

RIVM rapport 680100003/2007

**Onderzoek van vier boor- en
monsternemingsmethoden voor grondwater tot
vijf meter beneden de grondwaterspiegel in het
zandgebied**

B.G. van Elzaker, L.J.M. Boumans, B. Fraters,
L.F.L. Gast

Contact: Bernard van Elzaker
Laboratorium voor Milieumetingen
bernard.van.elzaker@rivm.nl

Dit onderzoek werd verricht in opdracht en ten laste van de Ministeries van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieu (VROM) en Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit (LNV), in het kader van project M/680100, Landelijk Meetnet Effecten Mestbeleid

Rapport in het kort

Onderzoek van vier boor- en monsternemingsmethoden voor grondwater tot vijf meter beneden de grondwaterspiegel in het zandgebied

De zogeheten Multi-Channel Well (MCW) geplaatst met de SonicSampDrill blijkt de beste methode te zijn om het grondwater bij landbouwbedrijven tot vijf meter onder de grondwaterspiegel te analyseren. Dat komt vooral doordat deze methode in staat is om tot die diepte met één machinale trilboring meerdere monsternemingsfilters te plaatsen. Daardoor zijn minder boorgaten nodig.

Momenteel wordt bij landbouwbedrijven de grondwaterkwaliteit gemeten in de bovenste meter van het grondwater. Met die metingen, uitgevoerd binnen het Landelijk Meetnet Effecten Mestbeleid (LMM) worden effecten van het mestbeleid op de grondwaterkwaliteit onderzocht; die effecten weerspiegelen zich in de bovenste meter.

Daarnaast worden deze metingen gebruikt om de grondwaterkwaliteit te toetsen aan de nitraatnorm. Momenteel wordt onderzocht of de toetsdiepte voor nitraat verlaagd kan worden naar vijf meter. Ten eerste omdat de Europese regelgeving daar ruimte voor lijkt te bieden. Ten tweede omdat nitraatconcentraties dieper in de bodem kunnen afnemen. Hierdoor wordt nu mogelijk te streng getoetst. Met de LMM-methode kan echter niet zo diep geboord worden. Mocht de toetsdiepte worden verlaagd, dan is dus een andere monsternemingsmethode vereist.

Het RIVM heeft vier methoden onderzocht. Het onderzoek is uitgevoerd op zestien boorlocaties bij vier melkveehouderijbedrijven verspreid over de vier grote zandgebieden in Nederland (Noord, Oost, Centraal en Zuid). De onderzochte methoden kenmerken zich onder andere door handmatig of machinaal boren en door de installatie van tijdelijke of permanente filters. De methoden zijn beoordeeld op hun praktische inzetbaarheid en op de kwaliteit van de monsterneming. Zo blijkt de handmatige Van der Staay-methode, die tijdelijke filters plaatst, slechts op vijftig procent van de locaties op de gewenste diepte te kunnen komen. Met de machinale Uitschuifbare Punt-methode, die ook tijdelijke filters plaatst, is het boren en het verzamelen van watermonsters in de praktijk niet goed te combineren. Bij de MCW en de Direct Well-methode (DW) worden na machinale boring permanente filters geplaatst. In tegenstelling tot de MCW heeft de DW daarbij voor ieder filter een apart boorgat nodig.

Trefwoorden: grondwater, toetsdiepte, nitraat, monsterneming

Abstract

Research on four drilling and sampling methods for groundwater up to five metres below groundwater level in sandy areas

The so-called Multi-Channel Well (MCW), installed using the SonicSampDrill, has proven to be the best method for analysing groundwater on farms up to five metres below groundwater level. This is because this method – using just one sonic drilling – allows placement of multiple sampling filters up to five metres below this level, so fewer boreholes are needed.

At the moment, groundwater quality on farms in the Netherlands is measured in the uppermost one metre of the groundwater. These measurements, carried out in the framework of the Netherlands National Monitoring Programme for Effectiveness of the Minerals Policy (LLM in Dutch) are used to determine effects of the fertiliser policy on the groundwater quality; effects are reflected in the topmost metre.

Besides this, measurements are also used to test the groundwater quality against the nitrate standard. At the moment it is being investigated if the test depth can be lowered to five metres. First of all, because this seems to be in line with the European regulations. And secondly, because concentrations of nitrate deeper in the soil can decrease. This involves the possibility of too stringent testing at the moment. However, the LMM method does not allow such deep drilling, so a lower test depth will require another drilling and sampling method.

RIVM has investigated four methods at four dairy farms. These dairy farms are spread across the four large sandy areas in the Netherlands (north, east, centre and south). Every farm contains four drilling sites, totalling 16. The methods investigated are characterised, for example, by hand or machine drilling and by the installation of temporary or permanent filters. Methods are assessed on practical application and the quality of the sampling. With the manual Van der Staay method, in which temporary filters are installed, the desired depth is achieved at only 50 per cent of the sites. With the use of the mechanised Extendable Point Method, in which temporary filters are placed too, drilling and water sampling forms a poor combination in practice. The MCW and the Direct Well (DW) methods allow placement of permanent filters after machine drilling. Contrary to the MCW method, the DW method requires a separate borehole for each filter.

Keywords: groundwater, compliance checking level, nitrate, sampling

Voorwoord

In opdracht van het Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieu en het Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit heeft het Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu een veldonderzoek uitgevoerd met enkele boor- en monsternemingsmethoden om na te gaan welke van deze methoden geschikt is om tot vijf meter onder de grondwaterspiegel representatieve grondwatermonsters te verzamelen en volgens welke procedures zo'n methode inzetbaar zou zijn in een meetnet.

Bij het onderzoek dat van juli tot en met december 2005 is uitgevoerd is nauw samengewerkt met de firma Eijkelkamp te Giesbeek voor de machinale methoden en het Fysisch Geografisch Laboratorium van de Universiteit van Utrecht voor de onderzochte handmatige methode. Hoewel diepere boringen op zich niet nieuw zijn kan gesteld worden dat de diversiteit aan gelijktijdig ingezette methoden en middelen dit onderzoek vrij uniek maakten. Het onderzoek is uitgevoerd bij vier landbouwbedrijven die hiervoor hun welwillende medewerking verleenden ondanks dat hun bedrijf met groot materieel en veel mensen gedurende enkele dagen 'bezet' zou worden. De gastvrijheid bij deze bedrijven was, naast het warme zomerweer tijdens de filterplaatsingen in juli, hartverwarmend. Er werden in juli lange dagen gemaakt om alle werkzaamheden binnen de strakke planning uitgevoerd te krijgen, wat met vereende krachten uiteindelijk ook gelukt is. De monsternemingen in het najaar van 2005 van de in juli geïnstalleerde permanente putten kon gelukkig onder iets minder hoge tijdsdruk uitgevoerd worden.

De auteurs bedanken Gerard Velthof (Alterra), Hans Peter Broers en Jasper Griffioen (TNO) en Wim Post (GeoDelft) als leden van de klankbordgroep, Huug Eijkelkamp en Gerard van Dijk en hun medewerkers van de firma Eijkelkamp, Theo Tiemissen en Chris Roozendaal en hun medewerkers van de Universiteit Utrecht, Niels Masselink, Ruud Jeths en de veldwerkers van het RIVM voor hun medewerking en inzet bij de voorbereiding en de uitvoering van het veldonderzoek, de medewerkers van de Afd. Analytische Chemie van het Laboratorium voor Milieumetingen voor het analyseren van alle grondwatermonsters en Cor de Jong voor het maken van de kaartjes voor dit rapport.

Bernard van Elzakker, Leo Boumans, Dico Fraters, Lou Gast

Maart 2007

Inhoud

Samenvatting 11

1. Inleiding 13

- 1.1 *Aanleiding voor het onderzoek* 13
- 1.2 *Doel en opzet van dit onderzoek* 14
- 1.3 *Te onderzoeken methoden* 16
- 1.4 *Onderzoekslocaties* 18
- 1.5 *Overwegingen bij de filterplaatsing en -afwerking* 21

2. Materiaal en methoden 23

- 2.1 *Aanpak en overzicht* 23
- 2.2 *De standaard LMM-methode en de AquaLock* 24
- 2.3 *Veldprotocol voor de installatie van de filters* 25
 - 2.3.1 *Filterinstallatie algemeen* 25
 - 2.3.2 *Positie op de boorlocatie* 26
 - 2.3.3 *Bepaling van de actuele grondwaterstand en de GLG* 26
 - 2.3.4 *Verzameling grondprofielen en beschrijving bodemtextuur* 27
 - 2.3.5 *Vaststelling van afwijkende lagen* 29
 - 2.3.6 *Lengte en plaatsing van de tijdelijke filters* 30
 - 2.3.7 *Lengte, plaatsing en afwerking van de permanente filters* 30
- 2.4 *Monsterneming, -verzameling en conservering* 31
- 2.5 *Veldmetingen* 32
- 2.6 *Analyses in het laboratorium* 33
- 2.7 *Gegevensverwerking en validatie* 34

3. Resultaten en discussie 35

- 3.1 *Filterinstallatie en monsterneming* 35
 - 3.1.1 *Grondwaterstanden (actueel en GLG)* 35
 - 3.1.2 *Verzamelde grondmonsters met de Aqualock* 40
 - 3.1.3 *Bodemtextuur en afwijkende lagen* 40
 - 3.1.4 *Aantallen filters gepland, gerealiseerd en watervoerend* 44
 - 3.1.5 *Gerealiseerde filterplaatsing* 46
 - 3.1.6 *Observaties bij de plaatsing van de tijdelijke filters* 50
 - 3.1.7 *Observaties bij de plaatsing van de permanente filters* 50
- 3.2 *Uitvoeringstechnische aspecten* 53
 - 3.2.1 *Boren tot 5 m onder de grondwaterspiegel* 53
 - 3.2.2 *Verzameling van grondmonsters met de Aqualock* 53
 - 3.2.3 *Filterplaatsingen* 55
 - 3.2.4 *Monsterneming van het grondwater* 57
 - 3.2.5 *Afwerking van de permanente putten* 57
 - 3.2.6 *Herbemonstering van de permanente putten* 58
- 3.3 *Veldmetingen* 59
- 3.4 *Vergelijking en interpretatie analysesresultaten* 61
 - 3.4.1 *De kwaliteit van het grondwater* 61
 - 3.4.2 *De kwaliteit van het werkwater* 63

- 3.4.3 Variatie van de kwaliteit van het bovenste grondwater 64
- 3.4.4 Vergelijking permanent versus tijdelijk (ondiep) filter 66
- 3.4.5 Vergelijking handmatige versus machinale boormethode (diepe filters) 69

4. Conclusies en aanbevelingen 73

- 4.1 *Veldprotocol voor de plaatsing van de filters* 73
- 4.2 *Uitvoeringstechnische aspecten onderzochte methoden* 74
- 4.3 *Vergelijking van de analysesresultaten* 77
- 4.4 *Slotconclusie* 78

Literatuur 81

- Bijlage 1 SonicSampDrill 85**
- Bijlage 2 Onderzochte bemonsteringsmethoden voor grondwater 87**
- Bijlage 3 Boorlocaties bedrijf te Nieuweroord 94**
- Bijlage 4 Boorlocaties bedrijf te Nutter 95**
- Bijlage 5 Boorlocaties bedrijf te Maarheeze 96**
- Bijlage 6 Boorlocaties bedrijf te Spankeren 97**
- Bijlage 7 Standaard LMM-methode voor zandgronden 99**
- Bijlage 8 Afwerking van de permanente putten 101**
- Bijlage 9 TNO-foto's grondmonsters alle boorlocaties 105**
- Bijlage 10 Analysesresultaten alle bedrijven, ronde 1 111**
- Bijlage 11 Analysesresultaten en veldgegevens ronde 1 t/m 3 (CD-ROM) 145**
- Bijlage 12 Veldmetingen alle bedrijven, ronde 1 147**

Samenvatting

In het Landelijk Meetnet Effecten Mestbeleid (LMM) wordt op landbouwbedrijven onder andere de kwaliteit van het bovenste grondwater gemeten. De bedrijfsvoering met betrekking tot het mestgebruik weerspiegelt zich namelijk op relatief korte termijn in de kwaliteit van dit grondwater. De metingen worden ook gebruikt voor toetsing aan de norm voor nitraat in grondwater (50 mg/l). Volgens het concept monitorrichtsnoer van de EU Nitraat Richtlijn dient de kwaliteit van het grondwater niet alleen voor het hele grondwaterpakket bepaald te worden, maar specifiek ook in de bovenste vijf meter van de verzadigde zone. Omdat de nitraatconcentratie met de diepte af kan nemen (bijvoorbeeld door denitrificatie) wordt met de metingen in de bovenste meter nu mogelijk te streng getoetst. Als onderdeel van een onderzoek naar een eventuele aanpassing van de toetsdiepte voor nitraat in grondwater (Fraters et al., 2006) is een onderzoek uitgevoerd naar vier boor- en monsternemingsmethoden tot vijf meter onder de grondwaterspiegel. De methode zoals in gebruik in het LMM is namelijk niet geschikt voor diepere monsternemingen. Het onderzoek naar de vier boor- en monsternemingsmethoden wordt hier gerapporteerd. Doel van het onderzoek is de inzetbaarheid van de methoden onder praktijkomstandigheden na te gaan en zo mogelijk de beste methode te selecteren voor bemonstering van het grondwater tot vijf meter onder de grondwaterspiegel. Hierbij is gekeken naar technische aspecten van de methoden en zijn de verzamelde grondwatermonsters geanalyseerd en onderling vergeleken. Omdat de methode wellicht ingezet moet gaan worden in een meetnet is ook gekeken of het veldprotocol voor de installatie van de filters voldoet.

De vier onderzochte methoden zijn geselecteerd na een vooronderzoek in 2005 naar 12 methoden (Van Elzakker en Gast, 2006). De vier methoden onderscheiden zich naar handmatige of mechanische boring en naar de plaatsing van tijdelijke of permanente filters. De methoden zijn parallel en tegelijk met de standaard LMM-methode ingezet op 16 boorlocaties verdeeld over vier melkveehouderijbedrijven in ieder van de vier grote zandgebieden in Nederland. Op iedere boorlocaties zijn één of meerdere filters geplaatst in de bovenste meter van het grondwater en één of meerdere filters vijf meter lager. Hiervoor werd een veldprotocol ontwikkeld. Voorafgaand aan de plaatsing is eerst de bodemtextuur geanalyseerd om onder andere de aanwezigheid van afwijkende lagen vast te stellen en in afhankelijkheid daarvan de positie van de filters. Tevens zijn grondmonsters verzameld voor het onderzoek naar de denitrificatiecapaciteit van de bodem (Fraters et al., 2006). Na plaatsing van de filters zijn grondwatermonsters verzameld en geanalyseerd. Dit is voor de permanente filters na circa één en na vijf maanden herhaald.

Uit het onderzoek volgt dat, afhankelijk van de methode, 17 tot 42% van de geplaatste filters geen water levert. De handmatige Van der Staay-methode waarbij tijdelijke filters worden geplaatst blijkt slechts in circa 50% van de gevallen op de gewenste diepte te kunnen komen. De Uitschuifbare Punt-methode waarbij een tijdelijk filter wordt geplaatst komt wel op diepte, maar de monsterneming is moeilijk te combineren met het machinaal boren. Bij de mechanische methoden die permanente filters plaatsen (Direct Well en Multi-Channel Well) wordt de grondwaterkwaliteit beïnvloedt door het gebruikte werkwater en mogelijk ook door

de sonische boormethode. Deze effecten blijken na vijf maanden praktisch verdwenen. De Multi-Channel Well verdient de voorkeur boven de Direct Well omdat er onder andere geen vergissingen mogelijk zijn met de filterdieptes en er zeven filters te plaatsen zijn met één boring. De installatie van meerdere filters in het traject tot vijf meter onder de grondwaterspiegel vergroot de kans dat er grondwater bemonsterd kan worden.

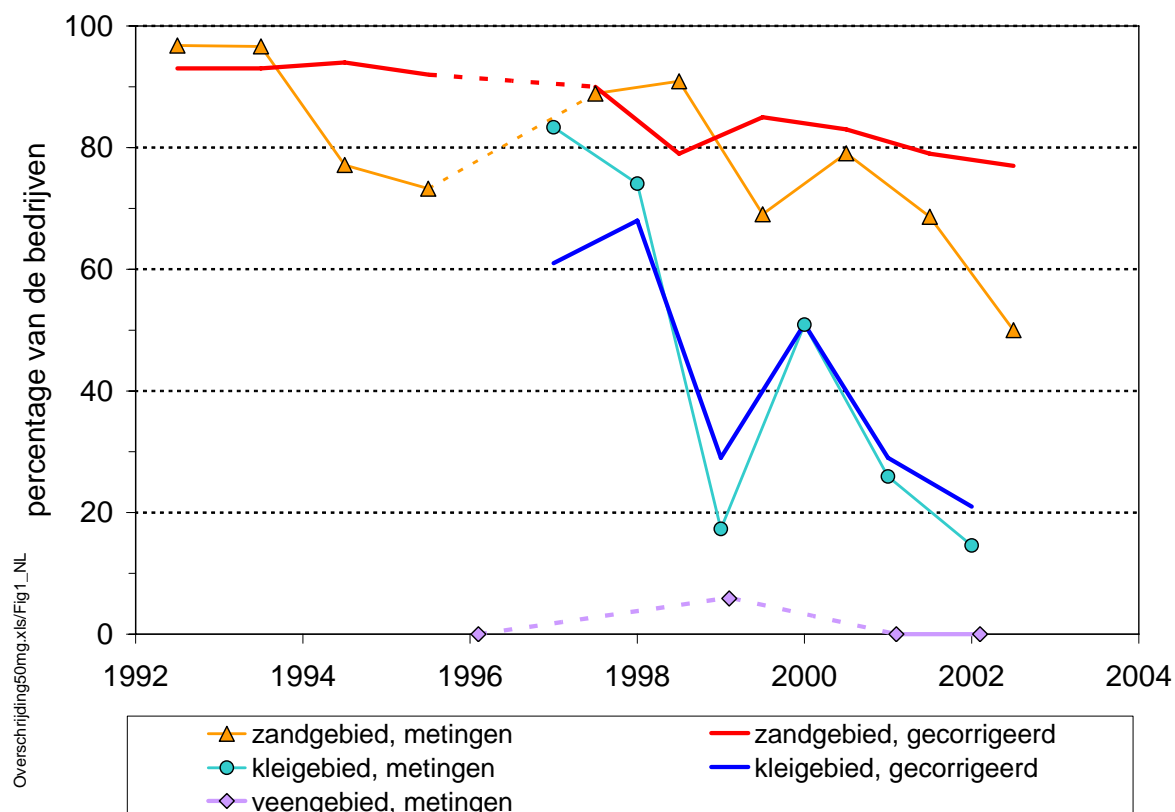
Aanbevelingen worden gedaan voor diverse optimalisaties bij de installatie van filters via deze methode.

Dit rapport bevat ook de resultaten van de chemische analyses van het grondwater die niet direct gebruikt zijn voor het onderzoek naar de vier boor- en monsternemingsmethoden maar wel voor het elders gerapporteerde onderzoek naar een nieuwe toetsdiepte voor nitraat (Fraters et al., 2006).

1. Inleiding

1.1 Aanleiding voor het onderzoek

In het Landelijk Meetnet Effecten Mestbeleid (LMM) wordt de kwaliteit van onder andere het bovenste grondwater gemeten. Dat wil zeggen, de bovenste meter van het freatisch grondwater (ondieper dan zo'n vijf meter beneden maaiveld). De effecten van de landbouwpraktijk zijn namelijk op korte termijn (1-3 jaar) zichtbaar in de kwaliteit van dit bovenste grondwater en daarmee de effecten van het beleid. De monsterneming is relatief eenvoudig en handmatig met een Edelmanboor uit te voeren. Uit jarenlange metingen blijkt dat de nitraatconcentratie op zandgronden weliswaar dalende is, maar dat de norm van 50 mg/l nog veelvuldig overschreden wordt, zie Figuur 1.1.



Figuur 1.1 Mate van overschrijding van de EU-waarde voor nitraat in grondwater van 50 mg/l; percentage landbouwbedrijven in het zand-, klei- en veengebied met een gemeten of gecorrigeerde nitraatconcentratie in de bovenste meter van het grondwater (zand, veen) of in het drainwater (klei) hoger dan 50 mg/l (Fraters et al., 2004)

Volgens het concept-monitorrichtsnoer behorende bij de Nitraat Richtlijn 91/676/EEC (EC, 2003) dient onder andere het bovenste deel van het freatisch grondwater bemonsterd te worden. Dit is verder gepreciseerd als de eerste vijf meter van de verzadigde zone. Bekend is

verder dat nitraatconcentraties met de diepte kunnen afnemen ten gevolge van bijvoorbeeld denitrificatie. Door omzettingen in de bodem wordt dan het nitraat afgebroken. Daardoor zou de nitraatconcentratie in de bovenste meter van het grondwater zoals bepaald in het LMM (veel) hoger kunnen zijn dan gemiddeld over de eerste vijf meter. Er zou dan dus strenger getoetst worden aan de norm dan strikt genomen nodig. Overigens is het niet per definitie zo dat nitraatconcentraties met toenemende diepte afnemen. Omdat het diepere grondwater ook jaren ouder is kan zich hierin de landbouwpraktijk van bijvoorbeeld 10 jaar geleden weerspiegelen. Het stikstofgebruik was toen hoger dan tegenwoordig met als gevolg een zwaardere belasting van het grondwater. Over het algemeen wordt echter op zandgronden op vijf meter onder de grondwaterspiegel een lagere nitraatconcentratie verondersteld dan in de bovenste meter. Om na te gaan of een lagere toetsdiepte voor nitraat opportuun is en zo ja, wat in dat geval de mogelijkheden zijn van een toetsdieptemetnet, is een uitgebreide studie uitgevoerd (Fraters et al., 2006).

1.2 Doel en opzet van dit onderzoek

Een onderdeel van die studie betreft het hier gerapporteerde veldonderzoek naar vier boor- en monsternemingsmethoden waarmee de nitraatconcentratie op vijf meter en/of de gemiddelde nitraatconcentratie van de bovenste vijf meter van het grondwater vast te stellen is. Het veldonderzoek moet antwoord geven op de vraag welke methode daarvoor het meest geschikt is. Om de inzetbaarheid van de vier boor- en monsternemingsmethoden onder praktijkomstandigheden zo goed mogelijk na te gaan is het onderzoek uitgevoerd op totaal zestien locaties verdeeld over vier landbouwbedrijven. Bijkomend voordeel is dat het onderzoek daardoor tevens inzicht verschaft in de grondwaterkwaliteit als functie van de diepte bij landbouwbedrijven op zandgrond. Die gegevens worden gebruikt in het eerder genoemde onderzoek naar de (on)mogelijkheden voor verlaging van de toetsdiepte voor nitraat (Fraters et al., 2006). De resultaten van het vergelijkende veldonderzoek worden, met de gevonden waterkwaliteitsgegevens op die vier landbouwbedrijven in dit rapport gepresenteerd.

De onderzochte methoden onderscheiden zich met name wat betreft de installatie van tijdelijke, respectievelijk permanente filters en het gebruik van handmatige, respectievelijk mechanische boormethoden. Het waarom en hoe tot de selectie van de vier te onderzoeken methoden, de vier landbouwbedrijven en de boorlocaties is gekomen alsmede de overwegingen bij de filterplaatsingen wordt in de navolgende paragrafen 1.3 t/m 1.5 besproken. Hier wordt eerst ingegaan op de algemene opzet van het veldonderzoek.

Die opzet houdt in dat op ieder van de zestien boorlocaties de vier te onderzoeken methoden en de standaard LMM-methode op korte afstand van elkaar worden ingezet voor monsterneming van het grondwater van globaal één tot vijf meter onder de grondwaterspiegel. Met de LMM-methode kan overigens alleen de bovenste meter van het grondwater bemonsterd worden.

Om nu een uitspraak te kunnen doen over welke methode het meest geschikt is, is onderzocht wat de technische implicaties zijn van ieder van de vier methoden en is nagegaan of met die methoden een representatief grondwatermonster van één tot vijf meter onder de grondwaterspiegel verzameld kan worden. Dit laatste wordt vastgesteld door de analyseresultaten van de met die methoden verzamelde watermonsters onderling te vergelijken. Daarbij wordt voor de bovenste meter van het grondwater de in het LMM toegepaste handmatige methode als referentiemethode beschouwd.

Wat betreft de technische aspecten wordt gekeken naar:

1. Inzetbaarheid in het veld, de mogelijkheid om op diepte te komen, het achterblijven van materialen in de bodem, de ARBO-geschiktheid et cetera;
2. Eventuele mogelijkheden voor optimalisatie van methoden;
3. Bruikbaarheid van het veldprotocol voor de filterplaatsing.

Om vast te stellen of een methode een representatief grondwatermonster oplevert worden de analyseresultaten van de vier methoden onderling vergeleken. Daarbij gaat het om de interpretatie van de methode-afhankelijke verschillen. Het is dus van belang om verschillen die door andere oorzaken kunnen ontstaan vooraf te onderkennen en zomogelijk te kwantificeren.

Voor oorzaken van methode-afhankelijke verschillen kan bijvoorbeeld gedacht worden aan:

1. Gebruikte boormethoden (mechanisch versus handmatig). Met name het mechanisch boren kan een verstoring van de vaste fase van de bodem veroorzaken en daardoor de kwaliteit van het grondwater beïnvloeden. Die effecten verdwijnen dan waarschijnlijk na verloop van tijd weer.
2. Installatie-effecten. Met name bij permanente filters kunnen kortsluitstromen voorkomen als de afdichtingen tussen de filters nog niet volledig functioneren. Verwacht wordt dat hierdoor tussen de filters minder variatie ontstaat in de chemische samenstelling. Door vergelijking met grondwatermonsters van tijdelijke filters kan de aan- of afwezigheid van kortsluitstroming aannemelijk worden gemaakt.
3. Gebruik van werkwater. Als bij een methode werkwater wordt toegepast kan gedurende een bepaalde tijd na de installatie van de filters de kwaliteit van het grondwater daardoor beïnvloedt zijn.
4. Methode-specifieke materialen en procedures.

De verwachting is dat eventuele invloeden van bodemverstoring, kortsluitstromen en werkwater na verloop van tijd verdwijnen. Daarom worden de permanente filters enkele maanden na installatie herbemonsterd en wordt ook het werkwater dat bij de installatie van de filters gebruikt wordt geanalyseerd. In totaal worden met tussenpozen van enkele maanden drie bemonsteringsronden uitgevoerd.

Door de opzet van het onderzoek kunnen tussen de methoden en/of tussen de bemonsteringsronden ook verschillen ontstaan die op zich niets met de methoden zelf te maken hebben. Mogelijke oorzaken daarvoor zijn bijvoorbeeld:

1. Verschillen in gerealiseerde filterdieptes. Filters worden geplaatst ten opzichte van verschillende referentieniveau's (zie paragraaf 1.5) of verschillen in filterdieptes ontstaan ten gevolge van installatiefouten.
2. De heterogeniteit van de bodem. In het ideale geval zouden de vier methoden onderzocht worden in een homogene ondergrond met identieke bodemtextuur en grondwaterkwaliteit. Zo'n ideale testomgeving bestaat echter niet. Door de methoden op iedere boorlocatie zo dicht mogelijk bij elkaar in te zetten zonder dat daardoor weer onderlinge beïnvloeding plaats vindt wordt zo'n ideale testomgeving benaderd, maar niet gerealiseerd. Om een inschatting te kunnen maken van de heterogeniteit van de bodem en dus de invloed op de vergelijkbaarheid van de methoden wordt de LMM-methode op iedere boorlocatie tijdens één ronde drie keer toegepast.
3. Bij vergelijking tussen bemonsteringsronden: invloeden door veranderde grondwaterstand ten gevolge van bijvoorbeeld neerslag, maaiveldactiviteiten, grondwaterstromingen et cetera.

Het is noodzakelijk om zo mogelijk een inschatting te maken van de invloed van al deze factoren om de verschillen tussen de analyseresultaten goed te kunnen interpreteren. Van belang is uiteraard ook dat er uit het onderzoek voldoende gegevens beschikbaar komen opdat een zinvolle analyse mogelijk is.

Naast de analyses van de grondwatermonsters in het laboratorium worden er direct na de monsterneming ook een aantal veldmetingen uitgevoerd. Uit oogpunt van kwaliteitscontrole is dat de meting van nitraat (kleuringsreactie), zuurgraad (pH) en elektrische geleidbaarheid (EC). Opgelost anorganisch koolstof (CO₂) en opgelost zuurstof (O₂) worden bepaald als mogelijke indicatoren voor denitrificatie (Broers et al., 2004).

De beoordeling van de technische implicaties en de vergelijking van de analyseresultaten van de vier methoden moeten leiden tot de conclusie welke methode het meest geschikt is voor monsterneming van het grondwater tot vijf meter beneden de grondwaterspiegel.

