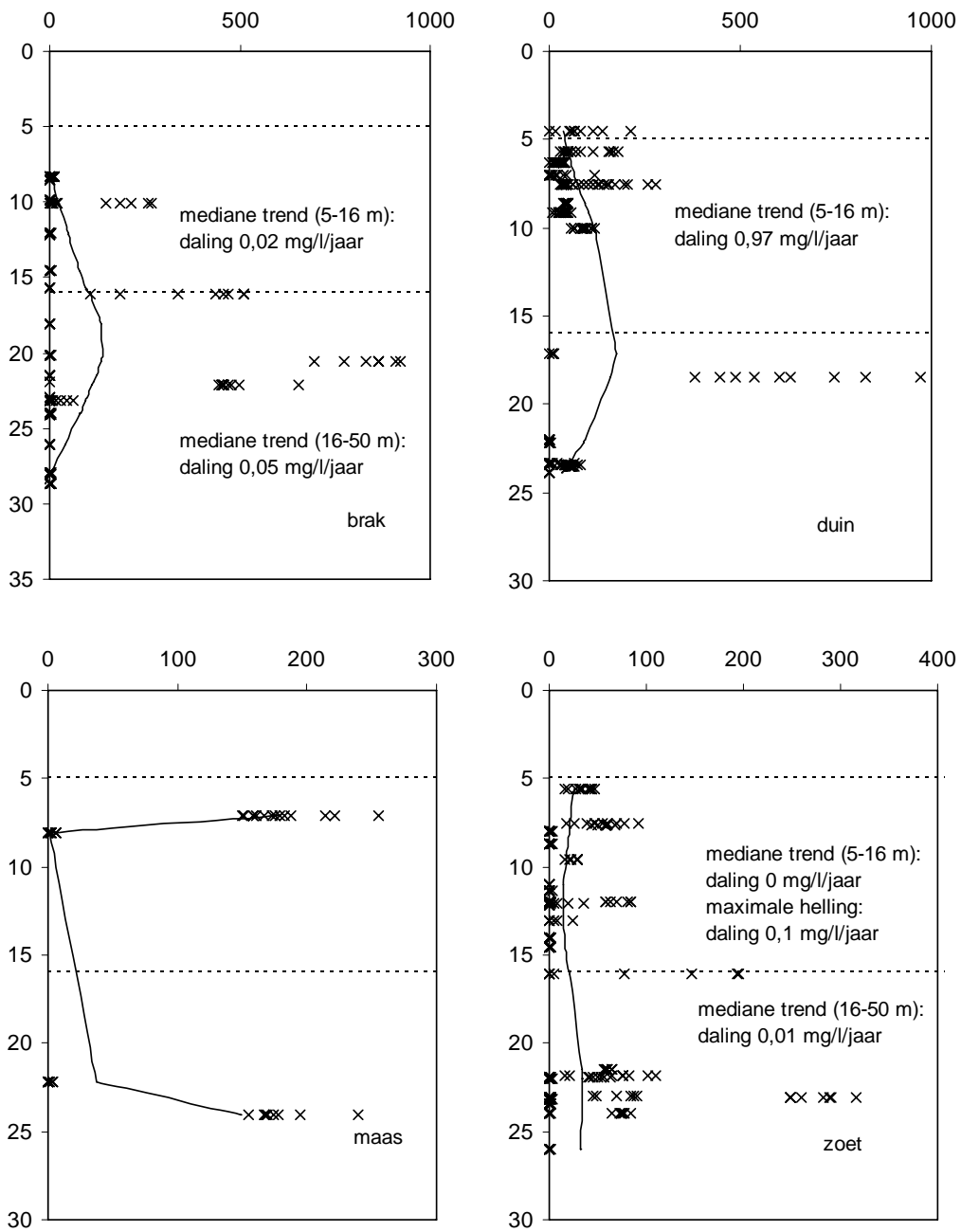
Figuur 15 NO_3 (mg/l) in PMG als functie van de diepte (cm).