1.3 Te onderzoeken methoden

De monsterneming op grotere diepte is veel minder eenvoudig dan de monsternemingen in het LMM die tussen nul en één meter onder de grondwaterspiegel worden uitgevoerd. Afhankelijk van de grondwaterspiegel kan het in de zandgebieden om boringen tot tien meter onder maaiveld gaan. Deze dieptes zijn met een Edelmanboor zoals gebruikt in het LMM niet of niet eenvoudig meer te bereiken. Daarnaast ontstaan er ook problemen met het dichtvallen van het boorgat indien geen extra voorzieningen worden getroffen. Voor diepere boringen moeten dus andere methoden en mogelijk zwaarder materieel ingezet worden. In een voorstudie (Van Elzakker en Gast, 2006) is middels een 'quick scan' onderzocht welke methoden voor diepere boringen en monsternemingen van het grondwater in beginsel

beschikbaar en/of geschikt te maken zijn om deze vervolgens te kunnen onderwerpen aan een uitgebreid veldonderzoek bij landbouwbedrijven (deze studie). Er zijn in de voorstudie twaalf methoden globaal onderzocht en beoordeeld aan de hand van vijftien selectiecriteria waar een bepaald gewicht aan toe werd gekend. Criteria waren onder andere de mogelijkheid van doorboring van afwijkende grondlagen, foutgevoeligheid van de methode, kosten (alle met een hoog gewicht) en achterblijven van materiaal in de bodem en meerdere filterdieptes te realiseren met één boorgang (aspecten met een lager gewicht).

Uit het vooronderzoek kwamen de volgende methoden naar voren als mogelijk geschikt en nader te onderzoeken in een veldstudie:

- Van der Staay in combinatie met monsternemingslans;
- SonicSampDrill met Uitschuifbare Punt-methode;
- SonicSampDrill met de Multi-Channel Well (EC).

De SonicSampDrill is een mechanische boormethode op basis van sonisch trillen, zie Bijlage 1. Geconcludeerd werd in de voorstudie óók dat het onderscheid voor sommige methoden niet erg groot is. Gelet op de relatief nieuwe EC-methode die in Nederland nog niet eerder werd toegepast is daarom nog een vierde, al langer in gebruik zijnde methode aan het veldonderzoek toegevoegd:

- SonicSampDrill met Direct Wells

Deze methoden onderscheiden zich vooral naar handmatige of mechanische boring en naar de plaatsing van tijdelijke of permanente filters. Handmatige boringen zijn veelal goedkoop en meer acceptabel voor toelating op een landbouwperceel dan mechanische methoden die gebruik maken van zwaar materieel. Permanente filters zijn bij herhaalde monsterneming goedkoper dan tijdelijke filters terwijl die laatste methode uitsluit dat de boer zijn bedrijfsvoering erop aanpast. In Tabel 1.1 is een aantal kenmerken van de vier methoden en die van de standaard LMM-methode samengevat. De onderzochte methoden zijn in meer detail beschreven in Bijlage 2.

Tabel 1.1 Kenmerken van de te onderzoeken methoden en de standaard LMM-methode

Methode		Boring	Filter
Omschrijving	Code	type	plaatsing
Van der Staay	US	handmatig	tijdelijk
Uitschuifbare Punt	EU	SonicSampDrill	tijdelijk
Direct Wells	ED	SonicSampDrill	permanent
Multi-Channel Well	EC	SonicSampDrill	permanent
LMM	RL	handmatig	tijdelijk

1.4 Onderzoekslocaties

Om eventuele verschillen tussen de methoden met voldoende zekerheid vast te kunnen stellen en de praktische inzetbaarheid afdoende te testen worden de methoden op zestien verschillende locaties, verdeeld over vier melkveehouderijbedrijven onderzocht. Omdat het dieper toetsen van nitraat zich richt op de zandgronden (gelet op de mogelijk te halen winst bij het dieper toetsen van nitraat) gaat het om bedrijven op deze grondsoort. De grote aaneengesloten zandgebieden in Nederland bevinden zich globaal in het Noorden, Midden, Oosten en Zuiden van het land. Met de ontstaansgeschiedenis verschilt ook de ondergrond voor ieder van deze regio's. Daardoor kan zowel het boren tot vijf meter onder de grondwaterspiegel meer of minder succesvol zijn, maar ook de denitrificatiecapaciteit variëren. Daarom is ervoor gekozen op basis van een aantal criteria één bedrijf in ieder van deze vier zandgebieden te selecteren. Deze criteria zijn:

- bedrijf moet deelnemen aan het LMM;
- in het bovenste grondwater moet nitraat voorkomen;
- op het bedrijf moeten zowel droge als natte gronden voorkomen.

Het RIVM voert al jaren grondwatermonitoringsprogramma's uit bij vele honderden landbouwbedrijven. Zowel bij bedrijven met een reguliere bedrijfsvoering als bij zogenaamde voorloperbedrijven. Een voorbeeld van deze laatste groep zijn de bedrijven die participeren in het project Koeien & Kansen (K&K). Gelet op de acceptatiekans is daarom in eerste instantie gekeken naar bedrijven binnen dat project op zandgrond. Voor deze bedrijven is nagegaan welke nitraatconcentraties er in het verleden gemeten zijn, waarbij bedrijven met hogere concentraties de voorkeur genieten. Er kan uiteraard alleen sprake zijn van denitrificatie als er ook nitraat is om omgezet te worden. Omdat de verwachte daling van de nitraatconcentratie met de diepte afhankelijk is van de grondwatertrap en verloop in het jaar moeten de bedrijfspercelen ook een zekere spreiding hebben in de grondwatertrap Gt, bij voorkeur van redelijk droog (Gt VII-VIII) tot deels nat (Gt I-IV).

Omdat deze selectiemethode niet resulteerde tot een bedrijf in het centrale zandgebied is voor die regio een bedrijf gekozen uit de reguliere groep van het Landelijk Meetnet Effecten Mestbeleid. Hiervoor kwam alleen een bedrijf in het oostelijk deel van het centrale zandgebied in aanmerking. De vier geselecteerde bedrijven zijn benaderd met uitleg over het onderzoeksdoel en de omvang van de werkzaamheden. Alle bedrijven gingen hiermee akkoord. De aldus geselecteerde bedrijven zijn weergegeven in Tabel 1.2.

In Tabel 1.3 zijn voor de vier bedrijven de bedrijfsgemiddelde nitraatconcentraties in 2003 en 2004 in het bovenste grondwater vermeld met enkele kenmerken over vóórkomende grondwatertrappen, het gedeelte van het bedrijf dat op zandgrond ligt en de globale stromingsrichting van het freatisch grondwater (TNO-NITG, 2005) op de relevante bedrijfspercelen. Figuur 1.2 toont de ligging van de bedrijven binnen de zandgebieden.

Tabel 1.2 Geselecteerde landbouwbedrijven

Aanduiding	Code	K&K/LMM	Eigenaar	Plaats	Zandgebied
Nieuweroord	17D	K&K	Post	Nieuweroord	Noord
Nutter	28F	K&K	Kuks	Nutter	Oost
Maarheeze	57E	K&K	Schepens	Maarheeze	Zuid
Spankeren	33G	LMM	Burgers	Spankeren	Centraal

Tabel 1.3 Enkele kenmerken van de geselecteerde bedrijven

Bedrijf Aanduiding	NO ₃ ⁻ (mg/l)		% Zand	% Grondwatertrap Gt			Water stroming
	2003	2004		I-III	IV-VI	VII-VIII	
Nieuweroord	12	27	32	2	98	0	vertikaal/W
Nutter	69	88	96	6	45	50	divers
Maarheeze	67	64	100	11	89	0	NW
Spankeren	36	-	94	44	18	38	O

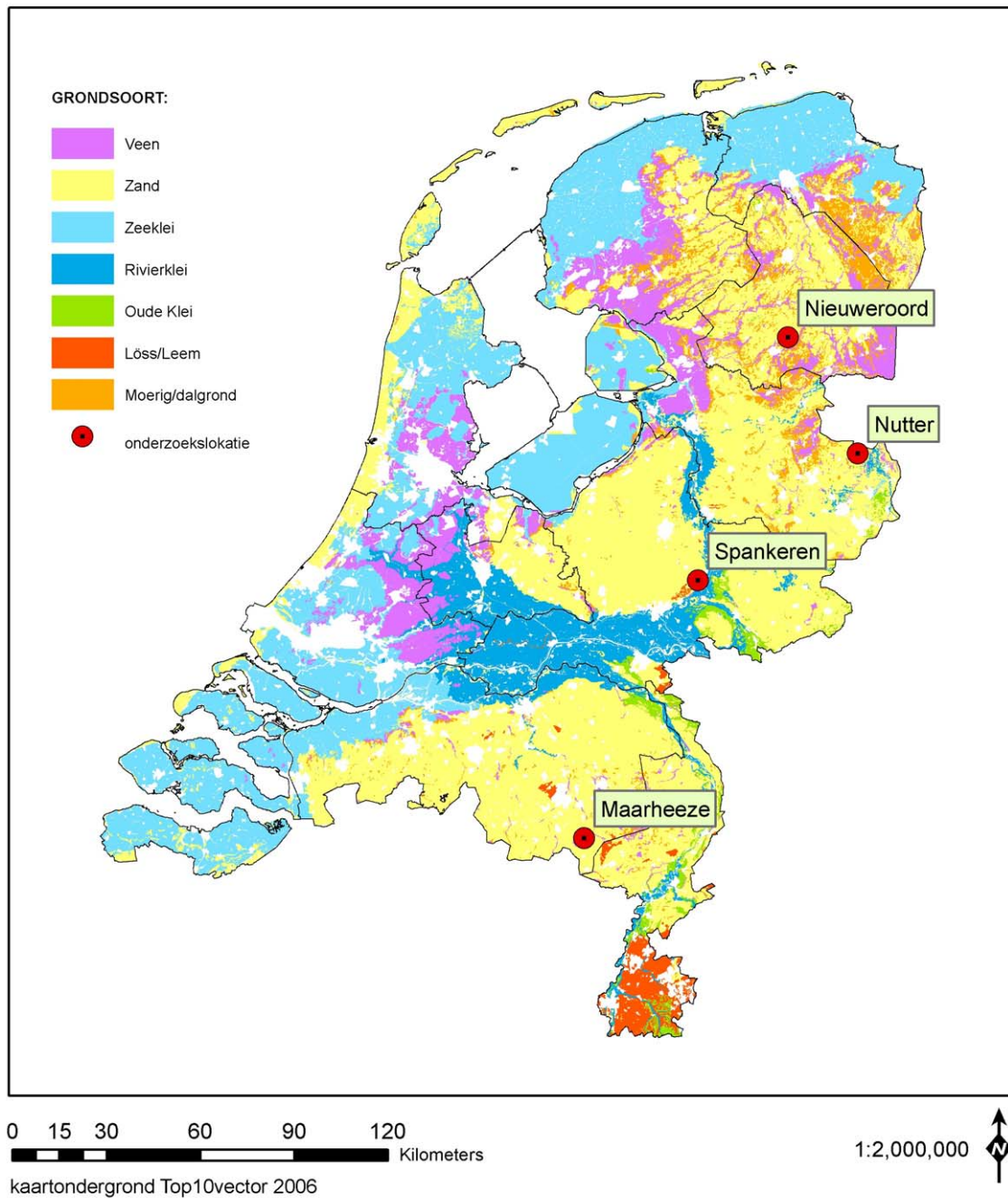
Vier bedrijven en zestien boorlocaties betekent vier boorlocaties per bedrijf. Bij de verdeling van die vier boorlocaties over het bedrijf speelt een aantal overwegingen een rol, te weten:

- verdeling droog/nat;
- herkomst grondwater;
- praktische haalbaarheid;
- aanwezigheid zichtlijnen.

Bij voorkeur worden drie boorlocaties gesitueerd op de drogere en één op de nattere delen van het bedrijf, omdat de verwachte daling van de nitraatconcentratie met de diepte het grootst is bij droge gronden. Per bedrijf is daartoe een overlay gemaakt met de Gt-kaart op grond waarvan deze verdeling uitgevoerd kon worden.

Er wordt naar gestreefd de boorlocaties zó te situeren dat verwacht mag worden dat het te bemonsteren water onder de invloedssfeer ligt van het landbouwbedrijf om eventuele verschillen in de grondwaterkwaliteit tussen één en vijf meter beneden de grondwaterspiegel goed te kunnen interpreteren. Voor ieder bedrijf is de globale stromingsrichting van het freatisch grondwater bekend, zie Tabel 1.3. Bij bovenstrooms gelegen percelen wordt een minimale afstand van twintig meter tot de bedrijfsgrenzen gehanteerd. Voor benedenstroomse percelen is de afstand tot de bedrijfsgrens niet relevant. Deze punten liggen in principe altijd onder de invloedssfeer van het bedrijf.

Praktische haalbaarheid houdt onder andere in de afwezigheid van vee op het moment van de werkzaamheden en een goede bereikbaarheid van de boorlocatie voor het aan te voeren materieel.



Figuur 1.2 Geografische ligging van de geselecteerde bedrijven

In verband met de installatie van permanente putten die onder de bouwvoor afgewerkt worden, dient de boorlocatie verder door middel van twee zichtlijnen visueel binnen enkele meters terugvindbaar te zijn. Een zichtlijn wordt gevormd door bijvoorbeeld de denkbeeldige lijn van een kerktoerenspits over de nok van een nabijgelegen schuur. Via GPS en een marker direct onder de filterput zijn de permanente filters binnen 10 à 20 cm te traceren voor herbemonstering.

Een plattegrond van de landbouwbedrijven met de ligging van de vier boorlocaties met het TNO-boringnummer, Gt-informatie en de X-Y coördinaten is weergegeven in Bijlage 3 t/m 6.

1.5 Overwegingen bij de filterplaatsing en -afwerking

Bij de filterplaatsing spelen de volgende karakteristieken een belangrijke rol:

- referentieniveau van de grondwaterspiegel ten opzichte van maaiveld;
- aanwezigheid van afwijkende lagen in de ondergrond;
- lengte van het filter en de wijze van plaatsing.

Het onderzoek richt zich op de monsterneming van het grondwater op ongeveer één en vijf meter onder de grondwaterspiegel. Het referentieniveau is dus de grondwaterstand. Probleem is dat deze varieert, zowel binnen het jaar als tussen jaren door een wisselend neerslagoverschot. Dit is het gevolg van een wisselend neerslagoverschot, dat wil zeggen het verschil tussen het volume van de natte neerslag (regen, sneeuw) en het volume water dat verdampt en door de vegetatie wordt opgenomen. Dit neerslagoverschot (gemiddeld ongeveer 300 mm/jaar) zorgt voor de aanvulling van het grondwater en veroorzaakt dus een hogere grondwaterstand. Dit treedt doorgaans op van de herfst tot het vroege voorjaar. De grondwaterspiegel kan hierdoor gedurende het jaar zomaar een meter of meer fluctueren. Bij de plaatsing van een tijdelijk filter is dat geen probleem omdat de actuele grondwaterstand op het moment van plaatsing wordt bepaald en aan de hand daarvan, de filterdiepte onder maaiveld.

Bij de installatie van permanente filters is deze schommeling in de grondwaterstand wel een probleem. Bij monsterneming na een zekere periode kan de grondwaterspiegel verschillen van die tijdens installatie. Dit wordt opgelost door bij de installatie van permanente filters uit te gaan van de Gemiddeld Laagste Grondwaterstand¹ (GLG) ter plaatse van de boorlocatie. Het gebruik van de GLG als referentieniveau voorkomt meestal dat het bovenste filter bij een lage grondwaterstand droog komt te staan. Door installatie van meerdere filters rond één en vijf meter onder de GLG kan bovendien bij bemonsteren het filter gekozen worden dat op het moment van de monsterneming het dichtst op één respectievelijk vijf meter onder die actuele grondwaterstand zit.

Binnen het primaire meetnet grondwaterkwantiteit en de regionale kwantiteitsmeetnetten zijn honderden putten in gebruik waarin frequent en jaren achtereen de grondwaterstand wordt bepaald. Daardoor is voor die putten de GLG bekend. Dit is echter niet het geval voor de boorlocaties op de vier landbouwbedrijven. Daar kan echter wel de actuele grondwaterstand bepaald worden. Door nu uit te gaan van een vergelijkbare fluctuatie van de grondwaterspiegel op de boorlocatie en in een nabijgelegen grondwaterkwantiteitsput is de GLG op de boorlocatie in te schatten. De nauwkeurigheid is afhankelijk van de representativiteit van de kwantiteitsput (in de directe omgeving) voor de hydrologische situatie op het landbouwbedrijf. Deze methode is een afgeleide van één van de methoden uit

¹ De GLG is als volgt gedefinieerd (Locher en de Bakker, 1993). Van een reeks grondwaterstanden wordt het rekenkundig gemiddelde van de drie laagste grondwaterstanden in een hydrologisch jaar berekend (LG3). De GLG is dan de statistische verwachtingswaarde van de LG3 over een periode waarin het grondwaterregime niet door ingrepen is gewijzigd.

Bierkens (2005) waarbij gedurende één jaar de grondwaterstand in de kwantiteitsput en op de boorlocatie worden gevolgd en gecorreleerd. Daarom wordt voor de hier gehanteerde vereenvoudigde methode uitgegaan van een nauwkeurigheid van ± 50 cm. Deze onzekerheid wordt opgevangen door installatie van meerdere filters ten opzichte van de (benaderde) GLG, zie paragraaf 2.3.7.

Bij de filterplaatsing dient tevens rekening gehouden te worden met de eventuele aanwezigheid van storende lagen. Dit zijn lagen van een afwijkende waterdoorlaatbaarheid zoals bijvoorbeeld klei of leem. Dit soort lagen kan namelijk, afhankelijk van de uitgestrektheid ervan, de relatie van de kwaliteit van het grondwater in de bovenste meter onder de grondwaterspiegel en vijf meter daaronder beïnvloeden. In het geval van een afwijkende laag zal daarom ook een filter daar direct boven worden geplaatst. Om vooraf een inschatting te kunnen maken van de aanwezigheid van afwijkende lagen is een geologische voorstudie uitgevoerd voor de geselecteerde onderzoekslocaties (TNO-NITG, 2005). Daarnaast zullen ook direct vóórafgaand aan de filterplaatsingen op iedere boorlocatie grondmonsters worden genomen. Enerzijds om aan de hand van de boorprofielen de aanwezigheid van afwijkende lagen vast te kunnen stellen. Anderzijds om later in het laboratorium de denitrificatiecapaciteit van de ondergrond te kunnen kwantificeren. De resultaten van het onderzoek naar de denitrificatiecapaciteit worden elders gerapporteerd (Fraters et al., 2006). De methode om grondmonsters te verzamelen wordt beschreven in paragraaf 2.2.

Als er maar één filter wordt geïnstalleerd voor de monsterneming van de bovenste meter van het grondwater, dan dient dit voldoende lang te zijn om zoveel mogelijk de seizoensfluctuaties in de kwaliteit uit te middelen. De filterlengte van de diepere permanente filters (vijf meter onder de grondwaterspiegel) mag niet te lang zijn omdat de afname van nitraat met de diepte heel abrupt kan zijn door bijvoorbeeld dunne laagjes met organische stof. Anderzijds bestaat bij een te kort filter het gevaar dat onvoldoende water onttrokken kan worden.

De permanente putten worden zodanig afgewerkt dat de boer er geen last van heeft, de put goed teruggevonden kan worden en dat herbemonstering van de put eenvoudig mogelijk is. Afhankelijk van de GLG kan het bovenste filter relatief dicht onder het maaiveld zitten. Om mogelijke effecten door het herhaald opgraven van de permanente put bij herbemonsteringen op de grondwaterkwaliteit zoals gemeten in het eerste filter zoveel mogelijk te minimaliseren wordt dit filter daarom bij voorkeur onder een hoek geplaatst.

2. Materiaal en methoden

2.1 Aanpak en overzicht

De vier te onderzoeken boor- en monsternemingsmethoden (zie Bijlage 2) zijn samen met de standaard LMM-methode voor zandgrond ingezet op zestien boorlocaties verdeeld over vier bedrijven. Met ieder van de vier methoden zijn filters geplaatst net onder en op circa vijf meter onder de grondwaterspiegel en soms ook daar tussen in. Daarna zijn grondwatermonsters verzameld. Met de standaard LMM-methode zijn alleen filters net onder de grondwaterspiegel geplaatst en het grondwater bemonsterd. Op iedere boorlocatie zijn de grondwaterstand en de GLG bepaald. Met een methode voor het steken van grond (AquaLock) zijn grondmonsters genomen tot zes meter beneden de GLG waarna de bodemtextuur beschreven is en de aanwezigheid van afwijkende lagen is vastgesteld. Op grond van deze bevindingen en de grondwaterstand zijn de filterdieptes bepaald, de filters geplaatst en het grondwater bemonsterd. In het veld is een aantal metingen in het grondwatermonster uitgevoerd. De grondwatermonsters zijn tevens gefiltreerd en geconserveerd en daarna koel en donker opgeslagen en getransporteerd naar het RIVM in Bilthoven en daar geanalyseerd. Het werkwater dat gebruikt wordt bij de Aqualock, de Direct Wells en de Multi-Channel Wells is eveneens bemonsterd en voor analyse naar het RIVM in Bilthoven getransporteerd. Dit werkwater wordt bij de landbouwbedrijven lokaal opgepompt (diepte onbekend) ten behoeve van het vee. De installatie en monsterneming is uitgevoerd door de Universiteit Utrecht, de firma Eijkelkamp en het RIVM. De Multi-Channel Well is alleen ingezet op de vier boorlocaties van het bedrijf te Maarheeze, de overige methoden bij alle vier bedrijven op totaal zestien boorlocaties. Er zijn drie bemonsteringsronden uitgevoerd. Ronde 1 is direct na installatie uitgevoerd, ronde 2 betreft de eerste herbemonstering van de permanente putten, dus van de Direct Wells en de Multi-Channel Wells. Ronde 3 is de 2^e herbemonstering en vergelijkbaar met ronde 2, behalve dat de standaard LMM-methode op iedere boorlocatie 3x is ingezet (RL1, RL2, RL3). Zie Tabel 2.1 voor een overzicht.

Tabel 2.1 Installatie en monsterneming onderzochte methoden en standaard LMM-methode

Methode		Uitvoering		Filters/ locatie	Aantal locaties	Ronde
Omschrijving	Code	Installatie	Monsterneming			
Van der Staay	US	Universiteit Utrecht	Universiteit Utrecht	2	16	1
Uitschuifbare Punt	EU	Eijkelkamp	Eijkelkamp	2 - 3	16	1
Direct Wells	ED	Eijkelkamp	RIVM	4	16	1, 2, 3
Multi-Channel Well	EC	Eijkelkamp	RIVM	7	4	1, 2, 3
LMM	RL	RIVM	RIVM	1	16	1, 3 (3x)

Tijdens ronde 1 en 3 is ten behoeve van de GLG-bepaling (zie paragraaf 2.3.3) tevens een aantal grondwaterkwantiteitsputten gepeild en is ook het werkwater bemonsterd. De perioden van installatie en bemonstering (ronde 1 t/m 3) zijn samengevat in Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Data van installatie van de filters en bemonstering van de vier melkveebedrijven in 2005

Bedrijf	Code	Installatie	Monsterneming		
		Ronde 1	Ronde 1	Ronde 2	Ronde 3
Nieuweroord	17D	13-14 juli	13-15 juli	4 augustus	5-7 december
Nutter	28F	15, 18-19 juli	15, 18,19 juli	8-9 augustus	29 november – 1 december
Maarheeze	57E	19-22 juli	20-28 juli	10-11 augustus	8,12,14-15,19-20 december
Spankeren	33G	11-12 juli	11-13 juli	2-3 augustus	15,17,21-23 november

2.2 De standaard LMM-methode en de AquaLock

De standaard LMM-methode (RL) voor zandgronden is de open-boorgatmethode (RIVM, 2005a). Kort samengevat wordt met een Edelmanboor een gat geboord tot vlak onder de grondwaterspiegel waarna een filterlans in het gat wordt gestoken en het grondwater opgepompt. Het filter is 50 cm lang en de onderkant van het filter wordt op circa 75 cm onder de grondwaterspiegel geplaatst. Zie Bijlage 7 voor een schets van deze methode.

Voor het verzamelen van grondmonsters is de AquaLock van de firma Eijkelkamp gebruikt in combinatie met de SonicSampDrill, zie Bijlage 1. De AquaLock-steekbuis met een diameter van 50 mm en een lengte van twee meter wordt met dezelfde snelheid op diepte gebracht als bij het boren met de Verloren-Punt-methode voor de Direct-Wells en de Multi-Channel Well, zie Bijlage 2. Vóór het penetreren van de grond wordt de tussenruimte in de AquaLock-sampler gevuld met water, waardoor een zuiger onderin bij de steekkop wordt gehouden. Er is dus geen boorpunt gebruikt. Op de gewenste diepte wordt het water de gelegenheid gegeven om te ontsnappen naar de bovenliggende boorbuizen. Hierdoor wordt het grondmonster gestoken zodra de sampler naar beneden beweegt. Door de sonische vibraties van de SonicSampDrill wordt een mooie kern gestoken waarvan bij homogene grondsoorten alleen de uitwendige schil van 1 à 2 mm zichtbaar beïnvloed kan worden door de vibraties. De steekbuis wordt ook steeds trillend getrokken. Er kan onder andere zowel in klei als in (grof) grindhoudend zand bemonsterd worden. Door het reeds eerder geboorde gat kan voor een volgende steek afgedaald worden en op de nieuwe diepte wordt de sampler weer geopend. De boorbuis moet steeds opnieuw in- en uitgebouwd worden, maar de bemonstering gaat zeer gemakkelijk en snel via deze methode. Uiteindelijk wordt met behulp van water het monster weer uit de sampler in een PVC glijgoot geperst. Zie Figuur 2.1.



Figuur 2.1 Verzameling van grondmonsters uit de Aqualock in PVC goten te Spankeren

2.3 Veldprotocol voor de installatie van de filters

2.3.1 Filterinstallatie algemeen

Voor de filterplaatsing is een veldprotocol ontwikkeld (Van Elzakker en Gast, 2005). Dit protocol wordt hierna verder toegelicht.

De filterplaatsing is afhankelijk van de actuele grondwaterstand in het geval van tijdelijke filters en van de GLG bij de plaatsing van permanente filters. Deze referentieniveaus zijn dus eerst bepaald. Vóór plaatsing van een filter is eerst de aanwezigheid van een afwijkende laag vastgesteld aan de hand van de met de Aqualock verzamelde grondprofielen. In het geval van een afwijkende laag is een filter direct boven die laag geplaatst. Op vijf meter onder de grondwaterspiegel is altijd een filter geplaatst, tenzij deze in een niet watervoerend pakket kwam te staan. Bij de plaatsing van zowel de tijdelijke als de permanente filters is onderscheid gemaakt tussen watervoerende lagen waaruit water onttrokken kan worden en lagen waaruit geen water onttrokken kan worden. In de laatste laag zijn in beginsel geen filters geplaatst.

2.3.2 Positie op de boorlocatie

De Direct Wells zijn geplaatst op de door het RIVM uitgezette boorlocaties (UP). De boringen met de overige te onderzoeken methoden en de standaard LMM-methode zijn op een afstand van maximaal één meter van het punt UP gezet. Dit is ook het geval voor de grondboringen met de Aqualock. De EC's zijn bovendien steeds links van die van de Direct Wells geplaatst, gezien in de globale stromingsrichting van het grondwater. Omdat de EC's alleen in Maarheeze zijn geïnstalleerd betekent dit met een globaal noordwestelijke stromingsrichting van het grondwater aldaar dat de EC's zuidwestelijk van de Direct Wells zijn gepositioneerd. Het kleine oppervlak van de boorlocatie en de omvang van het in te zetten materieel betekent dat de te onderzoeken boor- en monsternemingsmethoden niet gelijktijdig, maar na elkaar op de locatie zijn toegepast.

Tijdens ronde 3 is de standaard LMM-methode niet één, maar drie keer ingezet op een cirkel met het punt UP als middelpunt en een straal van drie meter. De drie boringen zijn daarbij gelijkmatig over de cirkel verdeeld, beginnend op een positie ten noorden van het uitgezette punt UP.

2.3.3 Bepaling van de actuele grondwaterstand en de GLG

De actuele grondwaterstand is bepaald door de Universiteit Utrecht en het RIVM.

Voor het vaststellen van de actuele grondwaterstand door het RIVM is minimaal één dag vóór de feitelijke filterplaatsing met behulp van een Edelmanboor een gat geboord tot onder de grondwaterspiegel. De actuele grondwaterstand is daarna op de dag van de filterplaatsingen geklokt met een peillood. Deze grondwaterstand is gebruikt voor de plaatsing van de EU-filters en (via de berekende GLG) voor plaatsing van de ED- en EC-filters (alle ronde 1). Naast deze basismethode is door het RIVM de grondwaterstand bepaald overeenkomstig de standaard LMM-methode op de dag waarop een RL-filter werd geplaatst (ronde 1 en 3).

De Universiteit Utrecht heeft de grondwaterstand bepaald bij het boren met de Van der Staay-methode door beoordeling van de daarbij omhoog gehaalde grond. Deze grondwaterstand is gebruikt voor de plaatsing van de US-filters (ronde 1).

De GLG is voor iedere boorlocatie tijdens ronde 1 afgeleid van de door het RIVM gemeten grondwaterstand op de boorlocatie en de peiling van een naburige grondwaterkwantiteitsput. Deze peiling is afgetrokken van de voor die grondwaterkwantiteitsput bekende GLG. Hieruit volgt een correctiewaarde CW welke gehanteerd is voor alle boorlocaties op het betreffende landbouwbedrijf.

De GLG op de boorlocatie is dus als volgt bepaald:

$$\text{GLG} = \text{gws} + \text{CW}$$

met: GLG = gemiddeld laagste grondwaterstand op de boorlocatie
gws = actuele grondwaterstand op de boorlocatie (RIVM-basismethode)
CW = correctiewaarde (+ of -)

In Tabel 2.3 is voor ieder bedrijf aangegeven welke grondwaterkwantiteitsput is gebruikt met de voor die put bekende GLG.

Tabel 2.3 Voor de vaststelling van de GLG gebruikte grondwaterkwantiteitsputten per bedrijf

Bedrijf	Grondwaterkwantiteitsput	X – Y coördinaten	GLG –mv (cm)
Nieuweroord	17D0024	233,920 - 531,000	394
Nutter	F0261	256,310 - 493,830	448
Maarheeze	E0206	168,635 - 370,747	158
Spankeren	G0361	205,100 - 453,130	210

Figuur 2.2 toont de grondwaterkwantiteitsput G0361 te Spankeren (links) en de peiling van grondwaterkwantiteitsput E0206 in Maarheeze (rechts).



Figuur 2.2 Grondwaterkwantiteitsput G0361 te Spankeren (links) en de peiling van grondwaterkwantiteitsput E0206 in Maarheeze (rechts).

Tijdens ronde 3 is de GLG op analoge wijze bepaald door uit te gegaan van de tijdens die ronde vastgestelde grondwaterstand bij de plaatsing van de RL-filters volgens de LMM-standaardmethode en de peiling van de grondwaterkwantiteitsputten.

2.3.4 Verzameling grondprofielen en beschrijving bodemtextuur

Grondmonsters zijn tijdens ronde 1 verzameld met de Van der Staay-methode en met de Aqualock.

Aan de hand van de met de Van der Staay-methode opgeboorde grond is de bodemtextuur in het veld beschreven door de Universiteit Utrecht, zie Figuur 2.3.

De gebruikte methode is die van Berendsen en Stouthamer (2001) met een diepteresolutie van 10 cm. De resultaten zijn gerapporteerd door Van Maarseveen (2005).

Met de Aqualock zijn grondprofielen verzameld van 1 m + GLG tot 5 (6) m –GLG.

Deze profielen zijn direct in het veld beschreven door de firma Eijkelkamp, zie Figuur 2.4.

De gebruikte methode is die welke door het RIVM ook binnen het LMM wordt toegepast (RIVM, 2005b). Dit is een vereenvoudigde methode waarbij iedere voorkomende laag beschreven wordt naar hoofdgrondsoort met toevoeging, de kleur en het voorkomen van

bijzondere bestanddelen. Lagen kenmerken zich door afwijking in textuur of kleur. Daarnaast is een foto van de boorprofielen gemaakt met een maatlat langs de goot waarin de grond verzameld is.

In een later stadium is van deze zelfde profielen de bodemtextuur beschreven in het laboratorium van en door TNO-NITG volgens de Standaard Boor Beschrijvingsmethode (Bosch, 2000) welke grotendeels gebaseerd is op de NEN 5104. Daarna zijn uit die profielen (deel)monsters genomen die door zowel TNO als door Alterra geanalyseerd zijn om een inschatting te kunnen maken van de denitrificatiecapaciteit van de grond. De resultaten van dat onderzoek zijn gerapporteerd door Fraters et al. (2006).



Figuur 2.3 Beschrijving van de bodemtextuur door de Universiteit Utrecht (bedrijf Nutter)



Figuur 2.4 Beschrijving van de bodemtextuur door de firma Eijkelkamp (bedrijf Spankeren)

2.3.5 Vaststelling van afwijkende lagen

De aanwezigheid van afwijkende lagen en lagen die geen water voeren is vastgesteld aan de hand van de grondkolommen die met behulp van de Aqualock verzameld zijn.

In het kader van dit onderzoek is er sprake van een afwijkende laag als deze aan de volgende criteria voldoet:

1. De grondsoort is anders dan zand, bijvoorbeeld klei, leem, keileem, grind et cetera.
2. De afwijkende laag begint dieper dan twee meter onder het referentieniveau, dat wil zeggen de actuele grondwaterstand in het geval van de plaatsing van tijdelijke filters en de GLG in het geval van de permanente filters.
3. De laag strekt zich uit tot minimaal de rand van het perceel. Deze voorwaarde vervalt als de dikte van de laag meer dan 50 cm is; in dat geval is altijd sprake van een storende laag. De uitgestrektheid van eventueel aanwezige afwijkende lagen is voor de geselecteerde landbouwbedrijven voorafgaand aan de installatie van de filters globaal geïnventariseerd (TNO-NITG, 2005).

In het geval van de Van der Staay-methode is er nog een extra criterium voor een afwijkende laag. Namelijk een laag die met behulp van deze techniek niet doorboord kan worden. Ook dan wordt er een filter bóven geplaatst, mits deze laag zich dieper dan twee meter onder de grondwaterspiegel bevindt.

2.3.6 Lengte en plaatsing van de tijdelijke filters

De tijdelijke filters zijn geplaatst ten opzichte van de actuele grondwaterstand. Het gaat hier om de Van der Staay-methode (US), de Uitschuifbare Punt-methode (EU) en de standaard LMM-methode (RL). Deze laatste is alleen gebruikt voor de monsterneming van de bovenste meter van het grondwater door een filter met een lengte van 50 cm te plaatsen vanaf 25 cm onder de grondwaterspiegel. Deze filterlengte is ook voor de filters van de andere methoden toegepast, zowel voor de monsterneming in de eerste meter als op vijf meter onder de actuele grondwaterspiegel (gws). Samengevat:

Filter 1 van 50 cm lengte tussen 25 en 75 cm –gws

Filter 2 van 50 cm lengte tussen 450 en 500 cm –gws.

Ingeval van een afwijkende laag is er tevens bemonsterd over een traject van 50 cm direct boven die laag.

2.3.7 Lengte, plaatsing en afwerking van de permanente filters

De permanente filters zijn geplaatst ten opzichte van de GLG. Per boorlocatie zijn vier Direct Wells (ED) geïnstalleerd waarvan één in de bovenste meter van het grondwater en drie rond vijf meter onder de GLG. De Multi-Channel Well (EC) bestaat steeds uit zeven filters, verdeeld rond één meter onder de GLG en rond vijf meter onder de GLG. Het bovenste Direct Well-filter is 100 cm lang. De andere Direct Well-filters en alle filters van de EC hebben een lengte van 25 cm.

De standaard filterplaatsing voor de Direct Wells is als volgt:

Filter 1 van 100 cm : 25 tot 125 cm (gemiddeld 75 cm) onder de GLG

Filter 2 van 25 cm : 400 tot 425 cm (gemiddeld 412,5 cm) onder de GLG

Filter 3 van 25 cm : 475 tot 500 cm (gemiddeld 487,5 cm) onder de GLG

Filter 4 van 25 cm : 550 tot 575 cm (gemiddeld 562,5 cm) onder de GLG

Filter 1 is bovendien onder een hoek van circa 10 graden ten opzichte van het maaiveld geplaatst, zie Figuur 2.5.

In het geval van een afwijkende laag is één van de diepere filters direct boven deze laag geplaatst.

De zeven filters van de EC zijn als volgt geplaatst.

Voor de bovenste meter van het grondwater zijn twee filters vlak boven en twee filters vlak onder de GLG geplaatst. De overige drie filters van de EC bevinden zich rond de vijf meter onder de GLG. Als er voor één of meerdere van de bovenste filters onvoldoende ruimte resteert gelet op de afwerking van de put onder de bouwvoor (bijvoorbeeld bij een ondiepe GLG) dan is dit filter tussen de filters voor het bovenste en diepere grondwater in geplaatst. Samengevat is de standaard filterplaatsing van de EC dus als volgt:

Filter 1 van 25 cm : 125 tot 100 cm (gemiddeld 112,5 cm) boven de GLG

Filter 2 van 25 cm : 50 tot 25 cm (gemiddeld 37,5 cm) boven de GLG

Filter 3 van 25 cm : 25 tot 50 cm (gemiddeld 37,5 cm) onder de GLG

Filter 4 van 25 cm : 100 tot 125 cm (gemiddeld 112,5 cm) onder de GLG

Filter 5 van 25 cm : 400 tot 425 cm (gemiddeld 412,5 cm) onder de GLG
Filter 6 van 25 cm : 475 tot 500 cm (gemiddeld 487,5 cm) onder de GLG
Filter 7 van 25 cm : 550 tot 575 cm (gemiddeld 562,5 cm) onder de GLG

In het geval van een afwijkende laag is één van de diepere filters direct boven deze laag geplaatst.



Figuur 2.5 Plaatsing van het bovenste Direct-Well-filter onder een hoek van 10 graden

De afwerking van de permanente putten is beschreven in Bijlage 8.

2.4 Monsterneming, -verzameling en conservering

Het grondwater is bij alle methoden opgepompt via een slangenpomp aan maaiveld die via een slang gekoppeld is aan het te bemonsteren filter. Om een zo representatief mogelijk monster te verkrijgen is vóór de monsterneming van het grondwater minimaal driemaal de natte inhoud van het toegepaste filter doorgespoeld.

Voor iedere monsternemingsdiepte zijn vijf watermonsters verzameld, waarvan vier gefiltreerd via een 0,45 µm wegwerpfiler. Het type fles en de verzamelde hoeveelheid is voor de diverse componentgroepen samengevat in Tabel 2.4. De 100 ml glazen fles voor de

DOC-bepaling is als laatste gevuld in verband met de (geringe) DOC-afgifte door het filter. Alle flessen zijn gecodeerd met onder andere de locatiecode, nummer boorlocatie, code monsternemingsmethode en een aanduiding voor de diepte. De flessen voor bepaling van nutriënten en DOC zijn in het veld op de dag van de monsterneming aangezuurd met H₂SO₄ tot pH<2 terwijl de fles voor de elementbepalingen is geconserveerd door aanzuring met HNO₃ tot pH<2. Behalve het monster voor de veldmetingen zijn de overige flessen getransporteerd naar Bilthoven (RIVM) en daar gekoeld (maximaal 4 °C) bewaard tot de analyse in het laboratorium.

Tabel 2.4 Per monsternemingsdiepte verzamelde watermonsters

Fles	Inhoud (ml)	Materiaal	Gefiltreerd	Bepaling
1	250	PE	nee ¹	veldmetingen
2	100	PE	ja	nutriënten
3	60	glas	ja	macro
4	50	PE	ja	elementen
5	100	glas	ja	DOC

¹Een gedeelte van dit monster is gefilterd voor de Nitrachek meting (paragraaf 2.5) in het veld

Daarnaast zijn monsters genomen van het gebruikte werkwater door vulling van een 1500 ml PE-vaasje. Vanuit dit vaasje zijn met behulp van een slangenpomp de flessen gevuld zoals aangegeven in Tabel 2.4. Deze monsters zijn verder vergelijkbaar behandeld als de grondwatermonsters.

De grondmonsters zijn verzameld in ronde 1 vóór plaatsing van de EU-, ED- en EC-filters. De via de Aqualock omhoog gehaalde grondprofielen zijn in PVC-goten van één meter geschoven. Na fotografering en beschrijving is het geheel afgesloten met een andere PVC-goot. Deze ‘cilinder’ is tot slot omwikkeld met plasticfolie en geëtiketteerd, vergelijkbaar met de flessen voor de watermonsters. Daarna zijn ze binnen een dag getransporteerd naar het RIVM en daar opgeslagen in een koelcel bij < 4 °C tot transport naar TNO-NITG voor het vervolgonderzoek naar de denitrificatiecapaciteit van de grondkolom en de textuurbeschrijving.

2.5 Veldmetingen

In het veld zijn direct na de monsterneming een aantal metingen uitgevoerd (Tabel 2.5). Hiervoor is een apart grondwatermonster verzameld, naast de monsters die naar het laboratorium zijn getransporteerd. De veldmetingen zijn te beschouwen als indicatieve metingen. CO₂ is alleen tijdens ronde 1 en ronde 2 gemeten.

De veldmetingen zijn uitgevoerd door het RIVM. Metingen en correcties voor bijvoorbeeld lucht- en monsterwatertemperatuur zijn uitgevoerd volgens de gebruikelijke procedures in het Landelijk Meetnet Effecten Mestbeleid (RIVM, 2005c t/m f).

Tabel 2.5 Overzicht veldmetingen

Grootheid	Ronde	Methode	Instrument	Bereik	Nauwkeurigheid
Zuurgraad (pH)	1, 2, 3	potentiaal	WTW pH 197i	2 – 19,99	±0,01
Elektrische geleidbaarheid (EC)	1, 2, 3	weerstand	WTW COND 197i TetraCon 325	0-1999 μSm^{-1}	±0,5%
Nitraat (NO ₃)	1, 2, 3	reflectie	Nitrachek type 404	15 – 420 mg/l	15% ¹
Opgelost zuurstof (DO)	1, 2, 3	Amperometrische electrode (Clark)	WTW Oxi 196 EO-196-1,5	0 – 60 mg/l	±1%
Koolstofdioxide (CO ₂)	1, 2	titratie	Hach 16900 titrator	10 – 10000 mg/l	-

¹ herhaalbaarheid bij 100 mg/l

2.6 Analyses in het laboratorium

In het laboratorium (RIVM/LVM, Afd. Analytische Chemie) zijn de watermonsters geanalyseerd op een groot aantal componenten. Deze komen overeen met het analysepakket voor het LMM en zijn, met een aantal kenmerken, samengevat in Tabel 2.6.

Tabel 2.6 Geanalyseerde componenten met analysemethode en aantoonbaarheidsgrens

Component	Analyse methode*	Aantoonbaarheidsgrens
Aluminium (Al)	Q-ICP-MS	0,01 mg/l
Arseen (As)	Q-ICP-MS	0,5 $\mu\text{g/l}$
Barium (Ba)	Q-ICP-MS	1 $\mu\text{g/l}$
Calcium (Ca)	Q-ICP-MS	0,15 mg/l
Cadmium (Cd)	Q-ICP-MS	0,04 $\mu\text{g/l}$
Chloride (Cl)	IC	0,21 mg/l
Chroom (Cr)	Q-ICP-MS	1 $\mu\text{g/l}$
Koper (Cu)	Q-ICP-MS	0,6 $\mu\text{g/l}$
Opgeloste organische stof (DOC)	Oxidatie met UV-persulfaat	0,29 mg C/l
Ijzer (Fe)	Q-ICP-MS	0,1 mg/l
Kalium (K)	Q-ICP-MS	0,2 mg/l
Magnesium (Mg)	Q-ICP-MS	0,05 mg/l
Mangaan (Mn)	Q-ICP-MS	4 $\mu\text{g/l}$
Natrium (Na)	Q-ICP-MS	0,25 mg/l
Ammonium (NH ₄)	CFA	0,02 mg/l
Nikkel (Ni)	Q-ICP-MS	0,5 $\mu\text{g/l}$
Nitraat (NO ₃)	IC	0,31 mg/l
Lood (Pb)	Q-ICPMS	0,2 $\mu\text{g/l}$

Component	Analyse methode*	Aantoonbaarheidsgrens
Fosfaat (PO ₄)	CFA	0,04 mg/l
Sulfaat (SO ₄)	IC	0,48 mg/l
Strontium (Sr)	Q-ICP-MS	1,2 µg/l
Totaal Stikstof (tot-N)	CFA	0,2 mg N/l
Totaal Fosfaat (tot-P)	Q-ICP-MS	0,06 mg P/l
Zink (Zn)	Q-ICP-MS	4 µg/l

* Q-ICP-MS : Quadrupole inductively coupled plasma mass spectrometry.
 IC : Ionchromatografie.
 CFA : Continuous flow analyzer.

2.7 Gegevensverwerking en validatie

De Universiteit Utrecht heeft voor de verwerking van de Van der Staay-methode en de monsternemingen een eigen data-en validatiesysteem gebruikt. Resultaten zijn na afloop van het onderzoek gerapporteerd aan het RIVM (Van Maarseveen, 2005). De firma Eijkelkamp noteerde informatie over filterplaatsingen en bodemtextuur op formulieren welke ter beschikking zijn gesteld aan het RIVM. Resultaten van de door het RIVM uitgevoerde veldmetingen zijn in handheld computers ingevoerd en later opgeslagen in Bilthoven. Deze bestanden zijn samengevoegd en verwerkt in Excel spreadsheets. De analyseresultaten zijn door het analyselaboratorium (afd. Analytische Chemie / Laboratorium voor Milieumetingen / RIVM) gerapporteerd in ASCII-bestanden. Deze zijn samengevoegd en verwerkt in Excel-bestanden. Hier vindt ook de koppeling plaats met de veldgegevens zoals filterdieptes, grondwaterstanden et cetera. Ook de verdere verwerking is gerealiseerd met behulp van de spreadsheets en pivot-tables. Voor de validatie is gekeken naar extreme waarnemingen, bijvoorbeeld als gevolg van verkeerde invoer in het veld of verkeerd uitgevoerde getalconversies.

3. Resultaten en discussie

3.1 Filterinstallatie en monsterneming

3.1.1 Grondwaterstanden (actueel en GLG)

In Tabel 3.1 zijn de grondwaterstanden vermeld zoals gepeild in de grondwaterkwantiteitsputten tijdens ronde 1 met de van die grondwaterstand afgeleide correctiewaarde. Deze correctiewaarde volgt uit de voor de grondwaterkwantiteitsputten bekende GLG (zie paragraaf 2.3.3) en de in die putten gepeilde grondwaterstand. Een uitzondering is gemaakt voor het bedrijf Nutter. De berekende correctiewaarde is 83 cm. De geologie van de ondergrond is hier echter zeer divers met sterke wisselingen van het maaiveld ten opzichte van NAP. Daarom is hier naar analogie met Spankeren een CW van 30 cm gehanteerd.

Tabel 3.1 Gemeten grondwaterstand (Gws) in de grondwaterkwantiteitsputten met afgeleide correctiewaarde (CW), ronde 1

Grondwaterkwantiteitsput	Bij bedrijf	Datum peiling	Gws –mv (cm)	CW (cm)
17D0024	Nieuweroord	13-07-2005	354	40
F0261	Nutter	12-07-2005	365	83 → 30
E0206	Maarheeze	19-07-2005	158	0
G0361	Spankeren	11-07-2005	180	30

In Tabel 3.2 zijn voor iedere boorlocatie de gepeilde grondwaterstanden en de daarvan afgeleide GLG weergegeven, conform de methode beschreven in paragraaf 2.3.3.

Tijdens ronde 2 zijn geen grondwaterstanden bepaald. Tijdens ronde 3 wél ten behoeve van de filterplaatsing (3x) van de LMM-methode, zie Tabel 3.3. Op drie van de zestien boorlocaties werd (abusievelijk) geen grondwaterstand bepaald.

In Figuur 3.1 is het maximale verschil weergegeven in de peilingen van de grondwaterstand op elk van de zestien locaties tijdens ronde 1. Hoewel de peilingen binnen een straal van één meter zijn uitgevoerd treden er verschillen op tot 75 cm in de vastgestelde grondwaterstand. In Maarheeze zijn de verschillen het kleinst. Dit duidt erop dat de waterdoorlaatbaarheid van de grond een rol speelt want in Maarheeze is voornamelijk sprake van zand en zijn er geen tot weinig afwijkende lagen.

Het blijkt ook uit te maken of de peiling door één en dezelfde persoon/instantie wordt uitgevoerd. Tijdens ronde 3 is de grondwaterstand op dertien van de zestien locaties drie keer bepaald door het RIVM. Het maximale verschil van deze peilingen is eveneens uitgezet in Figuur 3.1. Afgezien van de locaties 2/17D0202 te Nieuweroord en 3/57E0338 te Maarheeze zijn de verschillen tussen de peilingen maximaal 20 cm terwijl in vergelijking met ronde 1 de afstand tussen de boorgaten juist groter is.

Tabel 3.2 Gemeten grondwaterstanden in cm onder maaiveld (ronde 1) op iedere boorlocatie met de berekende GLG

Bedrijf	Locatie	Datum	Grondwaterstand -mv (cm)			GLG
			RIVM basis	LMM	UU	-mv
Nieuweroord	1/17D0201	13-07-05	265		280	305
		15-07-05		260		
	2/17D0202	13-07-05	175		250	215
		14-07-05		180		
3/17D0203	13-07-05	174		210	214	
	14-07-05		200			
4/17D0200	13-07-05	192		220	232	
	14-07-05		220			
Nutter	1/28F0471	15-07-05	345		350	375
		18-07-05		360		
		19-07-05				
	2/28F0472	15-07-05	375		320	405
18-07-05			360			
19-07-05						
3/28F0473	15-07-05	205		250	235	
	18-07-05		200			
4/28F0470	15-07-05	100		110	130	
	18-07-05		120			
Maarheeze	1/57E0336	19-07-05	150		150	150
		20-07-05		150		
	2/57E0337	19-07-05	125		130	125
		20-07-05		120		
25-07-05						
3/57E0338	19-07-05	105		110	105	
	20-07-05		100			
4/57E0335	19-07-05	145		150	145	
	20-07-05		150			
Spankeren	1/33G0415	11-07-05	290	310	260	320
	2/33G0412	11-07-05	295	280	330	325
	3/33G0413	11-07-05	305	360	300	335
	4/33G0414	11-07-05	95		110	125
12-07-05			100			

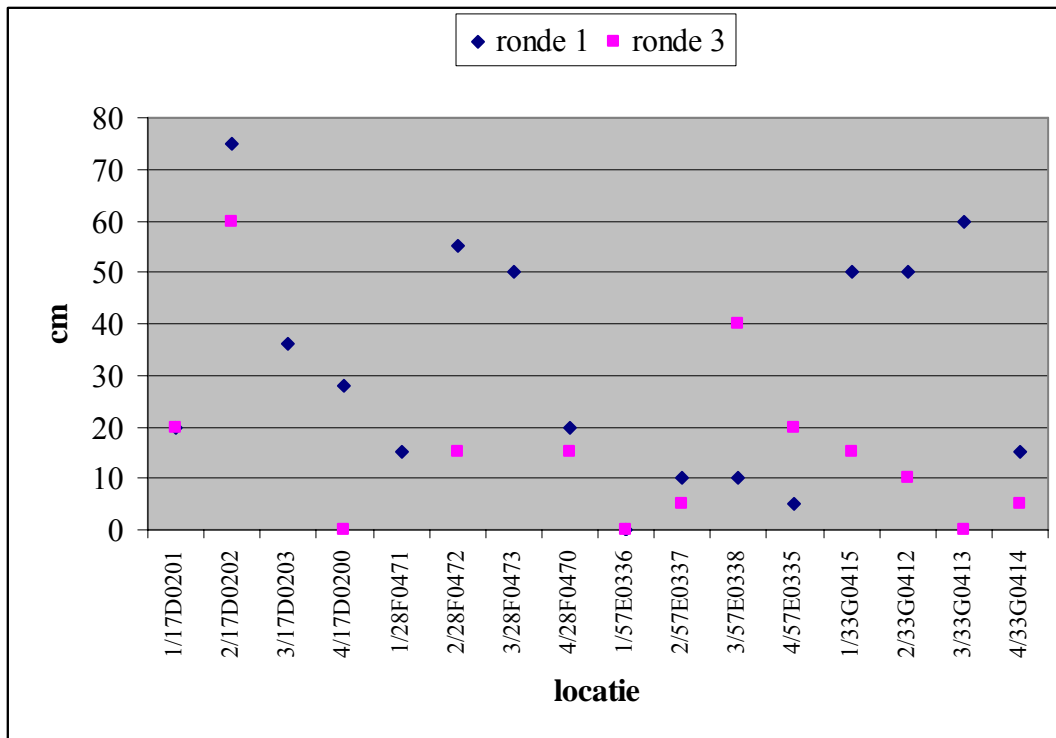
Tabel 3.3 Gemeten grondwaterstanden onder maaiveld (ronde 3) per boorlocatie in de drie boorgaten ten behoeve van de filterplaatsing van de LMM-methode (RL1, RL2, RL3)

Bedrijf	Locatie	Datum peiling	grondwaterstand			
			RL1	RL2	RL3	gem
Nieuweroord	1/17D0201	06-12-05	270	290	270	277
	2/17D0202	05-12-05	170			
		06-12-05		110	120	133
	3/17D0203	-	-	-	-	-
	4/17D0200	07-12-05	190	190	190	190
Nutter	1/28F0471	-	-	-	-	-
	2/28F0472	01-12-05		430	445	
		30-11-05	440			438
	3/28F0473	-	-	-	-	-
	4/28F0470	29-11-05 30-11-05	75	75	60	70
Maarheeze	1/57E0336	12-12-05	120	120	120	120
	2/57E0337	12-12-05	90	85	85	87
	3/57E0338	19-12-05			10	
		20-12-05	50	50		37
	4/57E0335	15-12-05	100	120	105	108
Spankeren	1/33G0415	22-11-05	335	320	320	325
	2/33G0412	21-11-05	340	350	350	347
	3/33G0413	17-11-05	340	340	340	340
	4/33G0414	23-11-05	80	80	75	78

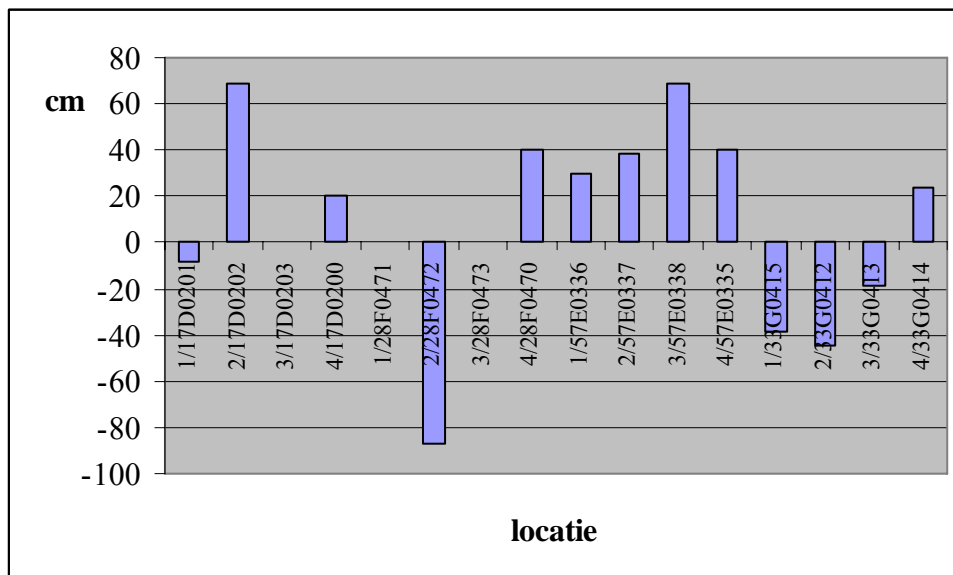
Een verschil in gepeilde grondwaterstand veroorzaakt een zelfde verschil in filterplaatsing omdat de diepte van het filter rechtstreeks van de grondwaterstand afgeleid wordt.

In Figuur 3.2 is het verschil in de gemeten gemiddelde grondwaterstand tijdens ronde 1 en ronde 3 uitgezet. De grondwaterstand blijkt in ronde 3 (vergeleken met ronde 1), gemiddeld over de vier boorlocaties, in Nieuweroord 27 cm gestegen, in Nutter 23 cm gedaald, in Maarheeze 44 cm gestegen en in Spankeren 20 cm gedaald.

Dit impliceert dat de positie van de permanente filters ten opzichte van de actuele grondwaterstand bij ronde 1 en ronde 3 tot 80 cm kan variëren, terwijl deze ten opzichte van het maaiveld uiteraard constant is. Een tijdelijk filter dat geplaatst wordt ten opzichte van de actuele grondwaterstand varieert in positie alleen ten opzichte van het maaiveld.



Figuur 3.1 Maximaal verschil in gepeilde grondwaterstand tijdens ronde 1 (♦ uitvoering door UU en het RIVM) en ronde 3 (■ uitvoering door het RIVM)



Figuur 3.2 Verskil in de gemiddelde grondwaterstand (ronde 1 minus ronde 3); een positieve waarde betekent grondwaterstijging

De grondwaterstand is tijdens ronde 3 ook weer gepeild in de geselecteerde grondwaterkwantiteitsputten nabij de vier bedrijven. Die grondwaterstand met de daarvan afgeleide correctiewaarde CW is weergegeven in Tabel 3.4.

Tabel 3.4 Gemeten grondwaterstand (Gws) in de grondwaterkwantiteitsputten met afgeleide correctiewaarde (CW), ronde 3

Grondwaterkwantiteitsput	Bij bedrijf	Datum peiling	Gws -mv (cm)	CW (cm)
17D0024	Nieuweroord	07-12-2005	327	67
F0261	Nutter	24-11-2005	416	32 → 30
E0206	Maarheeze	13-12-2005	150	8
G0361	Spankeren	15-11-2005	212	-2

Met die correctiewaarde en de gemiddelde grondwaterstand tijdens ronde 3 is opnieuw de GLG berekend en met de tijdens ronde 1 berekende GLG en het verschil weergegeven in Tabel 3.5. De GLG wordt verondersteld in de tijd constant te zijn. Uit Tabel 3.5 blijkt nu dat de gehanteerde methode voor inschatting van de GLG voor een aantal locaties niet goed werkt. Er worden verschillen in de GLG gevonden van -60 cm tot +63 cm. Dit betekent, dat als de installatie van de permanente filters niet in juli 2005 tijdens ronde 1 was gebeurd, maar in nov/dec 2005 tijdens ronde 3, dat sommige filters tot circa 60 cm (on)dieper geïnstalleerd zouden zijn. Deze afwijking ligt overigens in dezelfde orde van grootte als die verwacht wordt bij andere, relatief goedkope en snelle methoden voor de GLG-bepaling (Bierkens, 2005). Een GLG-bepaling met een nauwkeurigheid van 5-10 cm heeft een doorlooptijd van één jaar en is duur.