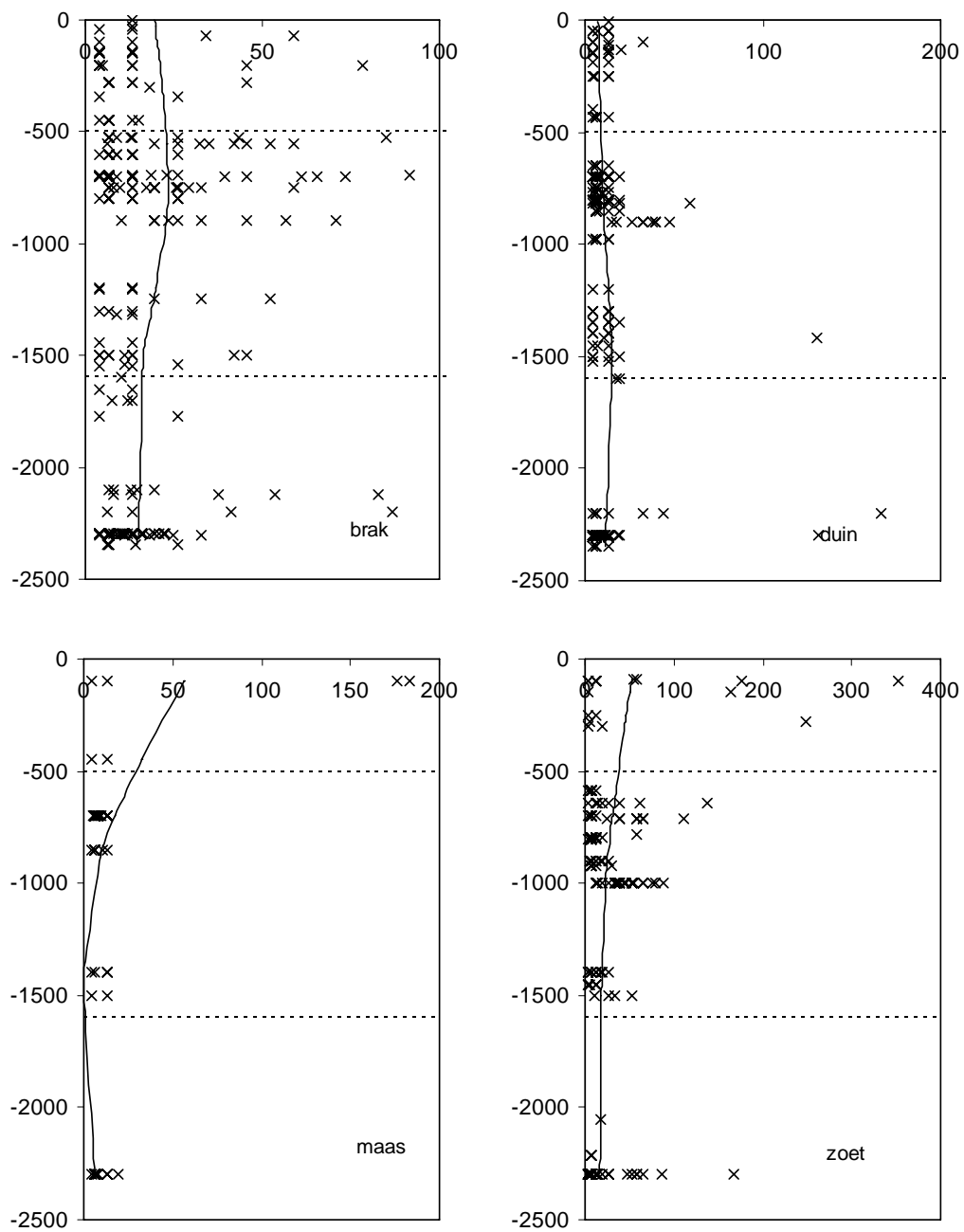
Figuur 16 NO_3 (mg/l) in LMG als functie van de diepte (m)