Tabel 3.5 Gemiddeld Laagste Grondwaterstand bepaald tijdens ronde 1 en 3 met het verschil

Bedrijf	Locatie	Gemiddeld Laagste Grondwaterstand		
		Ronde 1	Ronde 3	verschil
Nieuweroord	1/17D0201	305	344	+39
	2/17D0202	215	200	-15
	3/17D0203	214	-	-
	4/17D0200	232	257	+25
Nutter	1/28F0471	375	-	-
	2/28F0472	405	468	+63
	3/28F0473	235	-	-
	4/28F0470	130	100	-30
Maarheeze	1/57E0336	150	128	-22
	2/57E0337	125	95	-30
	3/57E0338	105	45	-60
	4/57E0335	145	116	-29
Spankeren	1/33G0415	320	323	+3
	2/33G0412	325	345	+20
	3/33G0413	335	338	+3
	4/33G0414	125	75	-50

3.1.2 Verzamelde grondmonsters met de Aqualock

Oorspronkelijk was het de bedoeling om met de Aqualock grondmonsters te nemen van 1 m +GLG tot 5 m –GLG. Tijdens het veldonderzoek is dit uitgebreid naar grondmonsters tot 6m –GLG. Omdat met de Aqualock altijd monsters per twee meter worden verzameld zijn er soms ook monsters tot 7 m –GLG verkregen. Tabel 3.6 geeft een overzicht van alle monsters die met behulp van de Aqualock verzameld zijn.

Tabel 3.6 Overzicht van met de Aqualock verzamelde grondmonsters

Bedrijf	Locatie	Gestoken grondmonster ten opzichte van de GLG		
		van	tot	ontbrekend
Nieuweroord	1/17D0201	+1	-4,9	-3,1 tot -3,2
	2/17D0202	+1	-5	-3 tot -3,15
	3/17D0203	+1	-6	
	4/17D0200	+1	-6	+1 tot + 0,7
Nutter	1/28F0471	-0,1	-6,1	-0,1 tot -1 -4,1 tot -4,9
	2/28F0472	+1	-6	+1 tot + 0,85 -2 tot -2,25 -4 tot -4,6
	3/28F0473	+1,3	-5,7	
	4/28F0470	+1	-7	
Maarheeze	1/57E0336	+1	-6	
	2/57E0337	+1	-7	
	3/57E0338	0	-7	0 tot -0,3
	4/57E0335	+ 0,5	-6,5	
Spankeren	1/33G0415	+1	-5	
	2/33G0412	+1	-4,9	
	3/33G0413	+1	-5	+1 tot +0,5 -3 tot -3,25
	4/33G0414	+ 1,25	-4,6	

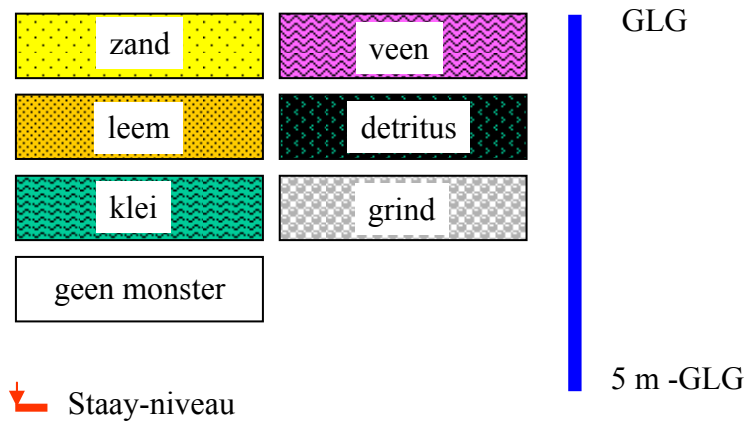
Uit de tabel blijkt dat het niet altijd lukt om de grondmonsters precies van 1 m +GLG tot 5 (respectievelijk 6 en 7) m – GLG te verzamelen. Daarnaast ontbreken er soms ook delen. De oorzaak hiervan wordt besproken in paragraaf 3.2 ‘Uitvoeringstechnische aspecten’.

3.1.3 Bodemtextuur en afwijkende lagen

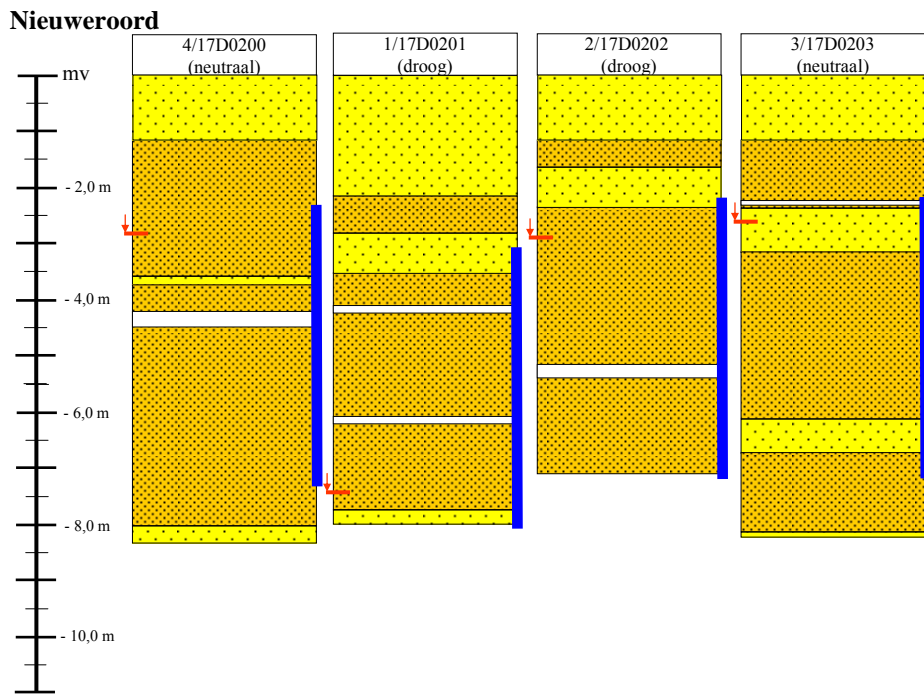
Een globale indicatie van de bodemtextuur op de vier bedrijven met alleen de hoofdgrondsoorten is weergegeven in de Figuren 3.3 t/m 3.6. Daarvoor is gebruikt gemaakt van de textuurbeschrijvingen van TNO aangevuld met de textuurbeschrijving in het veld door de Universiteit Utrecht voor het gedeelte daarboven tot aan maaiveld. Dat deel kon door het ontbreken ervan in de met de Aqualock verzamelde grondprofielen namelijk niet door TNO beschreven worden. In de Figuren 3.3 t/m 3.6 is tevens het niveau aangegeven tot waarop met de Van der Staay-methode geboord kon worden. De (on)mogelijkheid om met de Van der Staay-methode op diepte te komen wordt verder besproken in paragraaf 3.2.

De gedetailleerde textuurbeschrijvingen van de Universiteit Utrecht en van TNO zijn vermeld in Bijlage 11 (CD-ROM). Hierin is ook de globale textuurbeschrijving in het veld van de firma Eijkelkamp opgenomen.

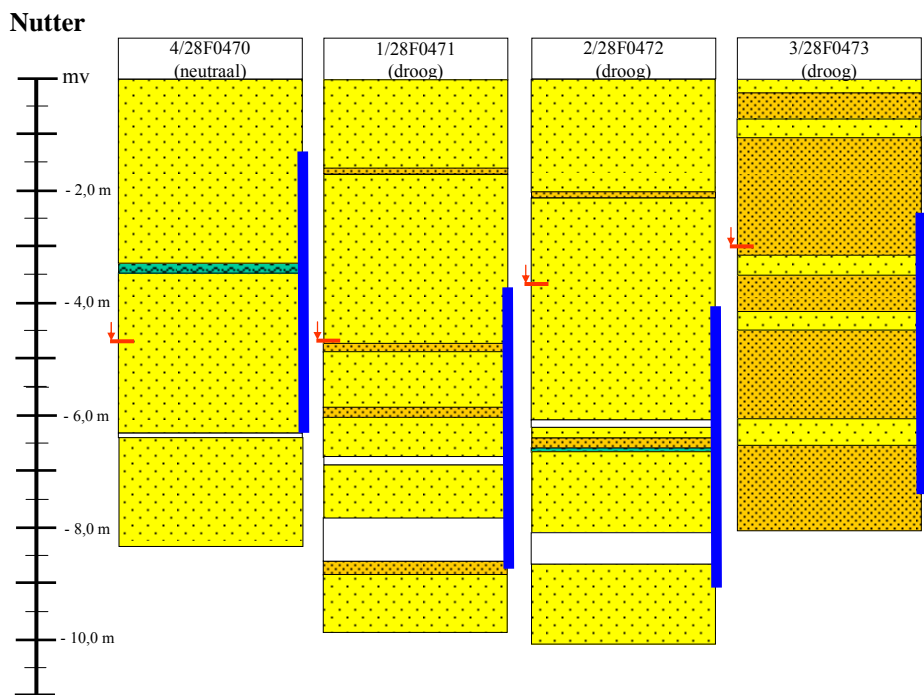
Na het maken van de gedetailleerde textuurbeschrijvingen zijn de grondmonsters door TNO in hun laboratorium gefotografeerd. Deze foto's zijn voor alle zestien boorlocaties weergegeven in Bijlage 9.



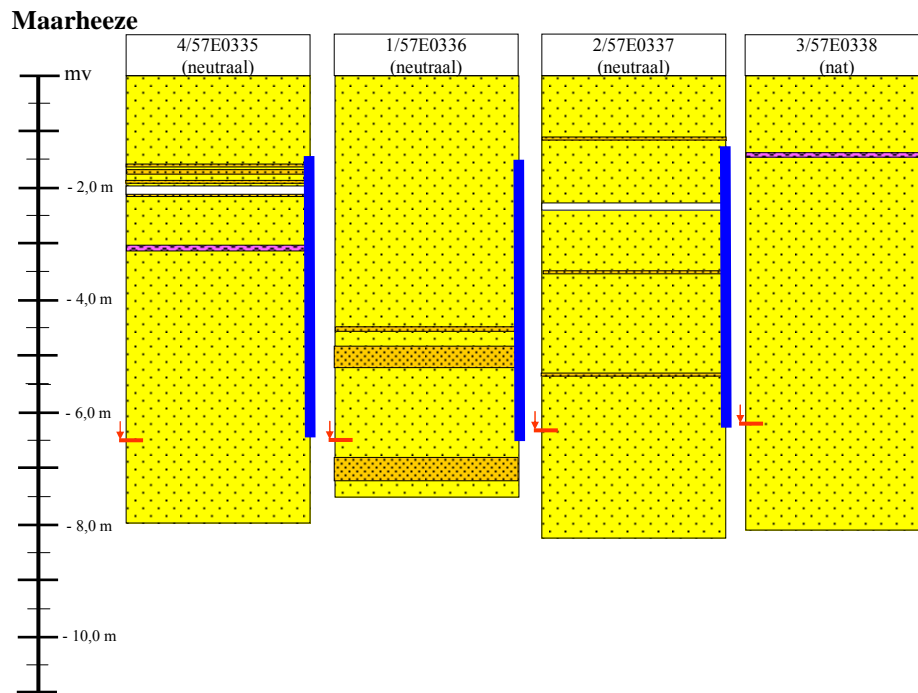
Legenda bij de Figuren 3.3 t/m 3.6



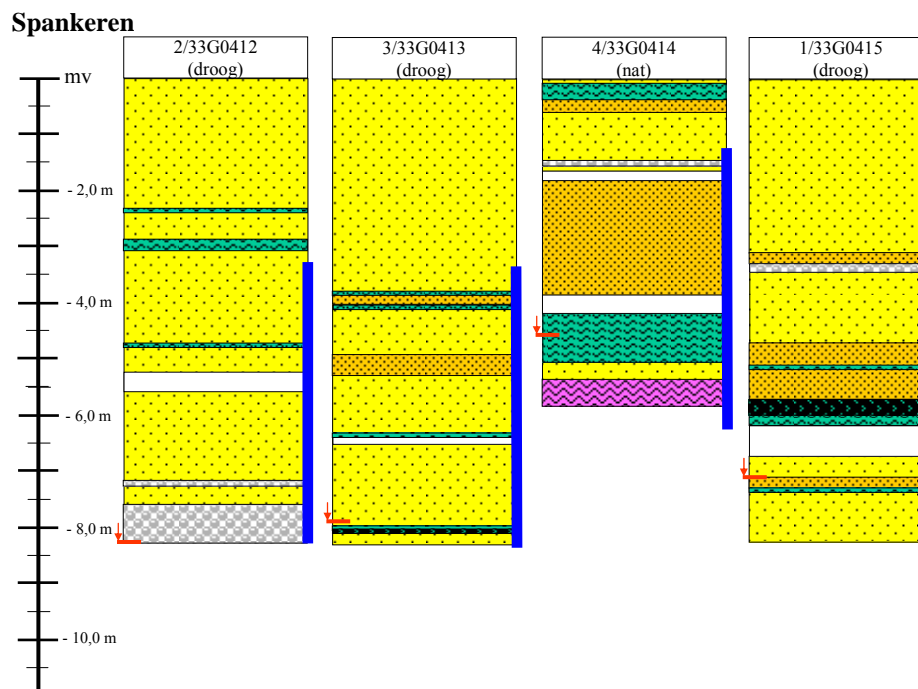
Figuur 3.3 Bodemtextuur op de vier boorlocaties in Nieuweroord



Figuur 3.4 Bodemtextuur op de vier boorlocaties in Nutter



Figuur 3.5 Bodemtextuur op de vier boorlocaties in Maarheeze



Figuur 3.6 Bodemtextuur op de vier boorlocaties in Spankeren

De vier onderzoekslocaties zijn alle gelegen op zandgrond en toch is de bodemtextuur op ieder van de locaties verschillend en daarmee de doorlaatbaarheid van de grond. Deze verschillen blijken zowel van invloed op de succeskans bij het (met name handmatig) boren als bij de monsterneming.

Nieuweroord kenmerkt zich door zand in de eerste meter(s) onder maaiveld met daaronder tot de geboorde diepte (circa 8 m –mv) vooral sterk zandige, zwak grindige leem met een enkele dunne zandlaag daartussen. De doorlaatbaarheid van de leemlaag is niet groot. Volgens de geologische beschrijving van TNO (TNO-NITG, 2005) wordt de doorlaatbaarheid van het pakket bepaald door het siltgehalte van de leem en de aanwezigheid van zandlenzen.

In Nutter is de grondsoort ook zand, echter van zéér fijne structuur (3 locaties) met een lage doorlaatbaarheid. Op de vierde locatie bestaat de ondergrond vooral uit (zandig) leem. Deze bevindingen zijn niet in overeenstemming met de geologische beschrijving (TNO-NITG, 2005) waar voor de centrale Nutter Esch klei en grof rivierzand wordt verwacht.

Bij het bedrijf in Maarheeze bestaat de grond tot 8 m -mv voornamelijk uit zand met een enkel dun laagje leem. De waterdoorlaatbaarheid is relatief groot.

In Spankeren is de ondergrond ook voornamelijk zand, maar komen lagen van klei, leem, veen en grind voor. De variatie in bodemtextuur is op dit bedrijf het grootst, wat op grond van de geologische beschrijving (TNO-NITG, 2005) ook verwacht werd.

Alleen in Spankeren is op locatie 4/33G0414 sprake van een afwijkende laag zoals gedefinieerd in paragraaf 2.3.5. Het betreft een kleilaag van 4,20 tot 5,04 m –mv of 2,95 – 3,79 m –GLG. Onder de kleilaag zit een zandlaag van 46 cm met daaronder veen waarvan de dikte niet bekend is. Boven de kleilaag zit overigens een slechtdoorlatende leemlaag van twee meter die echter niet binnen de hier toegepaste definitie van afwijkende laag valt omdat deze begint op een diepte minder dan twee meter onder de GLG.

3.1.4 Aantallen filters gepland, gerealiseerd en watervoerend

Het aantal geplande en geplaatste filters in de bovenste vijf meter van het grondwater is vermeld in Tabel 3.7. Hierbij is tevens het aantal filters vermeld dat in de ronden 1 t/m 3 ook voldoende water heeft geleverd voor het nemen van monsters. In sommige gevallen was er geen of alleen voldoende water voor de veldmetingen. In de navolgende paragrafen wordt verder ingegaan op de mogelijke oorzaken dat sommige filters geen of onvoldoende water leveren.

Tabel 3.7 Totaal aantal geplande, geplaatste en watervoerende filters (ondiep plus diep).
 Het aantal watervoerende filters is gebaseerd op de beschikbaarheid van een laboratoriummonster
 (maakt alleen verschil voor ronde 1)

Locatie	Geplande filters				Geplaatste filters				Watervoerende filters							
	EC	ED	EU	US	EC	ED	EU	US	ronde 1			ronde 2		ronde 3		
	EC	ED	EU	US	EC	ED	EU	US	EC	ED	EU	US	EC	ED	EC	ED
Nieuweroord																
1/17D0201		4	2	2		4	2	2		2	2	2		2		2
2/17D0202		4	2	2		4	2	1		0	0	1		0		1
3/17D0203		4	2	2		4	1	1		3	1	0		3		0
4/17D0200		4	2	2		4	1	1		3	1	0		3		3
Nutter																
1/28F0471		4	2	2		4	2	1		2	1	1		2		0
2/28F0472		4	2	2		4	2	1		4	0	0		4		3
3/28F0473		4	2	2		4	2	1		0	0	1		0		0
4/28F0470		4	2	2		4	2	1		4	0	1		4		3
Maarheeze																
1/57E0336	7	4	2	2	7	4	2	2	4	3	2	2	4	3	5	2
2/57E0337	7	4	2	2	7	4	2	2	6	1	2	2	6	2	4	2
3/57E0338	7	4	2	2	7	4	2	2	6	4	2	2	6	4	7	4
4/57E0335	7	4	2	2	7	4	2	2	6	4	1	2	6	4	7	4
Spankeren																
1/33G0415		4	2	2		4	2	2		0	2	1		3		3
2/33G0412		4	2	2		4	2	2		4	1	2		4		4
3/33G0413		4	2	2		4	2	2		4	1	2		4		4
4/33G0414		4	2	2		4	3	1		2	3	1		2		2
som	28	64	32	32	28	64	31	24	22	40	19	20	22	44	23	37
% tov te plaatsen					100	100	97	75	79	63	59	63	79	69	82	58
% tov geplaatst									79	63	61	83	79	69	82	58

In Tabel 3.8 is een zelfde overzicht gegeven, maar dan voor specifiek de diepere filters (rond circa 5 m –GLG).

Tabel 3.8 Aantal geplande, geplaatste en watervoerende *diepe* filters (circa 5 m -GLG).
Het aantal watervoerende filters is gebaseerd op de beschikbaarheid van een laboratoriummonster (maakt alleen verschil voor ronde 1)

Locatie	Geplande filters				Geplaatste filters				Watervoerende filters							
	EC	ED	EU	US	EC	ED	EU	US	ronde 1				ronde 2		ronde 3	
	EC	ED	EU	US	EC	ED	EU	US	EC	ED	EU	US	EC	ED	EC	ED
Nieuweroord																
1/17D0201		3	1	1		3	1	1		2	1	1		2		2
2/17D0202		3	1	1		3	1	0		0	0	0		0		0
3/17D0203		3	1	1		3	1	0		3	1	0		3		0
4/17D0200		3	1	1		3	1	0		3	1	0		3		3
Nutter																
1/28F0471		3	1	1		3	1	0		2	0	0		2		0
2/28F0472		3	1	1		3	1	0		3	0	0		3		3
3/28F0473		3	1	1		3	1	0		0	0	0		0		0
4/28F0470		3	1	1		3	1	0		3	0	0		3		2
Maarheeze																
1/57E0336	3	3	1	1	3	3	1	1	2	2	1	1	2	2	2	2
2/57E0337	3	3	1	1	3	3	1	1	3	1	1	1	3	1	2	1
3/57E0338	3	3	1	1	3	3	1	1	3	3	1	1	3	3	3	3
4/57E0335	3	3	1	1	3	3	1	1	3	3	0	1	3	3	3	3
Spankeren																
1/33G0415		3	1	1		3	1	1		0	1	1		2		2
2/33G0412		3	1	1		3	1	1		3	0	1		3		3
3/33G0413		3	1	1		3	1	1		3	1	1		3		3
4/33G0414		3	1	1		3	2	0		1	2	0		1		1
som	12	48	16	16	12	48	17	8	11	32	10	8	11	34	10	28
% tov te plaatsen					100	100	106	50	92	67	63	50	92	71	83	58
% tov geplaatst									92	67	59	100	92	71	83	58

In paragraaf 3.2 wordt verder ingegaan op de diepere boringen en plaatsing van specifiek de diepere filters (rond 5 m – GLG).

3.1.5 Gerealiseerde filterplaatsing

Diepte van plaatsing

De gerealiseerde dieptes van plaatsing (filterdiepte) van de filters ten opzichte van de GLG in ronde 1 zijn samengevat in Tabel 3.9. In ronde 2 zijn geen nieuwe filters geplaatst, maar zijn alleen de permanente filters herbemonsterd. Enkele filters die tijdens ronde 1 geen water leverden deden dat in ronde 2 wél. Het omgekeerde kwam echter ook voor.

Tabel 3.9 Gerealiseerde filterdieptes (gemiddelde ten opzichte van GLG) tijdens ronde 1 (alle methoden). Filterdieptes van filters die ook een watermonster voor analyse in het laboratorium opleverden zijn **vet blauw*** weergegeven. *Cursief blauw* gedrukt zijn de filterdieptes waarvan de filters alleen voldoende water gaven voor de veldmetingen

Bedrijf	Locatie	Diepte code	Methode				
			EC	ED	EU	RL	US
Nieuweroord	1/17D0201	1		75	10	5	15
		2		407,5			
		3		487,5			
		4		562,5			
		5			435		425
Nieuweroord	2/17D0202	1		-45	-	15	65
		2		412,5			
		3		487,5			
		4		562,5			
		5			435		-
Nieuweroord	3/17D0203	1		-54	-	36	36
		2		413,5			
		3		488,5			
		4		563,5			
		5			436		-
Nieuweroord	4/17D0200	1		-102	-	38	38
		2		430,5			
		3		505,5			
		4		580,5			
		5			593		-
Nutter	1/28F0471	1		-25	20	35	25
		2		437,5			
		3		512,5			
		4		587,5			
		5			450		-
Nutter	2/28F0472	1		75	20	15	-45
		2		412,5			
		3		487,5			
		4		562,5			
		5					-
Nutter	3/28F0473	1		75	20	15	45
		2		412,5			
		3		487,5			
		4		562,5			
		5			445		-
Nutter	4/28F0470	1		75	20	40	30
		2		412,5			
		3		487,5			
		4		562,5			
		5			445		-
Maarheeze	1/57E0336	1	-37,5	75	50	50	50
		2	37,5	412,5			
		3	112,5	487,5			
		4	262,5	562,5			
		5	412,5		475		480
		6	487,5				

Bedrijf	Locatie	Diepte code	Methode				
			EC	ED	EU	RL	US
		7	562,5				
Maarheeze	2/57E0337	1	-37,5	75	50	45	55
		2	37,5	412,5			
		3	112,5	487,5			
		4	262,5	562,5			
		5	412,5		475		485
		6	487,5				
		7	562,5				
Maarheeze	3/57E0338	1	37,5	75	50	45	55
		2	112,5	412,5			
		3	212,5	487,5			
		4	312,5	562,5			
		5	412,5		475		495
		6	487,5				
		7	562,5				
Maarheeze	4/57E0335	1	-37,5	75	50	55	55
		2	37,5	412,5			
		3	112,5	487,5			
		4	262,5	562,5			
		5	412,5		475		485
		6	487,5				
		7	562,5				
Spankeren	1/33G0415	1		75	50	40	-10
		2		412,5			
		3		487,5			
		4		562,5			
		5			475		380
Spankeren	2/33G0412	1		75	20	5	45
		2		412,5			
		3		487,5			
		4		562,5			
		5			445		485
Spankeren	3/33G0413	1		75	20	75	5
		2		412,5			
		3		497,5			
		4		562,5			
		5			445		435
Spankeren	4/33G0414	1		75	20	25	25
		2		287,5			
		3		412,5			
		4		487,5	410 (x)		
		5			500		-

* Van de volgende locaties zijn wel de laboratoriumanalyses, maar geen (nitratek)veldmetingen beschikbaar:

3/17D0203 EU 5

1/28F0471 EU 1

1/28F0471 US 1

1/57E0336 EC 7 (ronde 3)

Op locatie 4/33G0414 te Spankeren is een aantal filters afwijkend geplaatst ten gevolge van de daar aanwezige storende (klei)laag, zie paragraaf 3.1.3. Volgens de procedure zou in dat geval een filter direct boven deze kleilaag geplaatst worden. Daar zit echter een twee meter dikke leemlaag. Met de Uitschuifbare-Punt-methode (EU) werd daarom het extra filter geplaatst op 410 cm –GLG (gemiddeld) in de zandlaag tussen de kleilaag en de daaronder liggende veenlaag. Bij de Direct Wells kwam het tweede (standaard) filter al exact in diezelfde zandlaag te zitten. Het diepste (vierde) Direct Well-filter is bij wijze van experiment boven de kleilaag gezet. Geen van de hiervoor genoemde filters blijkt overigens water te leveren².

De in ronde 3 (LMM-methode) gerealiseerde filterdieptes zijn samengevat in Tabel 3.10. Op drie locaties (één in Nieuweroord en twee in Nutter) is de LMM-methode niet toegepast, onder andere omdat er geen water onttrokken kon worden aan de Direct Wells.

Tabel 3.10 Gerealiseerde filterdieptes (gemiddelde ten opzichte van GLG) tijdens ronde 3 (LMM-methode: RL1, RL2, RL3)

Bedrijf	Locatie	Methode		
		RL1	RL2	RL3
Nieuweroord	1/17D0201	15	35	15
	2/17D0202	5	-55	-45
	3/17D0203	-	-	-
	4/17D0200	8	8	8
Nutter	1/28F0471	-	-	-
	2/28F0472	85	75	90
	3/28F0473	-	-	-
	4/28F0470	-5	-5	-20
Maarheeze	1/57E0336	20	20	20
	2/57E0337	15	10	10
	3/57E0338	-5	-5	-45
	4/57E0335	5	25	10
Spankeren	1/33G0415	65	50	50
	2/33G0412	65	75	75
	3/33G0413	55	55	55
	4/33G0414	5	5	0

Filterlengte

De toegepaste filterlengtes zijn zoals aangegeven in de paragrafen 2.3.6 en 2.3.7 met uitzondering van de filterlengtes van de Van der Staay-methode (US) bij de bedrijven te Spankeren en Nieuweroord. Op die locaties werd abusievelijk een filterlengte van 25 cm in plaats van 50 cm toegepast met de Van der Staay-methode.

² Voor ED2 en ED3 alleen voldoende water voor de veldmetingen

3.1.6 Observaties bij de plaatsing van de tijdelijke filters

De LMM-methode levert in alle gevallen een watermonster op. Verwacht mag dus worden dat de bovenste filters (direct onder de grondwaterspiegel) van de tijdelijke methoden ook een watermonster opleveren omdat deze allemaal geplaatst worden ten opzichte van de actuele grondwaterstand. Dit blijkt echter niet het geval, zelfs niet met de Van Staay-methode (US) die voor het bovenste filter niet afwijkt van de LMM-methode (RL). Namelijk boren met een Edelmanboor en daarna het plaatsen van een filterlans. Het bovenste filter leverde met de US-methode (waar er vier per bedrijf mogelijk zijn) twee watermonsters op in Nieuweroord, drie in Nutter, vier in Maarheeze en drie³ in Spankeren. Hiervoor zijn mogelijk twee oorzaken aan te wijzen. In Spankeren en Nieuweroord werd, zoals hiervoor al aangegeven, een filter van 25 cm in plaats van 50 cm gebruikt. Daarnaast is door de Universiteit Utrecht wellicht niet altijd de goede grondwaterstand bepaald (zie ook Tabel 3.2) waardoor het filter mogelijk boven de grondwaterspiegel stond.

De verschillen in de bepaling van de grondwaterstand via de basismethode, de US-methode en de RL-methode vertaalt zich namelijk direct naar de filterdiepte van respectievelijk de Uitschuifbare Punt-methode (EU), de Van der Staay-methode (US) en de LMM-methode (RL). De in Figuur 3.2 aangegeven verschillen in grondwaterpeiling betekenen dus ook dat deze verschillen bestaan in de positie van de geplaatste filters.

De monsterneming met de Uitschuifbare-Punt-methode vlak onder de grondwaterspiegel lukte in Nieuweroord en in Nutter slechts op één⁴ locatie, in Maarheeze op vier locaties en in Spankeren op drie. Een belangrijke verklaring hiervoor is de moeizame toestroming van het grondwater in Nieuweroord en Nutter door de leemlagen respectievelijk het zéér fijne zand. Veel tijd om het water toe te laten stromen was echter niet begroot omdat met de SonicSampDrill, waaraan de Uitschuifbare-Punt-methode gekoppeld zit ook de boringen met de Aqualock en voor de Direct Wells uitgevoerd moesten worden. Daarom is vaak na tien minuten wachten de monsterneming gestaakt. Hetzelfde geldt uiteraard ook voor de diepere monsternemingen met de Uitschuifbare-Punt-methode.

De diepere monsternemingen via de Van der Staay-methode zijn allemaal succesvol mits met deze methode op diepte gekomen kan worden. De verklaring hiervoor is dat deze methode goed werkt in goed doorlatende zandgronden waar het grondwater dus ook gemakkelijk toestroomt.

3.1.7 Observaties bij de plaatsing van de permanente filters

In Tabel 3.11 zijn de locaties weergegeven waar één of meerdere filters van de Direct Wells afwijkend werden geïnstalleerd met, zomogelijk, de verklaring daarvoor. Onder afwijking wordt hier verstaan een verschil van meer dan 20 cm ten opzichte van de geplande diepte (zie paragraaf 2.3.7).

³ Op de vierde locatie (1/33G0415) alleen voldoende water voor de veldmetingen

⁴ Op een tweede locatie (4/28F0470) alleen voldoende water voor de veldmetingen

Tabel 3.11 Afwijkend geïnstalleerde filters van de Direct Well (ED) en de Multi-Channel Well (EC)

Bedrijf	Locatie	Methode	Gemiddelde filterdiepte in cm - GLG		Opmerking/verklaring
			gepland	gerealiseerd	
Nieuweroord	2/17D0202	ED	75	-45	i.v.m. leemlaag
Nieuweroord	3/17D0203	ED	75	-54	i.v.m. siltige zandlaag
Nieuweroord	4/17D0200	ED	75	-102	i.v.m. leemlaag
Nutter	1/28F0471	ED	75	-25	installatiefout
		ED	412,5	437,5	installatiefout
		ED	487,5	512,5	installatiefout
		ED	562,5	587,5	installatiefout
Maarheeze	1/57E0336	EC	-112,5	-	filter vervallen
		EC	-	262,5	extra filter
Maarheeze	2/57E0337	EC	-112,5	-	filter vervallen
		EC	-	262,5	extra filter
Maarheeze	3/57E0338	EC	-112,5	-	filter vervallen
		EC	-37,5	-	filter vervallen
		EC	-	212,5	extra filter
		EC	-	312,5	extra filter
Maarheeze	4/57E0335	EC	-112,5	-	filter vervallen
			-	262,5	extra filter
Spankeren	4/33G0414	ED	562,5	287,5	i.v.m. storende laag

In Nieuweroord geeft géén⁵ van de bovenste filters van de Direct Wells (ED1) water, behalve in ronde 3 op locatie 2/17D0202. Bij dit bedrijf is op drie van de vier locaties het bovenste filter van de Direct Well afwijkend geplaatst. Op locatie 2/17D0202 zou het bovenste filter volledig in een leemlaag komen te staan. Daarom is dit filter van één meter lengte daar direct bóven geplaatst in een zandlaag met halverwege een zandige leemlaag van 45 cm. Alleen in ronde 3 heeft dit filter water gegeven, waarschijnlijk omdat de grondwaterstand toen circa 70 cm hoger was dan in ronde 1, zie Figuur 3.2. Op locatie 3/17D0203 zou het bovenste filter in een slecht doorlatende, uiterst siltige zandlaag komen te staan. Daarom is besloten om dit filter in de zwak grindige leemlaag daarboven te zetten. Dit filter heeft echter tijdens geen van de ronden water geleverd. Ook op locatie 4/17D0200 zou het bovenste filter in een leemlaag komen te staan en is daarom hoger geplaatst waardoor de bovenkant nog net in een zandlaag terecht kwam. Ook dit filter heeft echter tijdens geen van de ronden water geleverd. De diepe filters rond 5 m – GLG staan in Nieuweroord in leemlagen (zwak tot matig grindig of sterk zandig) en geven deels water, behalve op locatie 2/17D0202 waar deze filters in geen van de ronden water hebben gegeven⁶. De doorlaatbaarheid van de zwak grindige leemlaag is hier blijkbaar te klein.

⁵ Behalve op drie locaties waar wel voldoende water was voor de veldmetingen

⁶ Alleen voldoende water voor de veldmetingen uit het diepste filter (ED4)

In Nutter geeft op locatie 3/28FF0470 géén van de geïnstalleerde filters water⁷. De bodem bestaat hier voornamelijk uit leem met uiterst fijn zand. De waterdoorlaatbaarheid is minimaal. Op de locatie 1/28F0471 staat het bovenste filter één meter hoger dan gepland. Dit is hoogstwaarschijnlijk een vergissing geweest bij de installatie. Dit filter heeft in geen van de ronden water gegeven. In ronde 3 is de grondwaterstand hier ook nog eens circa 80 cm gedaald en daardoor stond dit filter op dat moment boven de grondwaterspiegel. De diepere filters op deze locatie staan allemaal 25 cm dieper dan gepland, ook hier hoogstwaarschijnlijk abusievelijk foutief geïnstalleerd. Een mogelijke verklaring hiervoor is de gecompliceerde boring op deze locatie tengevolge van het zéér fijne zand.

In Maarheeze geven de filters van de Direct Wells en de Multi-Channel Well (EC) vrijwel allemaal water behalve op locatie 2/57E0337. Op die locatie geven de filters van de Direct Well op (gemiddeld) 412,5 en 487,5 cm –GLG in geen enkele ronde water. Dit is vreemd omdat de filters van de EC op dezelfde diepte wél water geven. Mogelijk is er iets met de filters aan de hand of met de slangen die naar de perceelsrand lopen of met de aansluitingen. Afhankelijk van de grondwaterstand zijn één of meerdere van de bovenste filters van de EC vervallen. Installatie zou de afwerking van de put onder de bouwvoor onmogelijk hebben gemaakt. Hierdoor konden extra filters halverwege het vijf meter traject onder de GLG geplaatst worden. Behalve een enkel filter op de locaties 1/57E0336 en 2/57E0337 leveren de diepe filters van de EC allemaal water.

De aangepaste filterplaatsing ten gevolge van een afwijkende laag bij het bedrijf in Spankeren op locatie 4/33G0414 is al eerder besproken. De Direct Well-filters op locatie 1/33G0415 geven in ronde 1 nog geen water. In ronde 2 en 3 wel, met uitzondering van het filter op (gemiddeld) 487,5 cm –GLG alhoewel dit filter wel in een zandlaag staat. Blijkbaar is er met dat filter iets anders aan de hand.

⁷ Alleen voldoende water voor de veldmetingen in ronde 1

3.2 Uitvoeringstechnische aspecten

3.2.1 Boren tot 5 m onder de grondwaterspiegel

Met de SonicSampDrill die gebruikt wordt bij de plaatsing van de Uitschuifbare-Puntmethode (EU), de Direct Wells (ED) en de Multi-Channel Well (EC) was het in vrijwel alle gevallen mogelijk om snel op de gewenste diepte rond 5 m –GLG te komen. Alleen in Nutter ging dit op boorlocatie 1/28F0471 erg lastig door de aanwezigheid van zéér fijn zand. Bij de boringen voor het tweede filter dat op circa 8 m –mv moest komen kon niet verder geboord worden dan tot 4 m –mv. Na herhaalde pogingen en vóórboren met de Aqualock kon een dag later wèl op de gewenste diepte gekomen worden. Mogelijk dat het werkwater dat bij de Aqualock wordt gebruikt de grondformatie geschikter had gemaakt.

De handmatige Van der Staay-methode was minder succesvol om tot 5 meter beneden de grondwaterspiegel te komen. Dit lukte slechts op 50% van de boorlocaties. Voor deze methode is een zandige verzadigde bodem vereist omdat anders het principe (zuigboren) niet werkt. Dunne lagen van afwijkende textuur zoals klei en leem zijn met enig doorzetten nog wel te doorboren. Als deze lagen dikker worden lukt dit echter niet meer. Ook héél fijn zand levert problemen op. Daarnaast vergt de Van der Staay-methode veel fysieke inspanning. In Nieuweroord kon op locatie 1/17D0201 alleen handmatig op 5 meter beneden de grondwaterspiegel gekomen worden door inzet van andere dan de Van der Staay-methode, zoals verlengde Edelmanboren, gutsen et cetera. Dit is gelet op de tijd die hiermee gemoeid was (enkele uren) echter alleen op deze locatie gedaan. Op de andere locaties in Nieuweroord kon met de Van der Staay-methode niet tot 5 meter onder de grondwaterspiegel geboord worden. In Nutter lukte dit op geen van de locaties. Het uiterst fijne zand verstopte steeds de Van der Staay-boor. Als de omstandigheden voor het boren met de Van der Staay-methode goed zijn zoals bijvoorbeeld in Maarheeze, dan zijn met deze methode vier boorlocaties op één dag te bemonsteren. In de Figuren 3.3 t/m 3.6 is het niveau tot waarop gestaayed kon worden samen met de bodemtextuur weergegeven en wordt zichtbaar waarom er met de Van der Staay-methode niet verder geboord kon worden.

Tabel 3.8 geeft zoals eerder aangegeven voor de diepere filters (rond 5 m –GLG) een overzicht van het aantal geplande, gerealiseerde en watervoerende filters.

3.2.2 Verzameling van grondmonsters met de Aqualock

De sonic-boringen met de Aqualock verliepen doorgaans iets minder snel dan de boringen voor de filterplaatsingen, mogelijk doordat de Aqualock geen gebruik kan maken van een boorpunt. Het uiteinde van de boor is een vlakke snijkop die door middel van een zuiger afgesloten is. Toch kon met deze methode uiteindelijk wèl steeds op diepte gekomen worden.

De procedure voor het verzamelen van grondmonsters in goten moest in de beginfase van het veldonderzoek nog geoptimaliseerd worden. Er kan gemakkelijk verwarring ontstaan over wat bijvoorbeeld het diepste punt is van de grond in de PVC-goot en verder is het belangrijk

dat de goten met grond in de juiste volgorde worden gerangschikt. De verzameling van grondmonsters is hierdoor op de locatie Spankeren niet optimaal verlopen.

Daarnaast zijn de volgende beperkingen van de Aqualock-methode gebleken.

- Het is lastig om monsters direct vanaf maaiveld te verzamelen. Behalve dat het gevaar bestaat dat het ultrasoon trillen de Aqualock-boorbuis beschadigd valt de grond uit elkaar. Als de GLG dicht bij maaiveld ligt, bijvoorbeeld 1 à 2 meter daaronder, dan lukt het dus niet altijd om monsters vanaf 1 m + GLG te verzamelen.
- De boorbuis is twee meter lang. Bij het uitduwen van de grond uit de Aqualock in goten ontbreekt soms 0,5 tot 1 meter. Een mogelijke verklaring hiervoor is dat de grond bij het naar beneden trillen van de Aqualock zoveel weerstand ondervindt dat deze weggedrukt wordt in plaats van in de Aqualock-boorbuis te schuiven.
- Mogelijk in combinatie met het vorige kan de grond samengedrukt worden. Een monster van één meter lengte wordt op die manier bijvoorbeeld 80 cm lang.
- Door het ultrasoon trillen treedt soms versmering op van de buitenste randen van het grondmonster. Die randen bestaan dan uit grond afkomstig van een andere grondlaag. Zie bijvoorbeeld Figuur 3.7.
- Als de waterdoorlaatbaarheid van de grond erg groot is waardoor deze sterk verzadigd is met water dan vervloeit het grondmonster in de verzamelgoot en is niet goed duidelijk meer van welke diepte het monster vandaan komt. Zie bijvoorbeeld de door TNO gemaakte foto's van de grondmonsters in Bijlage 9.



Figuur 3.7 Versmering van het grondmonster (Nieuweroord locatie 3/17D0203)

3.2.3 Filterplaatsingen

De filterplaatsing na het boren met de Van der Staay-methode kan problematisch zijn als het boorgat na het verwijderen van de laatste Staay-buis weer gedeeltelijk dichtvalt. De filterlans moet dan met kracht in het dichtgevallen boorgat worden gedrukt om op het juiste niveau te komen. Door de Universiteit Utrecht is tijdens dit onderzoek geëxperimenteerd met een elektrische trilmotor gevoed via een dieselaggregaat. Deze trilmotor wordt op de filterlans gemonteerd waarna de filterlans tot op het gewenste niveau wordt getrild, zie Figuur 3.8. De ervaringen met dit systeem zijn beperkt positief.

De filterplaatsing met de Uitschuifbare-Punt-methode (UPM) is in beginsel probleemloos. Na het op diepte trillen wordt het filter geopend door de mantelbuis 50 cm omhoog te trekken. Het filtergas van de Uitschuifbare-Punt-methode blijkt kwetsbaar. In Nutter ging dit gas kapot, mogelijk tijdens het openen van het filter. Ook is de O-ringafdichting van de mantelbuis om het filter heen defect geraakt. Met de gebruikte constructie is deze O-ringafdichting niet eenvoudig te vernieuwen. Verder blijkt het soms lastig te zijn om de pompslang lekdicht op het conische koppelstuk aan te sluiten. Dit kan het geval zijn als na het openen van het filter de grondformatie tegen het filter aanvalt en met het grondwater omhoogschiet tot boven het aansluitpunt. Het is overigens niet bekend hoe vaak dit is voorgevallen.



Figuur 3.8 Filterplaatsing met trilmotor op filterlans (optimalisatie Van der Staay-methode, Nieuweroord)

Bij de Direct Wells is door steekproefsgewijze peiling van de filters gebleken dat deze soms op de verkeerde diepte werden geïnstalleerd. Dit wordt onder andere veroorzaakt door het

verbuisd boren met eenheden van steeds 2 meter waarbij de boormeester zich soms vertelt. De installatieprocedure is daarom lopende het onderzoek aangepast waarbij ieder filter direct na installatie gepeild werd. Dit leidde in enkele gevallen tot het opnieuw boren en plaatsen van een Direct Well. Installatie van het filter met de bentonietkragen duurt, nadat het gat geboord is slechts enkele minuten.

Voornoemde vergissingen met filterdieptes zoals bij de Direct Wells zijn praktisch uitgesloten bij de Multi-Channel Well (EC). De filters van de EC en hun onderlinge positie is namelijk zichtbaar aan maaiveld voordat de gehele configuratie geplaatst wordt, zie Figuur B2.6 (Bijlage 2). Het prepareren aan maaiveld is echter wel bewerkelijk en duurt circa 2 uur.

Op de eerste locatie in Maarheeze waar de EC geïnstalleerd werd (1/57E0336), bleek deze zeer moeilijk in de mantelbuis geschoven te kunnen worden. Dit werd veroorzaakt door de zandvangens. Deze worden tussen de bentonietkragen geplaatst, zie Figuur 3.9 (links). Deze vangens zijn daarom vervangen door een andere constructie van kunststof die minder weerstand geeft bij het in de mantelbuis schuiven van de EC, zie Figuur 3.9 (rechts). Deze nieuwe constructie is later op de andere drie locaties in Maarheeze succesvol toegepast.



Figuur 3.9 Installatie van de Multi-Channel Well met bentoniet en het oude type scheiding (links) en met de nieuwe geoptimaliseerde witte kragen (rechts)

3.2.4 Monsterneming van het grondwater

Op verschillende locaties bleek de doorlaatbaarheid van de grond zo gering dat het grondwater zéér langzaam toestroomde. Dit heeft er in een aantal gevallen toe geleid dat de monsterneming bij de Van der Staay-methode (ondiepe filter) een dag later uitgevoerd is door het RIVM. Dit probleem trad ook geregeld op bij de Uitschuifbare-Punt-methode; echter hier werd na maximaal 10 minuten wachten de monsterneming gestaakt omdat de Sonic-boorinstallatie anders te lang stil zou staan. De Direct Wells en de Multi-Channel Wells zijn om logistieke redenen doorgaans al minimaal één dag na installatie bemonsterd (ronde 1). Afhankelijk van de methode varieert het totale aantal watervoerende filters (diep en ondiep) in ronde 1 van circa 60 tot 80%, zie Tabel 3.7. Bij de diepe filters (rond 5 m –GLG) varieert het aantal watervoerende filters afhankelijk van de methode tussen de 60 en 100%, zie Tabel 3.8. De Van der Staay-methode levert op diepte altijd een watervoerend filter. Dit is inherent aan deze methode.

Als de Multi-Channel Well buiten beschouwing gelaten wordt (slechts op vier boorlocaties toegepast) zouden voor zowel de metingen in de bovenste meter van het grondwater (vier methoden) en die vijf meter lager (drie methoden) zestien waarnemingen beschikbaar moeten zijn tijdens ronde 1. Uit Tabel 3.9 is op te maken dat door het niet leveren van water het aantal boorlocaties waar alle methoden vergeleken kunnen worden zéér beperkt is, namelijk:

- vier voor de bovenste meter van het grondwater
- vijf voor vijf meter onder de grondwaterspiegel

Dit is onverwacht. Er is slechts een zeer beperkt aantal locaties waar alle methoden succes hadden. Het volgens het protocol doorspoelen van het filter met minimaal 3x de natte filterlengte bleek in enkele gevallen ook problematisch door het lage debiet.

Verder is gebleken dat de combinatie van in het bijzonder machinaal boren en de monsterneming van grondwater lastig is. Dit zijn twee verschillende disciplines die een totaal andere zorgvuldigheid van werken vraagt en daardoor inzet van een ander type medewerker.

3.2.5 Afwerking van de permanente putten

De permanente putten zijn op alle boorlocaties volgens plan afgewerkt onder de bouwvoor en in Maarheeze tevens aan de perceelsrand. De afstand van perceelsrand tot aan de put in het perceel bedraagt 10 tot 30 meter. Omdat de afwerking op 50 cm onder de bouwvoor leidend was moest op de locaties 2/57E0337 en 3/57E0337 te Maarheeze het bovenste filter van de EC vervallen, zie Tabel 3.9.

Figuur B8.2 toont de afwerkpot met de Direct Well-aansluitingen waarbij onder de pot nog bentonietkorrels worden gestrooid voor de afdichting. Op iedere locatie zijn de Direct Wells op deze manier afgewerkt, waarbij (van bovenaf gezien) de volgende volgorde van de filters is gehanteerd .

2	4
1	3

Deze installatievolgorde was in het protocol nog niet gedefinieerd.

Figuur 3.10 toont de afwerking naar de perceelsrand van de Direct Wells en de Multi-Channel Well in Maarheeze. Links de gegraven geul, rechts de straatpotten aan de perceelsrand.

Bij controle door het RIVM bleek herhaaldelijk dat slangen niet goed waren gelabeld en er dus slangen verwisseld waren. Dit kon geconstateerd worden door vóór de afwerking onder de bouwvoor de slangen in het perceel één voor één los te koppelen en door te pompen. De foutieve labeling is door het RIVM steeds gecorrigeerd.



Figuur 3.10 Afwerking naar de perceelsrand in Maarheeze. Links de gegraven geul richting perceelsrand, rechts de straatpotten voor de Direct Well (rechts) en de Multi-Channel Well (links) aan de perceelsrand

3.2.6 Herbemonstering van de permanente putten

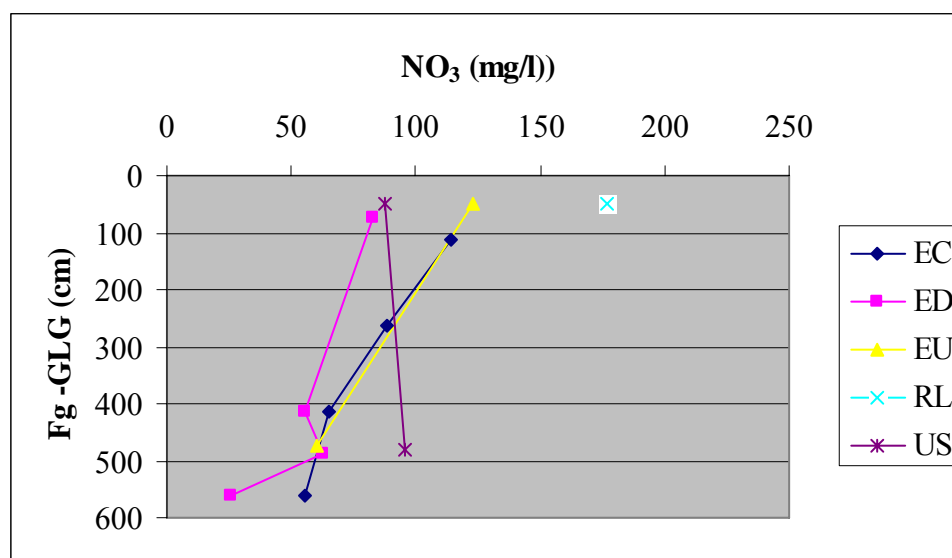
Tijdens de eerste herbemonstering (ronde 2) zijn geen noemenswaardige problemen geconstateerd. Alle locaties waren eenvoudig terug te vinden omdat de boorlocaties nog zichtbaar waren door de verstoring van het maaiveld ten gevolge van de installatie in juli. De putten onder de bouwvoor zijn allemaal met een spa bereikbaar gemaakt. In Maarheeze is via de straatpotten aan de perceelsrand bemonsterd. Alle putten waren nog intact en ook nu bleken diverse (veelal dezelfde) filters weer geen water te leveren, zie ook Tabel 3.7 en 3.8. Waar in ronde 1 geen van de Direct Wells op locatie 1/33G0415 te Spankeren water gaven bleken drie filters tijdens ronde 2 nu echter wel water te leveren.

Bij de tweede herbemonstering (ronde 3) zijn de putten globaal gelokaliseerd met behulp van een GPS waarna met de detector en een prikstok de exacte positie werd bepaald. De GPS bleek een afwijking te hebben van 0,5 tot 2,5 meter. De putten zijn daarna opgegraven en bemonsterd. Behalve in Maarheeze, waar de monsterneming net als tijdens ronde 1 en 2 aan de perceelsrand is uitgevoerd. Tijdens ronde 3 bleken twee putten beschadigd. Locatie

3/17D0203 te Nieuweroord is vernield tijdens het aanleggen van buizendrainage. Daarnaast gaf de eigenaar van het bedrijf aan dat het perceel waarin de locaties 1/17D0201 en 2/17D0202 liggen in 2006 afgegraven zal worden. Op locatie 3/57E0338 te Maarheeze bleken de straatpotten aan de perceelsrand bij het slotenmaaien vernield. Hierdoor zijn 7 van de in totaal 11 slangetjes (4 van de Direct Wells en 7 van de Multi-Channel Well) losgeraakt. Alleen de slangen ED1, ED3, EC2 en EC3 zaten nog vast. Over de overige 7 slangen bestaat nu onzekerheid over de nummering. In Nutter is op locatie 1/28F0471 de monsternemings slang van 4x6 mm die normaal tot onderaan het filter geschoven zit verwijderd. Deze slang bleek verstopt en na het iets optrekken niet meer teruggeschoven te kunnen worden. Mogelijk is het hele filter hier dichtgeslibd met uiterst fijn zand. Tijdens ronde 3 zou verder op alle zestien locaties de LMM-methode drie keer toegepast worden. Omdat op de locaties 3/17D023 te Nieuweroord en 1/28F0471 en 3/28F0473 te Nutter de betreffende Direct Wells geen water gaven is de LMM-methode daar echter (abusievelijk) niet uitgevoerd.

3.3 Veldmetingen

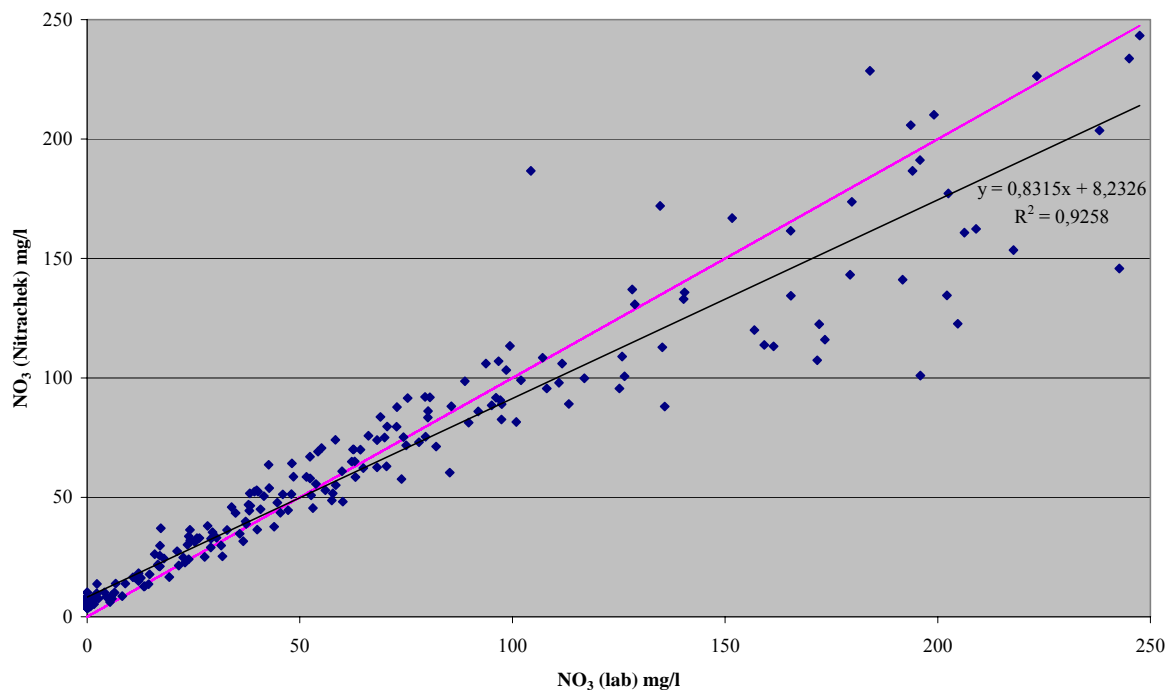
De resultaten van de veldmetingen met de verschillende monsternemingsmethoden uit ronde 1 zijn allemaal grafisch weergegeven in Bijlage 12 en tevens in Bijlage 11 (CD-ROM). De veldmetingen bij de herbemonsteringen tijdens ronde 2 en 3 zijn samengevat in Bijlage 11 (CD-ROM). In Figuur 3.11 is als voorbeeld de met de verschillende monsternemingsmethoden gemeten nitraatconcentraties in Maarheeze op boorlocatie 1/57E0336 weergegeven als functie van de gemiddelde filterdiepte ten opzichte van GLG.



Figuur 3.11 Veldmetingen nitraat op boorlocatie 1/57E0336 te Maarheeze tijdens ronde 1
EC: Multi-Channel Well; ED: Direct Well; EU: Uitschuifbare Punt-methode; RL: LMM-methode;
US: Van der Staay-methode

De veldmetingen die uitgevoerd zijn ten behoeve van de kwaliteitscontrole (NO₃, pH en geleidbaarheid) geven geen aanleiding te veronderstellen dat er bij de conservering en het transport van monsters iets mis is gegaan.

In Figuur 3.12 zijn bijvoorbeeld voor ronde 1 t/m 3 alle nitraatmetingen in het veld, verricht met de Nitrachek-methode, uitgezet tegen de nitraatanalyses van het laboratorium. Ook de 1:1 lijn en een lineaire fit zijn in deze figuur uitgezet. De nitraatmetingen in het veld blijken tot circa 100 mg/l doorgaans hoger en vanaf circa 100 mg/l doorgaans lager dan de laboratoriumanalyses. Ronde 2 toont een iets afwijkende relatie, met tot 100 mg/l vrijwel altijd hogere Nitrachek-metingen en daarboven min of meer gelijk met de laboratoriumanalyses. De gevonden relatie tussen de veldmetingen en de nitraatanalyse in het laboratorium zijn globaal volgens verwachting (Vissenberg, 1995). De spreiding wordt vooral veroorzaakt door de nauwkeurigheidsgrenzen van de Nitrachek-meting.



Figuur 3.12 Nitraatmeting met de Nitrachek in het veld uitgezet tegen de laboratoriumanalyses (alle bepalingen in ronde 1 t/m 3), met 1:1 relatie en lineaire fitting

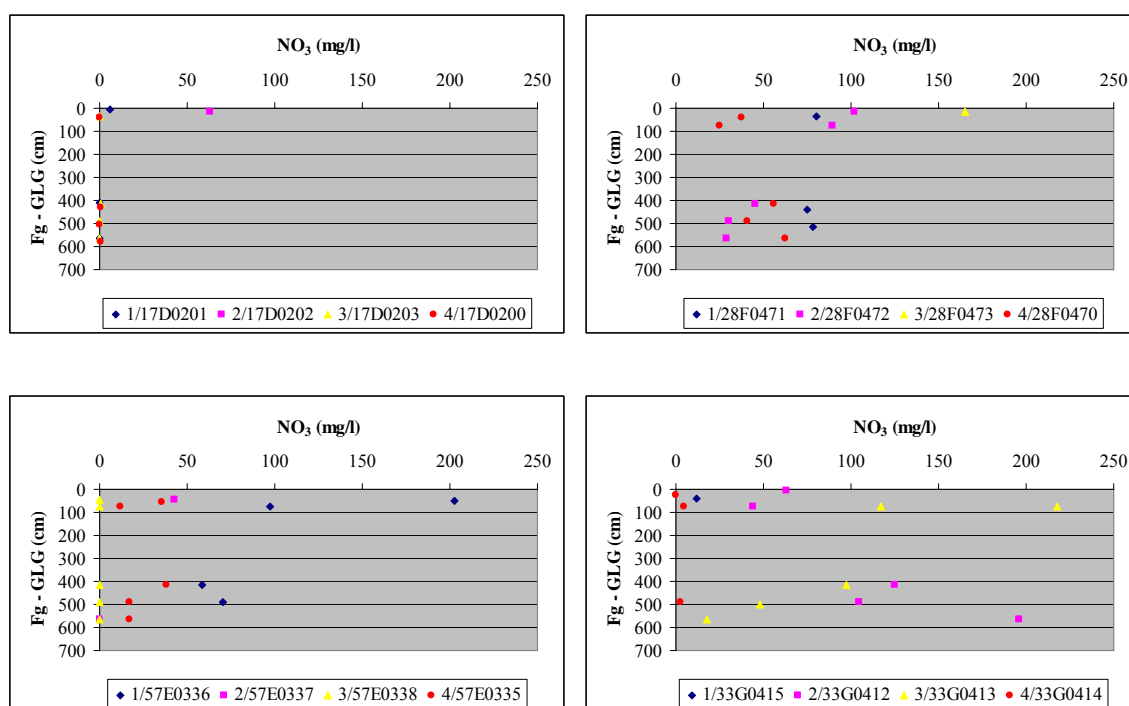
Met de CO₂-meting was door de RIVM-veldwerkers nog niet eerder ervaring opgedaan. De bepaling door titratie blijkt in de praktijk lastig te werken wanneer het water troebel is. Het omslagpunt (verkleuring naar licht roze) is dan moeilijk vast te stellen.