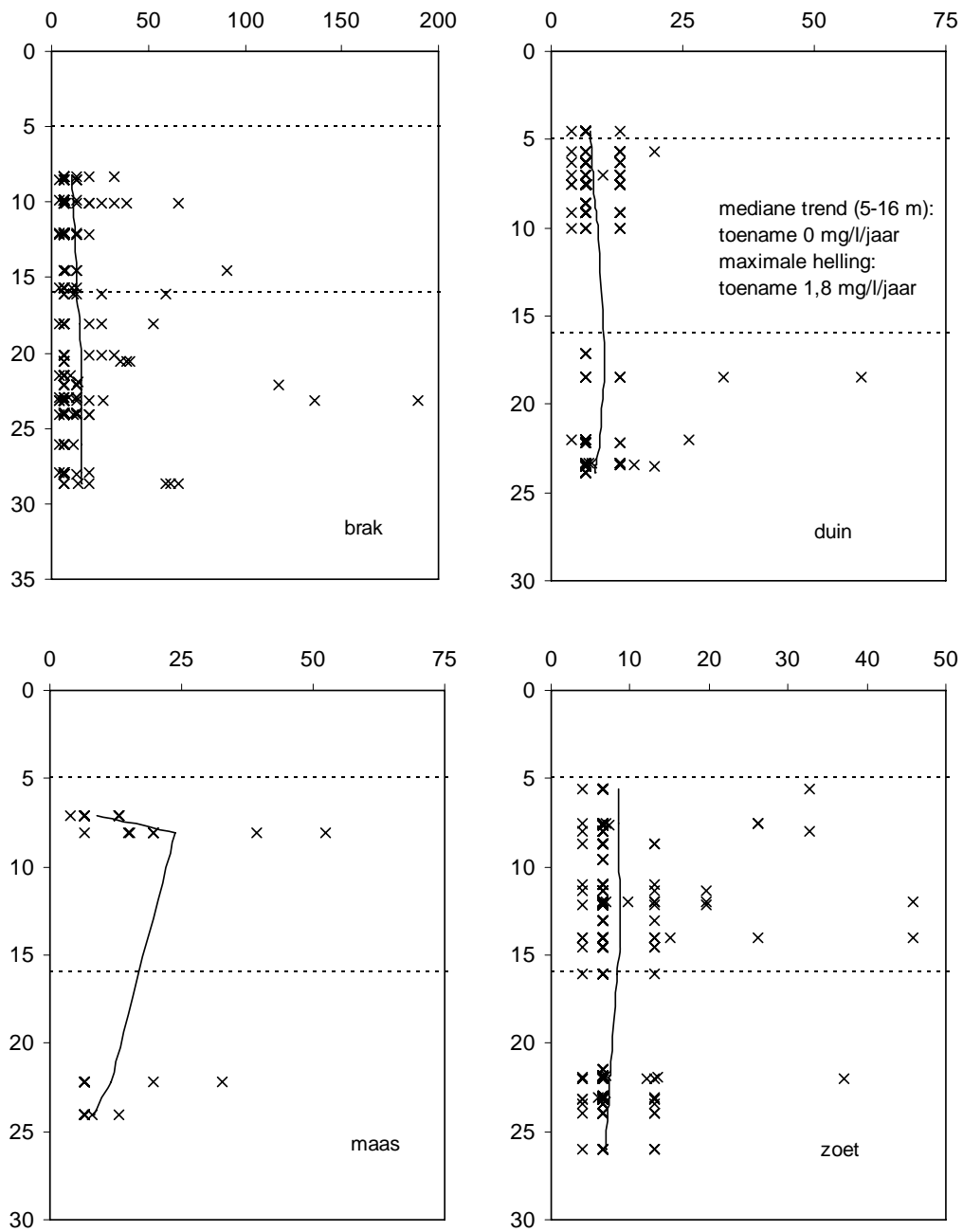
Figuur 17 SO_4 (mg/l) in PMG als functie van de diepte (cm)



Figuur 18 SO₄ (mg/l) in LMG als functie van de diepte (m).



Figuur 19 Zn ($\mu\text{g/l}$) in PMG (niet zichtbaar is één meting van 863 mg/l in categorie brak water) als functie van de diepte (cm)



Figuur 20 Zn (ug/l) in LMG als functie van de diepte (m)

Bijlage 3 Trends per parameter per bemonsteringslocatie

Op CD-ROM