3.4 Vergelijking en interpretatie analyseresultaten

3.4.1 De kwaliteit van het grondwater

De nitraatconcentratie en het verloop ervan met de diepte verschilt sterk per bedrijf. In Figuur 3.13 zijn voor alle boorlocaties op de vier bedrijven de tijdens ronde 1 met de Direct Well-methode (ED) en de LMM-methode (RL) gemeten nitraatconcentraties uitgezet als functie van de gemiddelde filterdiepte ten opzichte van de GLG. In Nieuweroord zijn de gevonden concentraties in de bovenste meter van het grondwater laag en vijf meter lager nihil. Bij de andere drie bedrijven komen veel hogere concentraties voor in de bovenste meter van het grondwater en blijkt de nitraatconcentraties met de diepte zowel af als toe te kunnen nemen.

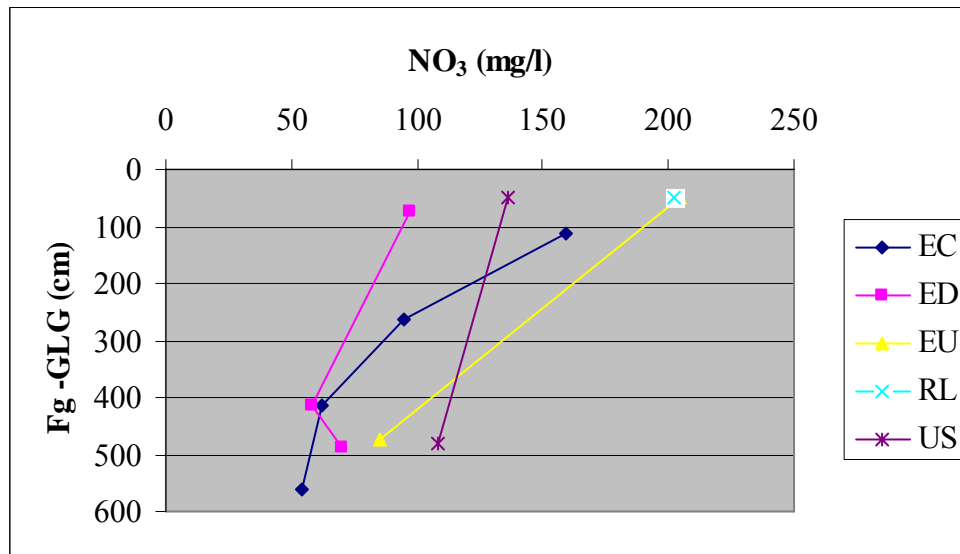
In Fraters et al. (2006) wordt inhoudelijk ingegaan op deze concentratieniveaus in het licht van mogelijke denitrificatie. Voor dit rapport zijn de gevonden concentraties alleen van belang voor de vergelijking van de verschillende onderzochte methoden.



Figuur 3.13 Nitraatconcentraties gemeten met de Direct Well- (ED) en de LMM-methode (RL) tijdens ronde 1 als functie van de gemiddelde filterdiepte. Linksboven bedrijf Nieuweroord (17D), rechtsboven bedrijf Nutter (28F), linksonder bedrijf Maarheeze (57E) en rechtsonder bedrijf Spankeren (33G)

De analyseresultaten van de verschillende methoden uit ronde 1 zijn grafisch weergegeven in Bijlage 10 en tevens in Bijlage 11 (CD-ROM). De analyseresultaten bij de herbemonsteringen tijdens ronde 2 en 3 zijn samengevat in Bijlage 11 (CD-ROM).

In Figuur 3.14 is als voorbeeld de met de verschillende boor- en monsternemingsmethoden gemeten nitraatconcentraties in Maarheeze, locatie 1/57E0336 weergegeven als functie van de gemiddelde filterdiepte ten opzichte van GLG.



Figuur 3.14 Analyseresultaten voor nitraat gemeten met alle methoden; boorlocatie 1/57E0336 te Maarheeze, ronde 1. EC: Multi-Channel Well; ED: Direct Well; EU: Uitschuifbare Punt-methode; RL: LMM-methode; US: Van der Staay-methode

Deze gegevens zijn verzameld voor alle zestien boorlocaties en worden in de navolgende paragrafen besproken bij de vergelijking van de onderzochte methoden.

Daarbij lopen we tegen een aantal beperkingen aan. Het belangrijkste doel van het onderzoek is om eventuele systematische verschillen in gevonden grondwaterkwaliteit die veroorzaakt zijn door verschillen in methoden te ontdekken (zie hoofdstuk 1). Door de verschillende methoden op iedere boorlocatie tijdens ronde 1 zo dicht mogelijk bij elkaar toe te passen wordt de eventuele ruis, die is veroorzaakt door natuurlijke variaties in de grondwaterkwaliteit, zo goed mogelijk onderdrukt. De verschillen in chemische samenstelling van de grondwatermonsters uit de drie boringen met de LMM-methode (ronde 3) op iedere boorlocatie geven een indruk van de ruis die veroorzaakt wordt door de natuurlijke variaties in de grondwaterkwaliteit (zie paragraaf 3.4.3).

Een andere beperking is het geringe aantal locatie-filtercombinaties dat voor vergelijking van de methoden beschikbaar is, zie paragraaf 3.2.4. Daarnaast is het mogelijk dat de verschillen tussen de bemonsteringsmethodieken op de locaties waar wel water is verkregen niet representatief zijn voor locaties waar geen water is verkregen. Indien door aanpassing van het plaatsingsprotocol wel overal water wordt verkregen dan worden mogelijk ook andere verschillen tussen de methodieken gevonden. Door statistische analyse van deze beperkte en mogelijk niet-representatieve data kan een vertekend beeld ontstaan. Daarom is afgezien van verdere (statistische) analyse. In de volgende paragrafen worden de resultaten daarom alleen

aan de hand van grafieken geïnterpreteerd. Die interpretatie wordt daarmee noodgedwongen meer kwalitatief dan kwantitatief.

3.4.2 De kwaliteit van het werkwater

De resultaten van de (laboratorium)analyse van het werkwater tijdens ronde 1 zijn weergegeven in Tabel 3.12. Opmerkelijk is dat er zowel in Nutter als in Spankeren relatief hoge nitraat- en sulfaatconcentraties in het werkwater gevonden worden. Daarnaast zijn in Spankeren ook de concentraties van calcium en van enkele metalen verhoogd. Tijdens ronde 3 is het water uit dezelfde bron opnieuw bemonsterd. De analyseresultaten van die monsternemingen komen in grote lijnen overeen met die uit ronde 1. Dus ook hier relatief hoge nitraat- en sulfaatconcentraties in Nutter en Spankeren.

Het werkwater op de vier landbouwbedrijven wordt opgepompt uit het eigen perceel.

Onbekend is vanaf welke diepte.

Tabel 3.12 Resultaten laboratoriumanalyse van het werkwater tijdens ronde 1

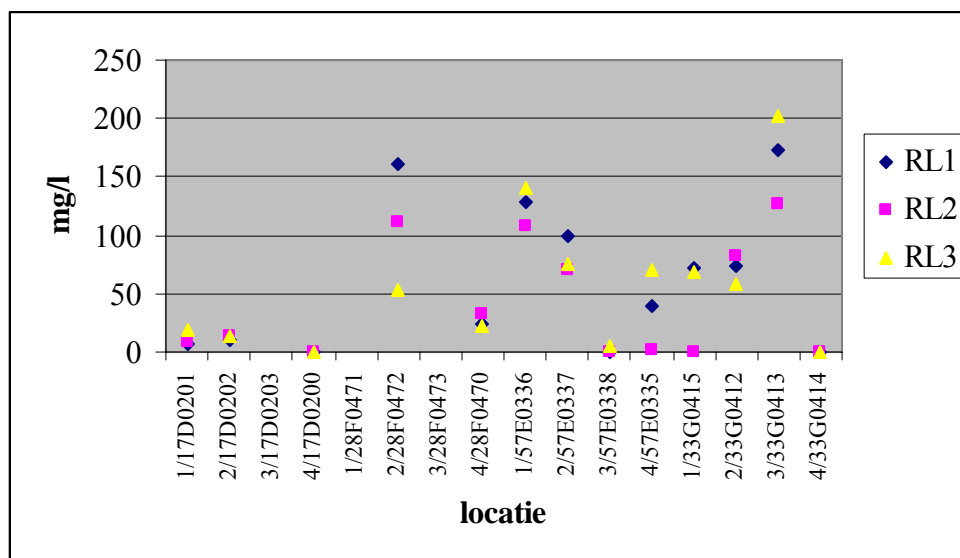
Component	Eenheid	Nieuweroord	Nutter	Maarheeze	Spankeren
Al	mg/l	0,02	0,01	0,01	0,02
As	µg/l	0,3	0,1	0	0,9
Ba	µg/l	22	20	23	57
Ca	mg/l	35	61	62	120
Cd	µg/l	0,04	0,02	-0,04	0,41
Cl	mg/l	32	39	29	39
Cr	µg/l	5,9	0,6	0	1,1
Cu	µg/l	0,1	6,1	10,9	6,6
DOC	mg C/l	10	2,2	2,2	2,4
Fe	mg/l	11	0	0	0
K	mg/l	1,3	9,8	1,5	7,8
Mg	mg/l	6,5	7,9	3,1	16
Mn	µg/l	328	13	166	161
Na	mg/l	14	14	13	22
NH ₄	mg/l	1,24	0	0,01	0,01
Ni	µg/l	1	1,8	0,7	5,8
NO ₃	mg/l	0	27	0,9	29
Pb	µg/l	0,1	0,2	0,1	0,5
PO ₄	mg/l	0,38	0	-0,02	0
SO ₄	mg/l	2,6	79	20	132
Sr	µg/l	102	500	127	410
tot-N	mg N/l	1,1	6,5	0,3	7,1
tot-P	mg P/l	0,15	0,01	0,01	0
Zn	µg/l	16	10	7	238

3.4.3 Variatie van de kwaliteit van het bovenste grondwater

In Figuur 3.15 is de spreiding weergegeven in de nitraatconcentratie in het bovenste grondwater op dertien van de zestien boorlocaties zoals gemeten bij ronde 3. De bemonstering is uitgevoerd met de LMM-methode, zie paragraaf 2.1.

De resultaten komen op een aantal locaties goed overeen, op andere locaties zit er echter een enorm verschil in de nitraatconcentraties, soms met factoren zoals in Maarheeze. Die spreiding verschilt ook per component. In Tabel 3.13 is voor de gemeten componenten in het grondwater de concentratie en de variatiecoëfficiënt (1s in %) per bedrijf (gemiddeld over de vier boorlocaties) en gemiddeld over alle bedrijven weergegeven. Voor bijvoorbeeld Na, Cl en Ca (zie ook Figuur 3.16) is de variatiecoëfficiënt laag terwijl voor de metalen de variatiecoëfficiënt relatief hoog is.

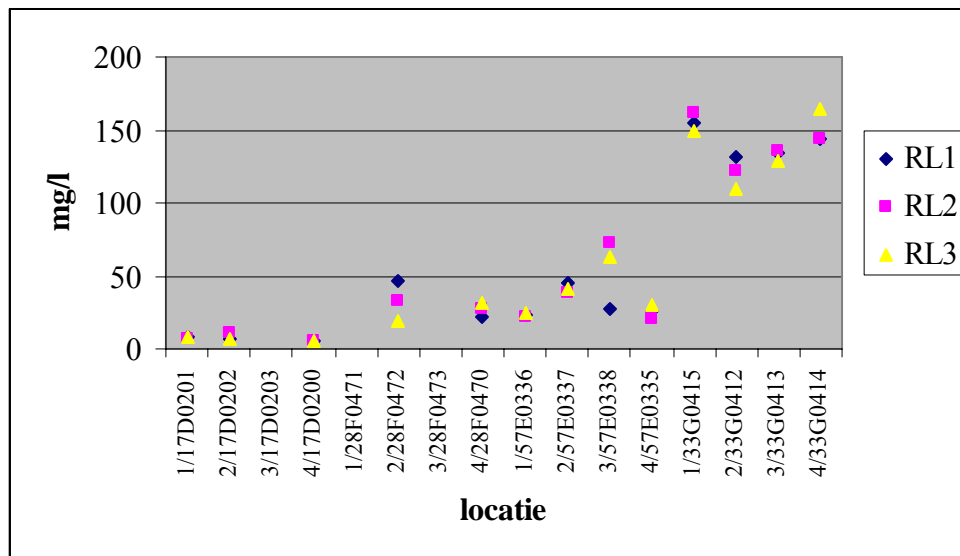
De locatieafhankelijke spreiding zal samenhangen met de samenstelling van de bodem. De componentafhankelijke spreiding zal veroorzaakt worden door de fysisch/chemische eigenschappen van die stof welke bijvoorbeeld de mobiliteit ervan bepalen.



Figuur 3.15 Verschillen in nitraatconcentraties per boorlocatie (laboratoriumanalyse). Bemonstering met LMM-methode, ronde 3.

Tabel 3.13 Concentratie (C) en variatiecoëfficiënt (Is in %) per bedrijf van de gemeten componenten in het grondwater, gemiddeld over de vier boorlocaties. Bemonstering met LMM-methode, ronde 3.

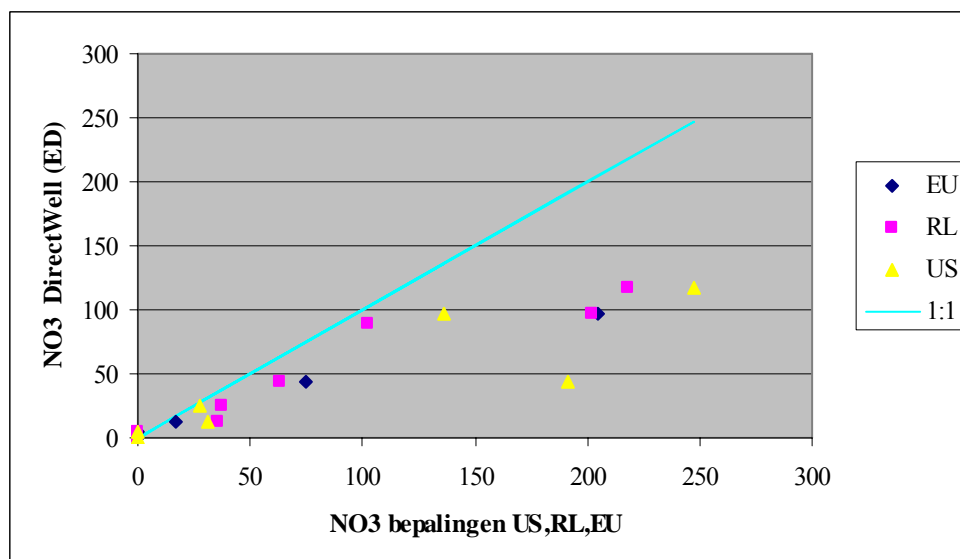
Component	Nieuweroord		Nutter		Maarheeze		Spankeren		Alle bedrijven	
	C	Is (%)	C	Is (%)	C	Is (%)	C	Is (%)	C	Is (%)
Al	0,5	74	1,1	70	1,3	29	0,0	31	0,7	51
As	0,4	29	0,5	36	2,0	35	2,8	138	1,4	60
Ba	65,6	24	46,7	29	49,3	52	189	24	87,6	32
Ca	7,0	15	29,9	31	36,2	24	139,7	6	53,2	19
Cd	0,1	46	0,3	66	1,0	22	0,1	198	0,4	83
Cl	23,6	15	28,3	37	39,0	35	23,1	10	28,5	24
Cr	2,0	34	0,2	72	2,9	28	1,3	57	1,6	48
Cu	10,8	47	2,2	34	25,2	24	1,4	85	9,9	48
DOC	20,4	40	9,0	20	49,0	30	5,2	33	20,9	31
Fe	4,3	23	0,1	22	5,9	67	1,7	173	3,0	71
K	4,8	27	7,3	37	25,9	28	12,3	23	12,6	29
Mg	3,0	32	5,0	50	15,0	24	15,5	12	9,6	30
Mn	80,4	35	291,5	91	317,3	42	529,6	11	304,7	45
Na	14,3	9	15,8	22	26,3	17	13,8	16	17,5	16
NH ₄	5,2	23	0,1	13	1,0	69	0,2	114	1,6	55
Ni	7,1	28	10,4	115	8,6	110	3,3	69	7,3	80
NO ₃	8,1	37	67,3	44	61,4	29	71,3	32	52,0	35
Pb	0,6	46	0,7	66	1,4	29	0,1	59	0,7	50
PO ₄	0,1	72	0,2	74	0,1	63	0,0	12	0,1	55
SO ₄	35,6	49	26,0	30	35,6	31	58,6	20	38,9	33
Sr	46,7	23	143,8	65	77,6	23	426,1	7	173,5	29
tot-N	6,6	19	15,9	42	18,5	27	18,1	30	14,8	30
tot-P	0,0	104	0,1	92	0,1	60	0,0	126	0,0	96
Zn	60,8	117	62,7	58	85,9	52	8,3	59	54,4	72



Figuur 3.16 Verschillen in Ca-concentraties per boorlocatie (laboratoriumanalyse). Bemonstering met LMM-methode, ronde 3.

3.4.4 Vergelijking permanent versus tijdelijk (ondiep) filter

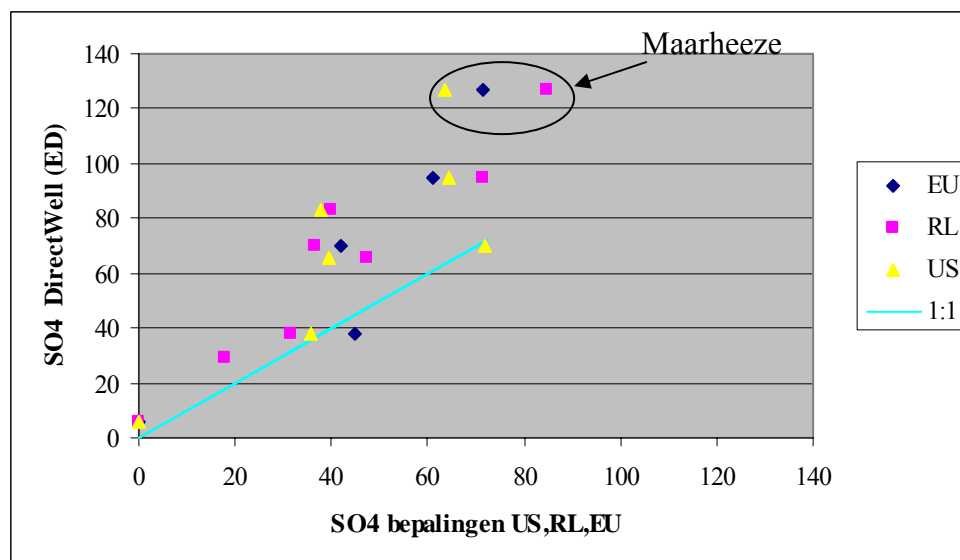
De nitraatconcentratie gemeten met het bovenste filter van de Direct Wells (ED) is in ronde 1 altijd lager dan concentraties gemeten met de methoden met tijdelijk geplaatste filters. Dit zijn de Van der Staay (US, handmatig), LMM (RL, handmatig) en Uitschuifbare-Punt (EU, machinaal), zie Figuur 3.17. Alleen de filters op een vergelijkbare meetdiepte (met de bovenkant op 20 tot 30 cm onder de GLG) zijn hierbij in beschouwing genomen.



Figuur 3.17 Nitraatconcentraties in mg/l gemeten in het bovenste filter van de Direct Wells (ED) vergeleken met de concentraties in de bovenste filters geplaatst met de tijdelijke boorgatmethoden Van der Staay (US), LMM (RL) en Uitschuifbare-Punt (EU).

Behalve NO_3 blijken ook de concentraties Al, Ba, Ca, Cu, Mg, tot-N en Zn in het bovenste Direct Well-filter lager dan in het water van de tijdelijke filters.

Alleen de sulfaatconcentratie gemeten met de ED is in ronde 1 praktisch altijd hoger dan gemeten met de tijdelijke methoden (US, RL en EU), zie Figuur 3.18.

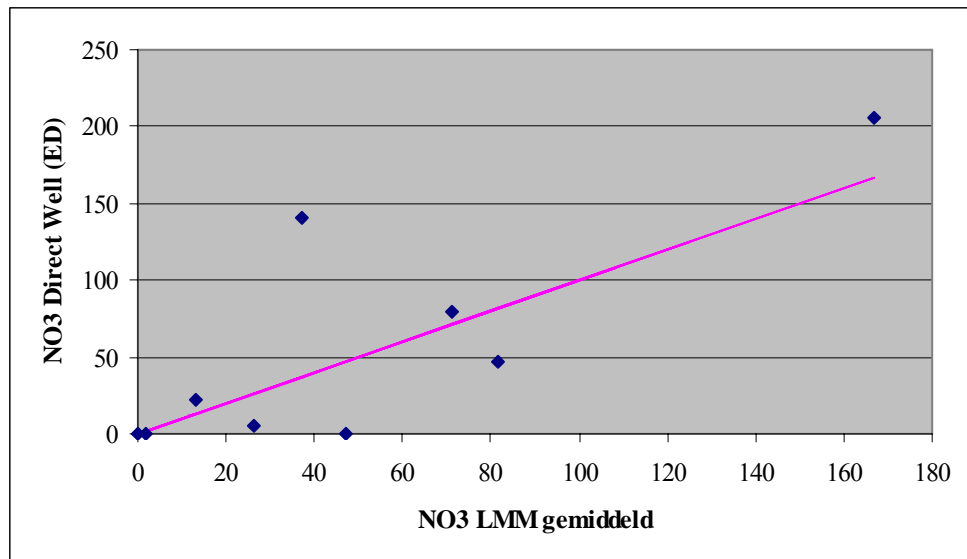


Figuur 3.18 Sulfaatconcentraties in mg/l gemeten in het bovenste filter van de Direct Wells (ED) vergeleken met de concentraties gemeten in de bovenste filters geplaatst met de tijdelijke boorgatmethoden Van der Staay (US), LMM (RL) en Uitschuifbare-Punt (EU).

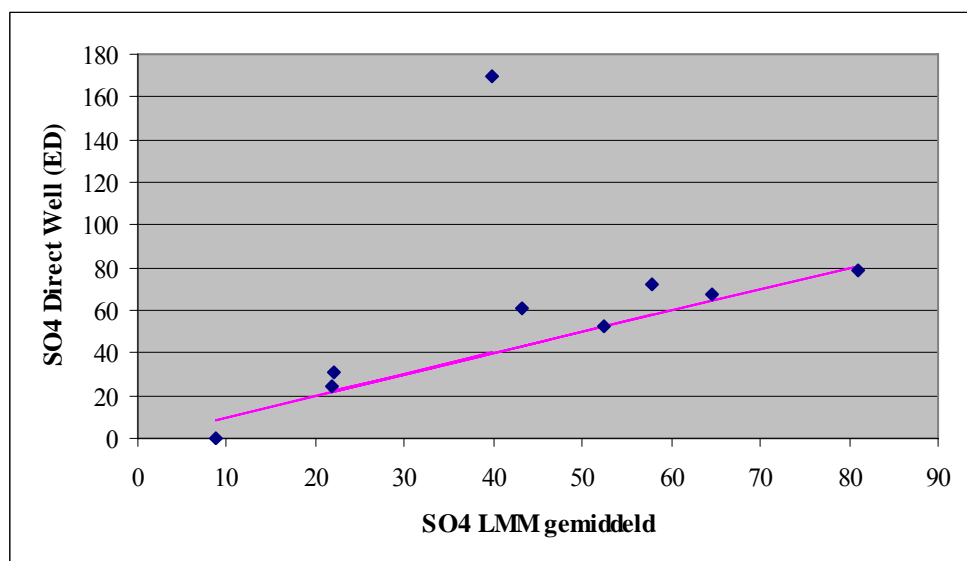
In Figuur 3.19 is de nitraatconcentratie gemeten in ronde 3 in de bovenste ED-filters uitgezet tegen de gemiddelde nitraatconcentratie gemeten met de LMM-methode (3 metingen per locatie). De metingen met de Direct Well en de LMM-methode verschillen in ronde 3 niet systematisch voor NO_3 . Hetzelfde geldt voor de componenten Al, Ba, Ca, Cu, Mg, tot-N en Zn die in ronde 1, gemeten met de Direct Well nog wèl lager waren.

Figuur 3.20 toont de in ronde 3 gemeten sulfaatconcentraties met de Direct Well uitgezet tegen de gemiddelde sulfaatconcentratie gemeten met de LMM-methode. Afgezien van één uitschieter komt in ronde 3 ook de met de Direct Well gemeten sulfaatconcentratie goed overeen met de metingen van de LMM-methode (gemiddelde van 3 boringen).

De observatie is dus dat de concentraties gemeten in het bovenste filter van de Direct Well tijdens ronde 1 voor NO_3 , Al, Ba, Ca, Cu, Mg, tot-N en Zn lager en voor SO_4 hoger zijn dan die in de vergelijkbare filters geplaatst met de tijdelijke methoden. Maar dat die verschillen in ronde 3 niet meer zichtbaar zijn. Die bevinding is uiteraard alleen gebaseerd op de vergelijking van de ED-methode met de LMM-methode (RL) omdat in ronde 3 de Van der Staay-methode (US) en de Uitschuifbare-Punt-methode (EU) niet zijn toegepast. Maar de ED-methode gaf in ronde 1 in ieder geval ook duidelijke verschillen met de LMM-methode (RL) en die zijn in ronde 3 verdwenen.



Figuur 3.19 Nitraatconcentraties in mg/l gemeten in het bovenste filter van de Direct Well (ED) vergeleken met de concentraties gemeten in de bovenste filters geplaatst met de tijdelijke boorgatmethode gebruikt in het LMM (ronde 3, drie LMM-metingen per ED-put).



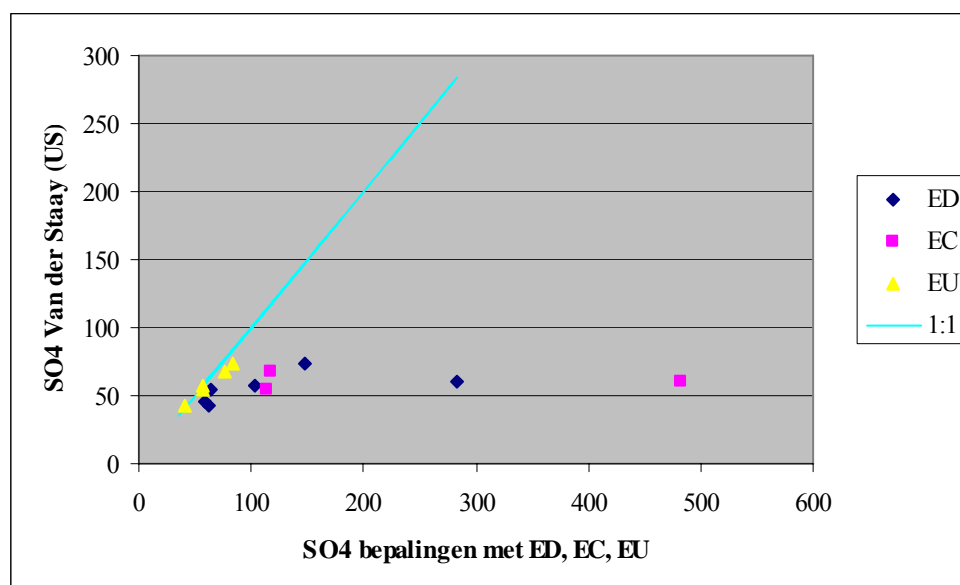
Figuur 3.20 Sulfaatconcentraties in mg/l gemeten in het bovenste filter van de Direct Well (ED) putten vergeleken met de concentraties gemeten in de bovenste filters geplaatst met de tijdelijke boorgatmethode gebruikt in het LMM (ronde 3, drie LMM-metingen per ED-put).

De Direct Well (ED) is de enige methode (naast Aqualock en EC) die werkwater gebruikt bij de plaatsing van de filters. Als voor de componenten NO₃, Al, Ba, Ca, Cu, Mg, tot-N en Zn de concentraties in het werkwater in beschouwing genomen worden dan zijn de lagere concentraties in het filter van de ED in ronde 1 mogelijk toe te schrijven aan verdunning door het werkwater.

Voor SO_4 zijn relatief hoge concentraties gevonden in het werkwater van Nutter (80 mg/l) en Spankeren (circa 130 mg/l). Op die locaties zou dat dus tot een verhoogde sulfaatconcentratie in de monsters van de Direct Well geleid kunnen hebben. De hoogste sulfaatconcentraties zoals bepaald met de ED zijn echter gevonden in Maarheeze (circa 125 mg/l, zie Figuur 3.18) terwijl het werkwater in Maarheeze nu juist een relatief lage sulfaatconcentratie (circa 20 mg/l) laat zien. Het gebruik van werkwater bij de installatie van de filters kan dus niet alle verschillen tussen ED en de methoden EU, RL en US verklaren.

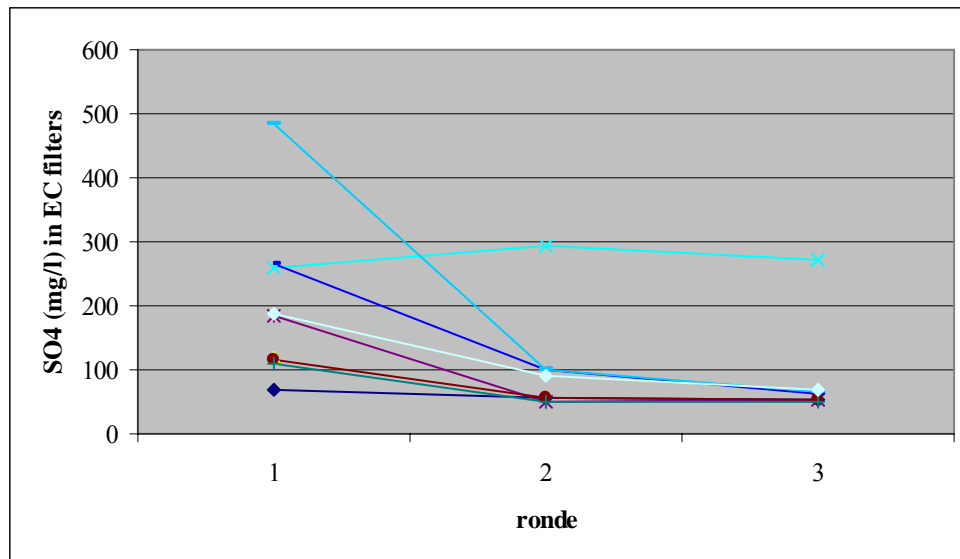
3.4.5 Vergelijking handmatige versus machinale boormethode (diepe filters)

Bij de diepere filters (rond 5 m -GLG) blijkt de sulfaatconcentratie gemeten met de Van der Staay-methode praktisch altijd lager te zijn dan de sulfaatconcentratie gemeten met de sonisch geplaatste filters (zowel de tijdelijke als de permanente filters) van ED, EC en EU, zie Figuur 3.21. Alle sulfaatconcentraties in deze figuur > 105 mg/l betreffen de boorlocaties te Maarheeze zoals bepaald met de Direct Well (ED) en de Multi-Channel Well (EC). Van alle overige geanalyseerde componenten vertoont alleen Na een vergelijkbaar gedrag.



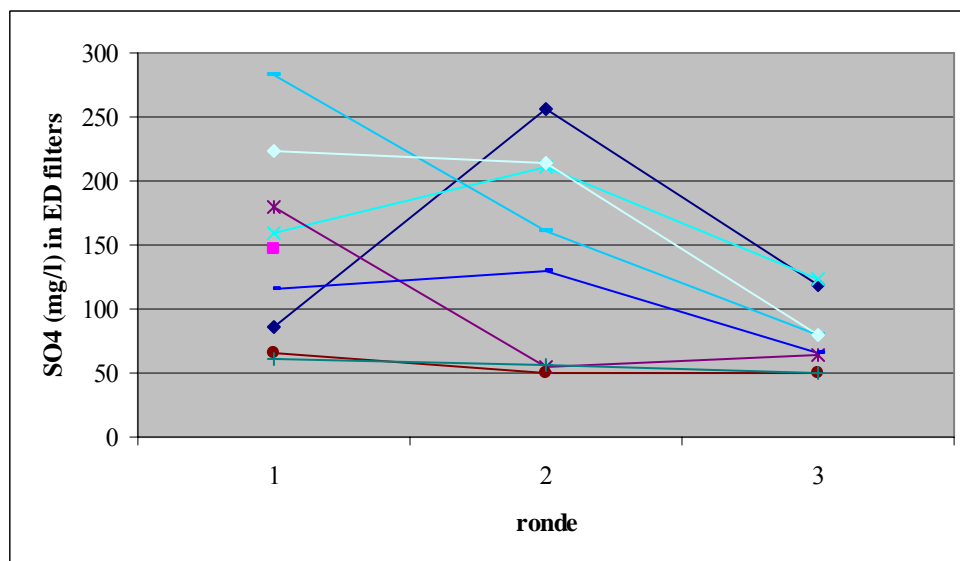
Figuur 3.21 Sulfaatconcentraties in mg/l gemeten in het diepe filter geplaatst met de Van der Staay-methode (US) vergeleken met de concentraties gemeten in de diepe filters geplaatst met de SonicSampDrill: Multi-Channel Well (EC), Direct Well (ED) en Uitschuifbare-Punt (EU). Gegevens voor ronde 1.

De SO_4 en Na-concentraties gemeten in de diepere filters van de EC blijken op een enkele uitzondering na in ronde 2 en 3 steeds verder af te nemen, zie Figuur 3.22 voor de sulfaatconcentratie.



Figuur 3.22 Sulfaatconcentraties gemeten in de diepe Multi-Channel Well (EC) filters geplaatst met de SonicSampDrill tijdens de drie bemonsteringsronden in Maarheeze.

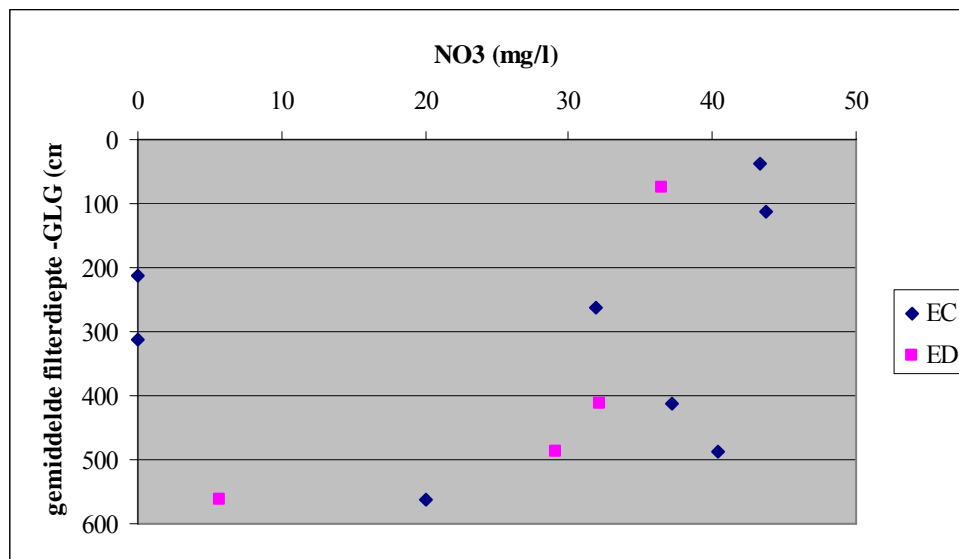
Voor de diepere ED-filters is ook een afname van de sulfaatconcentratie zichtbaar, maar minder sterk, zie Figuur 3.23.



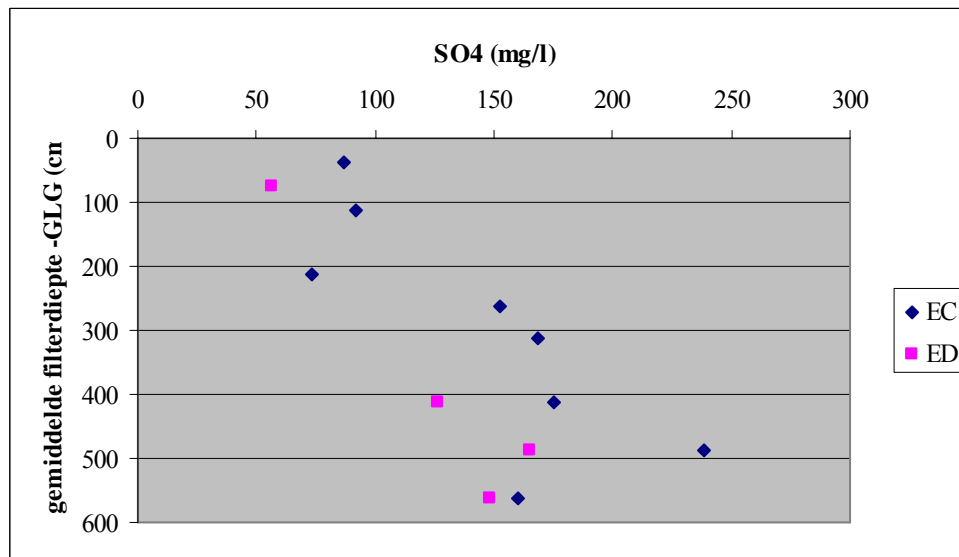
Figuur 3.23 Sulfaatconcentraties gemeten in de diepe Direct Well (ED) filters geplaatst met de van SonicSampDrill tijdens de drie bemonsteringsronden in Maarheeze.

Zowel de ED als de EC gebruikt werkwater bij de plaatsing van de filters om het bentoniet te laten zwellen. Het werkwater in Maarheeze vertoont echter slechts een lichte verhoging van zowel de SO_4 -concentratie (circa 20 mg/l) als de Na-concentratie (circa 15 mg/l). De concentratieverschillen met de Van der Staay-methode (Figuur 3.21) zijn vele malen groter. Daarnaast is ook het waargenomen verloop van de sulfaatconcentratie in de tijd (Figuren 3.22 en 3.23) voor vrijwel alle filters van de ED en de EC factoren hoger dan de SO_4 - en Na-concentratie in het werkwater. Daarom is het onwaarschijnlijk dat het werkwater hier van invloed is.

Verschillen in de gemeten waterkwaliteit tussen EC- en ED-methode zijn in ronde 1 voor de ondiepe en diepe filters zichtbaar voor onder andere nitraat en sulfaat. Bij de Multi-Channel Well (EC) zijn deze concentraties altijd hoger dan bij de Direct Well (ED), zie Figuur 3.24 en Figuur 3.25.

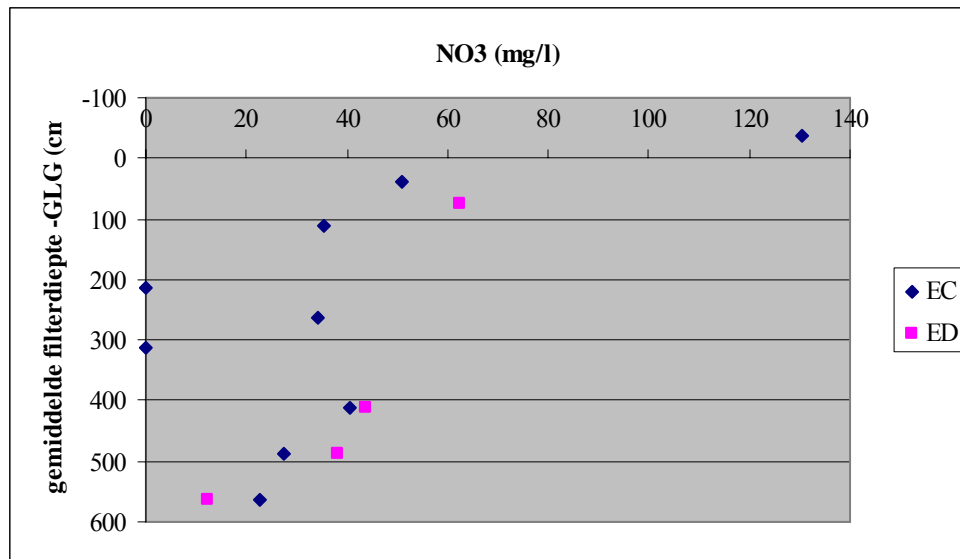


Figuur 3.24 Nitraatconcentraties gemeten in de Direct Well (ED) en Multi-Channel Well (EC) filters geplaatst met de SonicSampDrill (ronde 1, Maarheeze).

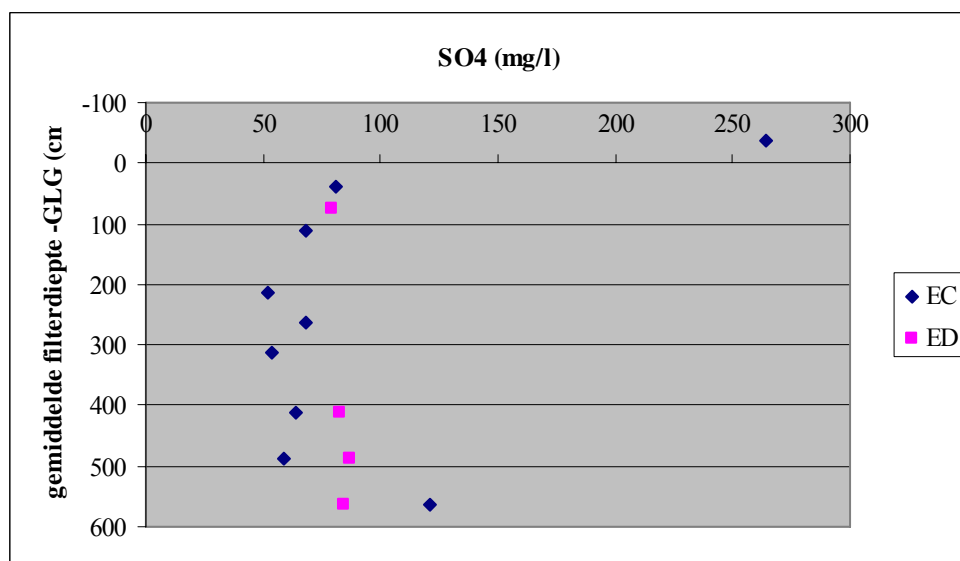


Figuur 3.25 Sulfaatconcentraties gemeten in de Direct Well (ED) en Multi-Channel Well (EC) filters geplaatst met de SonicSampDrill (ronde 1, Maarheeze).

De observatie is echter dat met beide methoden (EC en ED) na verloop van tijd dezelfde waterkwaliteit wordt gemeten, zowel voor de ondiepe als de diepe filters, zie Figuur 3.26 en Figuur 3.27 voor de gemeten nitraat- en sulfaatconcentraties tijdens ronde 3 te Maarheeze.



Figuur 3.26 Nitraatconcentraties gemeten in de Direct Well (ED) en Multi-Channel Well (EC) filters geplaatst met de SonicSampDrill (ronde 3, Maarheeze).



Figuur 3.27 Sulfaatconcentraties gemeten in de Direct Well (ED) en Multi-Channel Well (EC) filters geplaatst met de SonicSampDrill (ronde 3, Maarheeze).

Mogelijk veroorzaakt sonisch boren het mobiel worden van sulfaat als gekeken wordt naar de resultaten van de metingen in de dieper geplaatste filters. Dit effect is bij de Multi-Channel Well (EC) groter dan bij de Direct Well (ED). Dit wordt wellicht veroorzaakt door de grotere diameter van de boorbuis bij de EC-methode. Aangezien bij de EU-methode dezelfde boorbuizen worden gebruikt als bij de ED-methode zou daar het effect hetzelfde moeten zijn, maar voor deze methode zijn alleen metingen van de eerste ronde beschikbaar en is een eventueel verloop in de tijd om die reden niet vast te stellen. De US-methode verstoort niet of in ieder geval minder dan methoden met de sonisch geplaatste filters.

4. Conclusies en aanbevelingen

4.1 Veldprotocol voor de plaatsing van de filters

Volgens het veldprotocol worden alle filters geplaatst ten opzichte van de actuele grondwaterstand (tijdelijke filters) of de GLG (permanente filters). Als deze standen verkeerd bepaald worden werkt dit rechtstreeks door in de diepte waarop de filters geplaatst worden. Gebleken is dat binnen een cirkel met een straal van één meter verschillen in grondwaterstand worden bepaald tot 75 cm. Op zo'n korte afstand heeft dit eerder met interpretatieverschillen te maken (bijvoorbeeld de beoordeling van het vochtgehalte van de opgeboorde grond) dan met reële verschillen in de grondwaterstand. Dit is ook bevestigd in ronde 3 bij het op iedere boorlocatie driemaal bepalen van de grondwaterstand binnen een cirkel met een straal van drie meter door één medewerker. Op een enkele uitzondering na worden dan verschillen tot maximaal 20 cm gevonden. Aanbevolen wordt dan ook om de procedure voor de bepaling van de grondwaterstand verder aan te scherpen. De GLG-bepaling uitgaande van de actuele grondwaterstand en een correctiewaarde verkregen door peiling van een naburige grondwaterkwantiteitsput met bekende GLG kan voor sommige locaties tot aanzienlijke afwijkingen leiden, zie Tabel 3.5. Aanbevolen wordt om òf een andere methode te hanteren (Bierkens, 2005) òf de onzekerheid in de GLG-bepaling op te vangen door het plaatsen van meer filters. Dit laatste pleit voor toepassing van de Multi-Channel Well.

De Sonic boormethode in combinatie met de Aqualock biedt de mogelijkheid om eerst de bodemtextuur te bepalen en de filterplaatsing daarvan afhankelijk te maken in het geval van afwijkende lagen. De Aqualock werkt doorgaans goed, maar er zijn ook wel enkele nadelen (samendrukken grond, versmering et cetera) zoals aangegeven in paragraaf 3.2.2. Alternatieven zijn niet onderzocht, maar bekend is wel dat door TNO grondmonsters worden genomen met een bredere boorbuis. Hierdoor komt meer materiaal beschikbaar voor eventueel vervolgonderzoek.

Volgens het veldprotocol (paragraaf 2.3) worden er geen filters geplaatst in afwijkende lagen (voor de definitie daarvan zie paragraaf 2.3.5) en in slecht doorlatende lagen. Deze laatste kunnen ook uit zand bestaan. Uit het feit dat veel (tot circa 40%) van de geplaatste filters geen water leveren moet worden opgemaakt dat de watervoering van een laag in de praktijk zeer moeilijk in te schatten is of dat er geen alternatieve diepte vastgesteld kan worden waarop een filter wèl gegarandeerd water levert. Deze bevinding leidt tot de aanbeveling om in het traject van vijf meter onder de grondwaterspiegel meerdere filters te plaatsen. Dit laatste pleit voor toepassing van de Multi-Channel Well.

Bij de installatie van de permanente filters is geconstateerd dat er installatiefouten worden gemaakt. Zowel bij het op de juiste diepte plaatsen van de Direct Wells als bij de afwerking van de putten voor herbemonstering van de ED- en EC-filters op een later tijdstip.

Aanbevolen wordt om na installatie van ieder filter de diepte te controleren. Indien de afwijking meer is dan een vooraf vast te stellen grens dient het filter opnieuw geïnstalleerd te worden. Ook de afwerking (bijvoorbeeld de labeling van slangen) dient standaard gecontroleerd en zonodig gecorrigeerd te worden.

Afwerking direct boven de permanente put en onder de bouwvoor is praktisch goed mogelijk. Nadeel is dat de put bij herbemonstering steeds opgegraven moet worden. Afwerking aan de perceelsrand is praktisch ook goed mogelijk. Onbekend is echter of dit op termijn problemen geeft door bijvoorbeeld het dichtslibben van de slangen. Onbekend is ook of er een verschil in analyseresultaten te verwachten is tussen monsterneming aan de perceelsrand en direct boven de put gelet op bijvoorbeeld een verschil in slanglengte van circa 20 meter. Vergelijkende metingen van beide methoden zijn niet uitgevoerd.

Bij de permanente putten moet verder rekening worden gehouden met verlies van putten. Zo bleek tijdens het onderzoek dat ondanks het ondergronds afwerken van de putten dat één van de zestien putten binnen een half jaar verloren ging door grondwerkzaamheden en bij één put de afwerking aan de perceelsrand. Daarnaast zijn twee putten in 2006 verloren gegaan door grondwerkzaamheden. Verder moet op de middellange termijn ook rekening gehouden worden met veranderingen in eigendom van het perceel waarin de put is geplaatst en/of veranderingen in bodemgebruik. Door dergelijke veranderingen mag een put mogelijk niet meer worden bemonsterd of wordt minder geschikt voor het beoogde doel.

Indien ook de leeftijd van het water bepaald moet kunnen worden of om andere reden via een onderwaterpomp grondwater bemonsterd moet worden, zijn de typen permanente putten die nu geplaatst zijn mogelijk niet geschikt. Dit zou verder uitgezocht moeten worden.

Uit de verzamelde monsters blijkt dat er soms wel monsters aangeleverd zijn voor de analyse in het laboratorium, maar dat er voor die locaties geen veldmetingen beschikbaar zijn. Het omgekeerde komt ook voor, er zijn wel veldmetingen maar geen analyseresultaten. Dit laatste komt voor wanneer een filter wel voldoende water levert voor de veldmeting, maar niet voor de monsterverzameling ten behoeve van de analyse in het laboratorium. Aanbevolen wordt om op iedere boorlocatie te registreren wat er wel, maar ook wat er niet wordt gemeten respectievelijk verzameld, met aanduiding van de reden.

4.2 Uitvoeringstechnische aspecten onderzochte methoden

Het is niet mogelijk om met de handmatige Van der Staay-methode altijd de gewenste diepte te bereiken. Hierdoor kan niet op elke diepte een filter geplaatst en het grondwater bemonsterd worden. De kans om op de gewenste diepte van vijf meter onder de grondwaterspiegel te komen is erg klein, namelijk 50% tijdens dit onderzoek. Er zijn een paar

optimalisaties uitgeprobeerd tijdens dit onderzoek zoals het gebruik van een trilmotor. Deze leiden niet tot een significante verbetering van de methode.

Samengevat zijn de voor- en nadelen van de Van der Staay-methode:

- + relatief eenvoudig
- + weinig materieel nodig
- + methode genereert kennis over bodemtextuur tot diepte waarop geboord kan worden
- + er blijft geen materiaal achter in de bodem
- + relatief goedkoop
- + de geplaatste diepe filters geven allemaal voldoende water voor een bemonstering
- van de diepe filters kan slechts 50% geplaatst worden doordat met handmatig boren niet de geplande diepte kon worden bereikt
- uitvoering is fysiek zwaar

De Sonic-boormethode in combinatie met de Uitschuifbare-Punt-methode (UPM) is interessant wanneer op diepte altijd een watermonster genomen moet kunnen worden. Als er geen water opgepompt wordt kan men relatief snel verder boren en het opnieuw proberen. Daarnaast blijft er geen materiaal in de bodem achter en is er geen beïnvloeding doordat de boer zijn bedrijfsvoering aanpast zoals bij permanente putten het geval zou kunnen zijn. In die zin is de UPM vergelijkbaar met de LMM-methode. Afgezien dat de UPM nog wel verder geoptimaliseerd zou moeten worden, is de combinatie van boren en directe monsterneming een groot nadeel. Dit zijn twee verschillende disciplines die een andere zorgvuldigheid van werken vraagt en daardoor inzet van een ander type medewerker. Daarnaast is de Sonic-boormethode ook niet efficiënt inzetbaar doordat deze stilstaat terwijl bemonsterd wordt. Dit zou opgelost kunnen worden door inzet van meerdere UPM's, een boorploeg en een monsternemingsploeg. Nadat de buis getrokken is (filter komt vrij) gaat de boorploeg ergens anders boren en kan de monsternemer aan de gang.

Mogelijk stuit dit op praktische problemen als de Sonic-boormethode teruggeplaatst moet worden om de buis weer uit de grond te trekken (juiste positionering). Daarnaast zijn voor deze manier van werken minimaal drie medewerkers nodig (twee voor het boren, één voor de monsterneming). Deze methode wordt hierdoor erg duur.

Samengevat zijn de voor- en nadelen van de Uitschuifbare Punt-methode:

- + met Sonic snel en altijd succesvol op diepte te komen
- + indien geen water op diepte, kan relatief snel een andere diepte gekozen worden om wèl water te krijgen; 40% van de diepe UPM-filters (5 m -GLG) gaf tijdens het onderzoek geen water
- + er blijft geen materiaal achter in de bodem
- zwaar materieel nodig voor het boren (Sonic-apparatuur + trekker)
- boren (grof werk) en monsterneming (nauwkeurig/schoon werken) zijn twee verschillende disciplines; lastig door dezelfde persoon te combineren in het veld
- constructie (filtergaas) kwetsbaar bij openen van het filter (uitschuiven van de punt)

- constructie (met O-ringen) niet optimaal (kan wel verbeterd worden)
- filtergaas mogelijk te grof
- in samenhang met bovenstaand punt: aansluiting van de pomp op het filter via het conisch aansluitpunt zou gemaakt moeten worden vóórdat het filter vrijkomt. Dichtvallen van de formatie tegen het filter en omhoogschieten van grond tot boven het aansluitpunt kan het aansluiten van de pomp anders bemoeilijken; het is onbekend hoe vaak dit tijdens het onderzoek voor is gekomen.

Voor de plaatsing van permanente filters heeft de Sonic-boormethode met Multi-Channel Well (EC) de voorkeur boven de Direct Wells. Er kunnen na één boring zeven filters tegelijk geplaatst worden. Monsterneming via deze filters levert (al dan niet na menging) een betrouwbaarder beeld van de gemiddelde grondwaterkwaliteit van de bovenste vijf meter van het grondwater dan via vier filters (Direct Wells). De gemeten nitraatprofielen laten tussen één en vijf meter beneden de grondwaterspiegel soms een grillig verloop zien (zie hoofdstuk 3). Bovendien is de kans op watervoerende filters bij zeven filters groter dan bij vier filters. Alternatief zou zijn om zeven Direct Wells te plaatsen, maar dan moet er ook zeven keer geboord worden en de afwerking wordt lastiger. Het configureren van de EC aan maaiveld sluit verder misverstanden met filterdieptes praktisch uit; de uitvoering is wel omslachtig en arbeidsintensief en zou verder geoptimaliseerd kunnen worden. Te denken valt daarbij aan de preparatie van de EC in een laboratoriumomgeving. In dat geval kan er echter geen rekening worden gehouden met afwijkende lagen.

Samengevat zijn de voor- en nadelen van de Direct Wells geplaatst met de Sonic-boormethode:

- + met de Sonic-boormethode snel en altijd succesvol op diepte te komen
- + permanent filter: herbemonstering goedkoop
- + uitvoering monsterneming is te scheiden van de boring/filterplaatsing
- zwaar materieel nodig voor het boren (Sonic-apparatuur + trekker)
- er moet apart geboord worden voor ieder te plaatsen filter
- vergissing met filterdieptes mogelijk door steeds wijzigende verlenging van de boorbuizen en indien geen controle plaatsvindt na plaatsing van het filter
- van de geplaatste diepe filters (rond 5 m – GLG) geeft ‘slechts’ 67% (ronde 1) respectievelijk 71% (ronde 2) respectievelijk 58% (ronde 3) water. Circa 30% van de geplaatste filters is dus ‘voor niets’ geplaatst

De voor- en nadelen van de Multi-Channel Well (EC) geplaatst met de Sonic boormethode zijn:

- + met Sonic-boormethode snel en altijd succesvol op diepte te komen
- + tot zeven filters te plaatsen met één boring
- + permanent filter: herbemonstering goedkoop
- + gelet op zeven filters: gemiddelde waterkwaliteit van de bovenste vijf meter is, vergeleken met de andere methoden het meest nauwkeurig vast te stellen

- + aan maaiveld is de hele constructie met filters vóór installatie zichtbaar; geen vergissingen met filterdieptes mogelijk
- + uitvoering monsterneming is te scheiden van de boring/filterplaatsing
- zwaar materieel nodig voor het boren (Sonic-apparatuur + trekker)
- methode is relatief duur
- van de geplaatste diepe filters in Maarheeze geeft circa 90% water. Bij inzet van de EC op de andere drie bedrijven zou dit percentage vergelijkbaar zijn geweest met dat van de Direct Wells (circa 70%). Dertig procent van de filters wordt dus ook bij de EC voor niets geplaatst.
- preparatie van de EC aan maaiveld is vrij bewerkelijk
- het bovenste filter kan niet schuin geplaatst worden

4.3 Vergelijking van de analyseresultaten

Het aantal locaties waarbij alle methoden water leverden en waarvoor dus analyseresultaten beschikbaar zijn is beperkt. Hierdoor is een kwantitatieve (statistische) analyse niet mogelijk gebleken en moest volstaan worden met een kwalitatieve benadering. Daaruit komt het volgende naar voren.

Afgezien van installatie-effecten bij de permanente filters komt de met de verschillende methoden bepaalde waterkwaliteit goed overeen. De grondwaterkwaliteit die met de permanente filters wordt gemeten blijkt voor sommige componenten (niet alle) beïnvloed door de installatie. In de ondiepe filters van de Direct Well worden na installatie lagere concentraties van NO₃, Al, Ba, Ca, Cu, Mg, tot-N en Zn en hogere concentraties SO₄ gemeten indien vergeleken met de tijdelijke filters op vergelijkbare diepte. In de diepe filters van de Direct Well en de Multi-Channel Well worden ook hogere SO₄-concentraties gemeten vergeleken met de handmatige Van der Staay-methode.

Mogelijke oorzaken voor de afwijkende concentraties zijn:

- Voor de lagere concentraties: het gebruik van werkwater.
De concentraties van de verschillende componenten in het werkwater zijn doorgaans lager dan die in het grondwater. Afhankelijk van de beschouwde component kan het werkwater dan tot verdunning in het filter leiden.
- Voor de hogere concentraties: het sonisch boren.
De SonicSampDrill veroorzaakt mogelijk het mobiel worden van sulfaat. Dit effect is bij de Multi-Channel Well sterker dan bij de Direct Wells, mogelijk door de grotere diameter van de boorbuis.

Na verloop van tijd (circa 5 maanden) zijn de installatie-effecten minder zichtbaar. Nagegaan zal nog moeten worden wanneer de installatie-effecten geheel verdwenen zijn en de waterkwaliteit niet meer significant beïnvloed is.

De handmatige methoden (US en RL) vertonen de genoemde effecten dus niet. Hetzelfde geldt voor de Uitschuifbare Punt-methode (EU). Bij die methode wordt er wel sonisch geboord, maar er wordt geen werkwater gebruikt.

4.4 Slotconclusie

Het handmatig boren en plaatsen van filters met de Van der Staay-methode op vijf meter onder de grondwaterspiegel is geen goede optie. In 50% van de gevallen is met deze methode niet op diepte te komen. Als op diepte gekomen wordt, dan levert het filter wel altijd water. Dit is inherent aan de Van der Staay-methode.

De andere tijdelijke methode (Uitschuifbare Punt) is interessant omdat bij het ontbreken van water relatief snel het filter op een andere diepte geplaatst kan worden. Nadeel is echter dat het boren (vuil werk) moeilijk te combineren is met de monsterneming (schoon werk). In het geval van moeilijk toestromend water bemoeilijkt dit de efficiënte inzet van de boorinstallatie. Deze staat tijdens de monsterneming stil.

De permanente methoden hebben de hiervoor genoemde nadelen niet. Filters kunnen met de SonicSampDrill altijd geplaatst worden. Daarnaast is de installatie van de filters ook te scheiden van de monsterneming. Ook wanneer er meer dan één keer bemonsterd moet worden (bepaling trend) hebben deze permanente putten de voorkeur. Er moet wel rekening worden gehouden met installatie-effecten van mogelijk een half jaar of langer waardoor de waterkwaliteit in die periode niet goed is vast te stellen. Dit zou proefondervindelijk vastgesteld moeten worden.

Van de permanente methoden is de Multi-Channel Well (EC) de meest geschikte methode om (indien besloten wordt tot verlaging van de toetsdiepte) de waterkwaliteit in de eerste vijf meter van het bovenste grondwater vast te stellen. Redenen daarvoor zijn:

- Geen vergissingen mogelijk met filterdieptes zoals bij de Direct Well;
- Meerdere filters met één boring te plaatsen;
- Met meerdere filters is de onzekerheid in de GLG-bepaling te compenseren;
- Gebruik van meerdere filters verkleint de afhankelijkheid van slecht doorlatende lagen in het traject van één tot vijf meter onder de grondwaterspiegel en vergroot daarmee de kans dat er filters zijn die water leveren.

Omdat het prepareren van de EC een precisiewerk is wordt aanbevolen om dit vooraf in een beschutte omgeving, bijvoorbeeld een werkplaats uit te voeren. Hierbij kan gedacht worden aan serieproductie om de benodigde tijd te verlagen en de reproduceerbaarheid te vergroten. De EC wordt na preparatie kant-en-klaar naar de boorlocatie vervoerd en daar geïnstalleerd. De installatie is daarmee ook grotendeels weersonafhankelijk. Bij de preparatie van de EC wordt de meervoudige buis horizontaal opgehangen waarna de zeven filters op standaardafstanden van elkaar worden aangebracht. Boven het bovenste filter wordt voldoende lengte overgehouden om de installatie onafhankelijk van de grondwaterstand op

iedere locatie uit te kunnen voeren. Praktisch betekent dit dat er in het veld meer of minder van de buis boven het bovenste filter verwijderd wordt. Afhankelijk van die grondwaterstand wordt het geheel geplaatst en afgewerkt. De filterinstallatie kan in dit geval niet afhankelijk gemaakt worden van de aanwezigheid van afwijkende lagen, maar dit is vanwege het grote aantal filters ook geen bezwaar. Met behulp van de Aqualock is de bodemtextuur wél vooraf vast te stellen. Aanbevolen wordt een criterium te ontwikkelen op grond waarvan besloten kan worden om van installatie af te zien, bijvoorbeeld in het geval van uitsluitend slecht doorlatende lagen over het gehele traject van vijf meter beneden de grondwaterspiegel.

Herbemonstering van permanente putten is mogelijk direct boven de put of aan de perceelsrand door het ondergronds afleiden van bemonsteringsslangen. Door vergelijking van de monsterneming direct boven de put en aan de perceelsrand zal meer zekerheid verkregen moeten worden over eventuele nadelige effecten door het gebruik van lange bemonsteringsslangen (bijvoorbeeld het dichtslibben van slangen). Daarbij dient ook gekeken te worden naar ervaringen die hiermee in het buitenland zijn opgedaan.

Het veldprotocol voor de plaatsing van de filters dient op onderdelen aangepast te worden. Dit betreft vooral de bepaling van de grondwaterstand (en daarvan afgeleid de GLG) en de controle van geïnstalleerde filters (diepte) en de afwerking daarvan (labeling slangen). De vaststelling van afwijkende lagen en het daarvan afhankelijk maken van de filterplaatsing kan vervallen. In dat geval dient wel een criterium te worden opgesteld voor het al dan niet installeren van de filterput.

Literatuur

- Berendsen H.J.A. en Stouthamer E. (2001) Berendsen VWK LAAGLANDGENESE HANDLEIDING (Syllabus VWK2, diverse drukken), Ch. 4.2 p. 29-33
- Bierkens M. (2005) Vaststelling van de Gemiddelde Laagste Grondwaterstand op een locatie in het veld. TNO-NITG, Utrecht
- Bosch J.H.A. (2000) Standaard Boor Beschrijvingsmethode Versie 5.1, TNO-NITG, Utrecht, TNO rapport NITG 00-141-A
- Broers H.P., Griffioen J., Willems W.J., Fraters B. (2004). Naar een andere toetsdiepte voor nitraat in grondwater? Achtergronddocument voor de Evaluatie Meststoffenwet 2004, TNO-NITG, Utrecht, TNO rapport NITG 04-066-A
- EC (2003). Draft guidelines for the monitoring required under the nitrates directive (91/676/EEC). Document prepared by NIVA, March 2003.
- Elzakker B.G. van en Gast L.F.L. (2005). Protocol uitvoering Hoofdonderzoek definitiefase Toetsdiepteonderzoek, Versie 4 (definitief). Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Bilthoven, Projectdossier Toetsdiepteonderzoek
- Elzakker B.G. van en Gast L.F.L. (2006) Monsternemingen van het grondwater tot vijf meter beneden de grondwaterspiegel. De selectie van kansrijke methoden. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Bilthoven, RIVM rapport 680100002
- Fraters B., Hotsma P.H., Langenberg V.T., Leeuwen T.C. van, Mol A.P.A., Olsthoorn C.S.M., Schotten C.G.J., Willems W.J. (2004). Agricultural practice and water quality in the Netherlands in the 1992-2002 period. Background information for the third EU Nitrates Directive Member States report, National Institute for Public Health and the Environment (RIVM), Bilthoven. Report no. 500003002
- Fraters B., Boumans L.J.M., Elzakker B.G. van, Gast L.F.L., Griffioen J., Klaver G.T., Nelemans J.A., Veld H., Velthof G.L. (2006) Een nieuwe toetsdiepte voor nitraat in grondwater? Eindrapport van het onderzoek naar de mogelijkheden voor een toetsdieptemetnet. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Bilthoven, RIVM rapport 680100005
- Locher W.P. en Bakker H. de (1993). Bodemkunde van Nederland, Deel 1, Algemene bodemkunde. Malmberg, ISBN 90 208 3545 9

- Maarseveen M.C.G. van (2005). Datarapport Grondboringen en watermonsternemingen in het kader van RIVM project M680100/05/TZ Onderzoek definitiefase Toestdiepteonderzoek, Universiteit Utrecht, Faculteit Geowetenschappen, Fysisch Geografisch Laboratorium, Utrecht.
- Meene E.A. van de, Staay J. van der, Hock Teoh Lay (1979). A simple apparatus for drilling in sand below groundwater table, Rijks Geologische Dienst, Haarlem
- RIVM (2005a). Grondwaterbemonstering met een bemonsteringslans en slangenpomp op zand-, klei- of veengronden. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Bilthoven, Standard Operating Procedure LVM-BW-P435 revisie: 00, Kwaliteitssysteem Laboratorium voor Milieumetingen
- RIVM (2005b). Summiere bodemprofielbeschrijving. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Bilthoven, Standard Operating Procedure LVM- BW-P420, Kwaliteitssysteem Laboratorium voor Milieumetingen
- RIVM (2005c). Het meten van de nitraatconcentratie in een waterige oplossing m.b.v. een Nitrathek-reflectometer (type 404). Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Bilthoven, Standard Operating Procedure LVM-BW-P110, Kwaliteitssysteem Laboratorium voor Milieumetingen
- RIVM (2005d). Bepaling van de pH in een waterige oplossing met een WTW pH 196 of 197 (i) meter. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Bilthoven, Standard Operating Procedure LVM-BW-P113, Kwaliteitssysteem Laboratorium voor Milieumetingen
- RIVM (2005e). Bepaling van de soortelijke geleiding in een waterige vloeistof met een WTW LF 196 of 197 geleidbaarheidsmeter. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Bilthoven, Standard Operating Procedure LVM-BW-P116, Kwaliteitssysteem Laboratorium voor Milieumetingen
- RIVM (2005f). Bepaling van zuurstof in een waterige vloeistof met een WTW OXI 196 of 197 (i) meter. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Bilthoven, Standard Operating Procedure LVM-BW-P117, Kwaliteitssysteem Laboratorium voor Milieumetingen
- Solinst (2005). CMT Multilevel System, Model 403 Data Sheet, Solinst Canada Ltd., Ontario, Canada, www.solinst.com (7-2-2007)
- TNO-NITG (2005). Geologische ondersteuning t.b.v. Monitoringsplan “Toetsdiepte Nitraat”, TNO-NITG, Utrecht

Vissenberg H.A. (1995). Bepaling van een aantal kenmerken voor de nitraatbepaling in grondwater met de Nitrachek. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Bilthoven, RIVM rapport 712601001

Bijlage 1 SonicSampDrill

De SonicSampDrill is een door de firma Eijkelkamp te Giesbeek ontwikkeld boorsysteem waarmee metalen pijpen via tril- en duwkracht de grond in gedreven kunnen worden. Het hart van het sonische boorsysteem bestaat uit twee excentrieken, die aangedreven worden door hoogtoerige hydromotoren. De trillingen van 200 Hz die hierdoor ontstaan worden op een effectieve manier overgezet op de boorbuizen. Hierdoor wordt het eerste laagje grond rondom de boorpunt en de boorstreng vloeibaar gemaakt. Dit proces vermindert de weerstand, zodat de metalen pijpen relatief snel in zanderige-, grindrijke- en kleibodems kunnen penetreren. Figuur B1.1 toont de SonicSampDrill gemonteerd in een driepuntsophanging achter op een tractor.



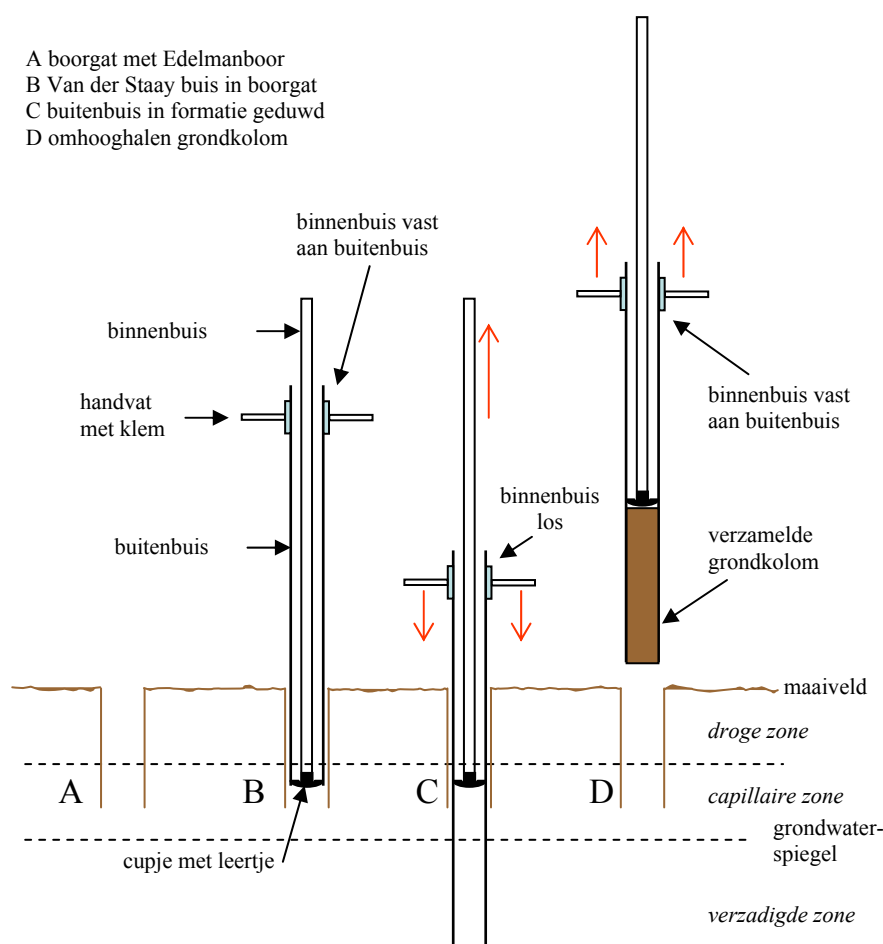
Figuur B1.1 De SonicSampDrill achterop een tractor in Nieuweroord

Bijlage 2 Onderzochte bemonsteringsmethoden voor grondwater

Van der Staay-methode (US)

De Van der Staay-methode is een handmatige methode om op zandgronden grondmonsters te verzamelen in de verzadigde zone, zie Van de Meene et al. (1979). Het ontstane boorgat wordt gebruikt om via een monsternemingslans grondwatermonsters te verzamelen.

Een open buitenbuis (mantel) is voorzien van een luchtdicht aansluitende, gesloten binnenbuis die ofwel in de mantel vastgezet kan worden dan wel vrij kan bewegen en dan als een zuiger werkt. De boring wordt uitgevoerd door het naar beneden duwen van de buitenbuis en het omhoog halen van de binnenbuis. Hierdoor wordt een onderdruk gecreëerd in de buitenbuis waardoor deze zich vult met grond. Hierdoor zakt de buis weer verder de grond in et cetera. Na het vastzetten van de binnenbuis kan het geheel omhoog gehaald worden.



Figuur B2.1 Principeschets Van der Staay-methode, niet op schaal
 (afgeleid uit: Van de Meene et al. (1979))

De PVC buitenbuis heeft een lengte van vijf meter, $\varnothing_{\text{inw}} = 35,5$ mm, $\varnothing_{\text{uitw}} = 40$ mm. Via een tromp is deze buis te verlengen met steeds 2,5 meter. De PVC binnenbuis heeft ook een lengte van vijf meter, $\varnothing_{\text{inw}} = 26,5$ mm, $\varnothing_{\text{uitw}} = 32$ mm.

Via draadeind en tapgatverbinding is deze buis steeds te verlengen met steeds 2,5 meter. De binnenbuis is aan het uiteinde voorzien van een cupje met leertje. Deze binnenbuis met cupje kan als een zuiger in de buitenbuis op en neer bewogen worden.

De werkwijze is nu verder als volgt, zie Figuur B2.1:

Met een Edelmanboor wordt geboord tot aan de grondwaterspiegel (A). Het leertje aan de binnenbuis wordt natgemaakt waarna de binnenbuis geheel in de buitenbuis geschoven en daaraan vastgezet wordt. Het cupje met het leertje blijft circa 1 cm binnen de buitenbuis. Daarna wordt de buitenbuis in het boorgat gestoken. Op de buitenbuis wordt een dubbel handvat vastgezet. Aan dit handvat wordt de buitenbuis de grond in geduwd en gedraaid (B). Als de buis niet dieper wil wordt de binnenbuis losgezet van de buitenbuis en iets (een paar cm) omhooggetrokken. Hierdoor ontstaat een onderdruk onder het cupje. De buitenbuis wordt nu verder naar beneden geduwd terwijl deze zich vult met de grondkolom. De binnenbuis blijft op gelijke hoogte of komt iets omhoog (C). Wanneer de binnenbuis weer aan de buitenbuis vastgezet wordt kan het geheel omhoog getrokken worden (D). De grondkolom blijft in beginsel in de buitenbuis zitten. Door terugduwen van de binnenbuis wordt aan maaiveld de grondkolom uit de buitenbuis geduwd, eventueel in een goot. Dit biedt de mogelijkheid om het grondprofiel te bestuderen en de bodemtextuur te beschrijven. In beginsel wordt de vijf meter combinatie na het omhooghalen uit het boorgat direct (in verband met dichtvallen van het boorgat) gevolgd door een (andere) 7,5 meter combinatie om verder te 'staayen', zie ook Figuur B2.2.

Na boring van het gat wordt een monsternemingslans met een diameter van 3 cm in het boorgat gedrukt. Aan de onderzijde is deze lans voorzien van een filterelement bestaande uit verticale zaagsneden van 0,3 mm. Met een slangenpomp met non-toxische siliconenslang wordt via deze filterbuis een grondwatermonster verzameld. Een hand-kogelpomp met teflonslang wordt in voorkomende gevallen gebruikt om snel het eerste gedeelte niet-representatief watermonster uit de filterbuis af te voeren.



Figuur B2.2 De Universiteit van Utrecht met de Van der Staay-methode in Spankeren

Uitschuifbare-Punt-methode (EU)

Bij deze methode wordt via tril- en duwkracht (SonicSampdrill, zie Bijlage 1) een door een mantelbuis afgeschermd filter van 50 cm op diepte gebracht. Dit filter bestaat uit een holle geperforeerde pijp met aan de bovenzijde een conische aansluiting en aan de onderkant een vaste boorpunt die bij het weer omhoog trekken van het filter dus niet verloren gaat, zie Figuur B2.3 links.

Op diepte gekomen wordt het filter aangesloten op een slangenpomp aan maaiveld. De aanzuigslang wordt daartoe via een aansluitblok neergelaten in de mantelbuis. Dit blok koppelt via een conische aansluiting met O-ring de aanzuigslang waterdicht aan de conische aansluiting op het filter, zie Figuur B2.3 rechts. Daarna wordt de mantelbuis 50 cm omhoog getrokken via de SonicSampdrill waardoor het filter vrijkomt en grondwater toe kan stromen. De aanzuigslang wordt verbonden met een slangenpomp waarna bemonsterd kan worden. Na monsterneming wordt het geheel omhoog getrokken totdat het geopende filter aan maaiveld zichtbaar is. Het filter wordt hierna schoongespoten en gereinigd met gedestilleerd water. De mantelbuis wordt weer over het filter geschoven tot aan de boorpunt waarna de gehele gesloten combinatie weer naar de volgende diepte wordt getrild. Hier herhaalt zich het openen van het filter, de aansluiting van de slangenpomp en de volgende monsterneming van het grondwater.



Figuur B2.3 De geopende uitschuifbare punt met filter zichtbaar (links) en het blok met conische aansluiting voor de verbinding met de slangenpomp (rechts)

Direct-Well (ED)

De Direct-Well is een filterbuis van 25 cm lengte met een uitwendige diameter van 32 mm. Om de filterbuis heen zit filterkous. Bovenop het filter zit een kunststof adapter met een slangaansluiting voor PE slang met afmetingen 10 x 12 mm. De installatie van de Direct-Well gaat als volgt. Een mantelbuis (holle metalen pijp GP63) met een uitwendige diameter van 63 mm wordt met een verloren punt de grond ingedreven via tril- en duwkracht (SonicSampdrill, zie paragraaf 2.2.5). De mantelbuis heeft een lengte van twee meter en kan steeds met buizen van twee meter worden verlengd. Als de verloren punt op de gewenste diepte is wordt het filter met de PE aansluitslang van 10 x 12 mm in de mantelbuis gebracht tot aan de verloren punt. De slang steekt boven maaiveld uit.

De put wordt vervolgens afgewerkt met bentoniet door manchetten van dit materiaal (diameter 35 x 15 mm, lengte 50 cm) over de slang naar beneden te schuiven. Deze manchetten komen over de gehele lengte van maaiveld tot aan het filter. De mantelbuizen worden vol gezet met water en vervolgens getrokken. De verloren punt blijft daarbij achter in de grond. Met bemonsteren wordt doorgaans een paar dagen gewacht om de bentonietmanchetten gelegenheid te geven om te zwellen om zo kortsluitstromen te voorkomen. Doorgaans worden meerdere Direct-Well (voor dit onderzoek vier) op verschillende diepte en op korte afstand van elkaar geïnstalleerd. Het betreft een permanent monsterpunt dat aan of onder maaiveld afgewerkt dient te worden.

Multi-Channel Well (EC)

De Multi-Channel Well (voorheen ook genoemd: Continuous Multichannel Tubing) is opgebouwd uit een ronde meervoudige HDPE-buis met een uitwendige diameter van 41 mm. Inwendig bestaat de buis uit zeven kanalen die in de lengterichting van de buis lopen. Afhankelijk van de gewenste filterdiepte worden deze kanalen over bepaalde afstanden aan de buitenkant geopend, zie Figuur B2.4, waarna het kanaal aan de onderkant van de ontstane gleuf afgestopt wordt.

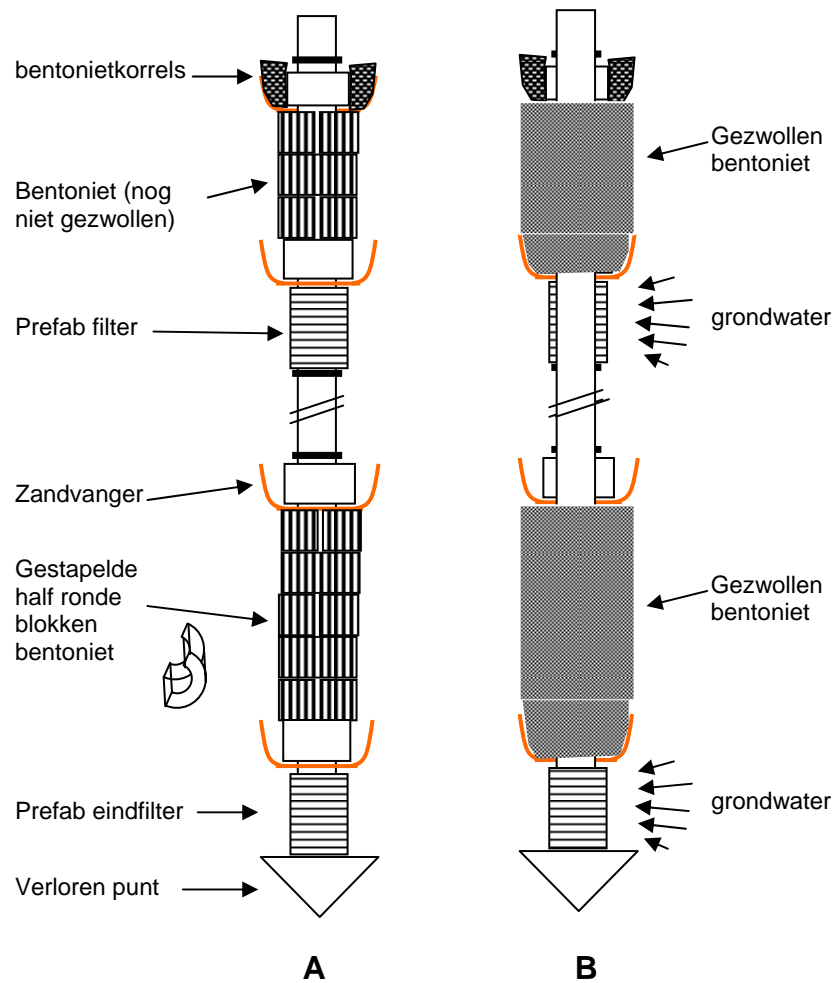


Figuur B2.4 Preparatie van de Multi-Channel Well aan maaiveld (Maarheeze); links de exacte positie bepaling, rechts het openknippen van het kanaal

Over de ontstane opening wordt aan maaiveld een filterbuis met een lengte van 25 cm geschoven en met kabelbinders vastgezet. Het filter is voorzien van een filterkous. Op deze manier worden alle filters gemonteerd. Het diepste filter wordt aan de onderkant van de buis vastgezet nadat eerst alle kanalen behalve de middelste afgestopt zijn.

Figuur B2.5 toont een prinsipschets van het systeem.

De installatie van de Multi-Channel Well gaat als volgt. Een mantelbuis (holle metalen pijp GP88) met een uitwendige diameter van 88 mm wordt met een verloren punt de grond ingedreven via tril- en duwkracht (SonicSampdrill, zie Bijlage 1). De mantelbuis heeft een lengte van twee meter en kan steeds met buizen van twee meter worden verlengd. Als de verloren punt op de gewenste diepte is gekomen wordt de met filters geprepareerde filterbuis in de mantelbuis geschoven tot aan de verloren punt, zie Figuur B2.6. Tijdens het plaatsen in de mantelbuis worden bentonietmanchetten tussen de filters geplaatst om lekstromen te voorkomen.



Figuur B2.5 Principetekening van de Multi-Channel Well; direct na installatie (A) en enkele dagen na opzwellen van het bentoniet(B)

Na het plaatsen van de geprepareerde buis wordt de mantelbuis vol water gezet en trillend getrokken waardoor de filters vrijkomen en het grondwater kan toestromen. Het betreft een permanent monsterpunt dat aan of onder maaiveld afgewerkt dient te worden. Zie Solinst (2005) voor aanvullende informatie.



Figuur B2.6 Installatie van de Multi-Channel Well in Maarheeze (1/57E0336)

Bijlage 3 Boorlocaties bedrijf te Nieuweroord



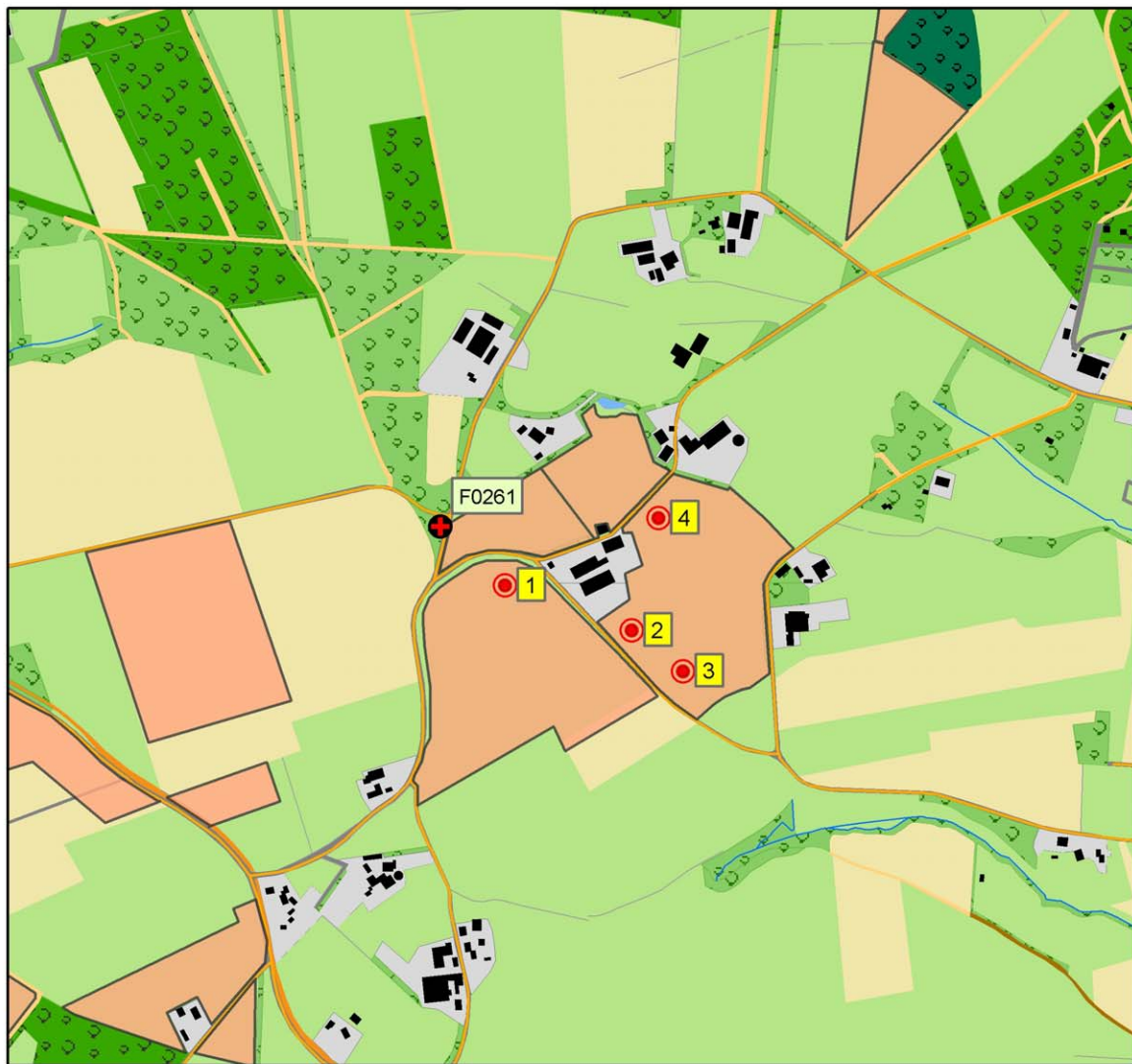
0 125 250 500 750 1,000
Meters

kaartondergrond Top10vector 2006

 Waterkwantiteitsput
 Boorlocatie
 1:15,000 

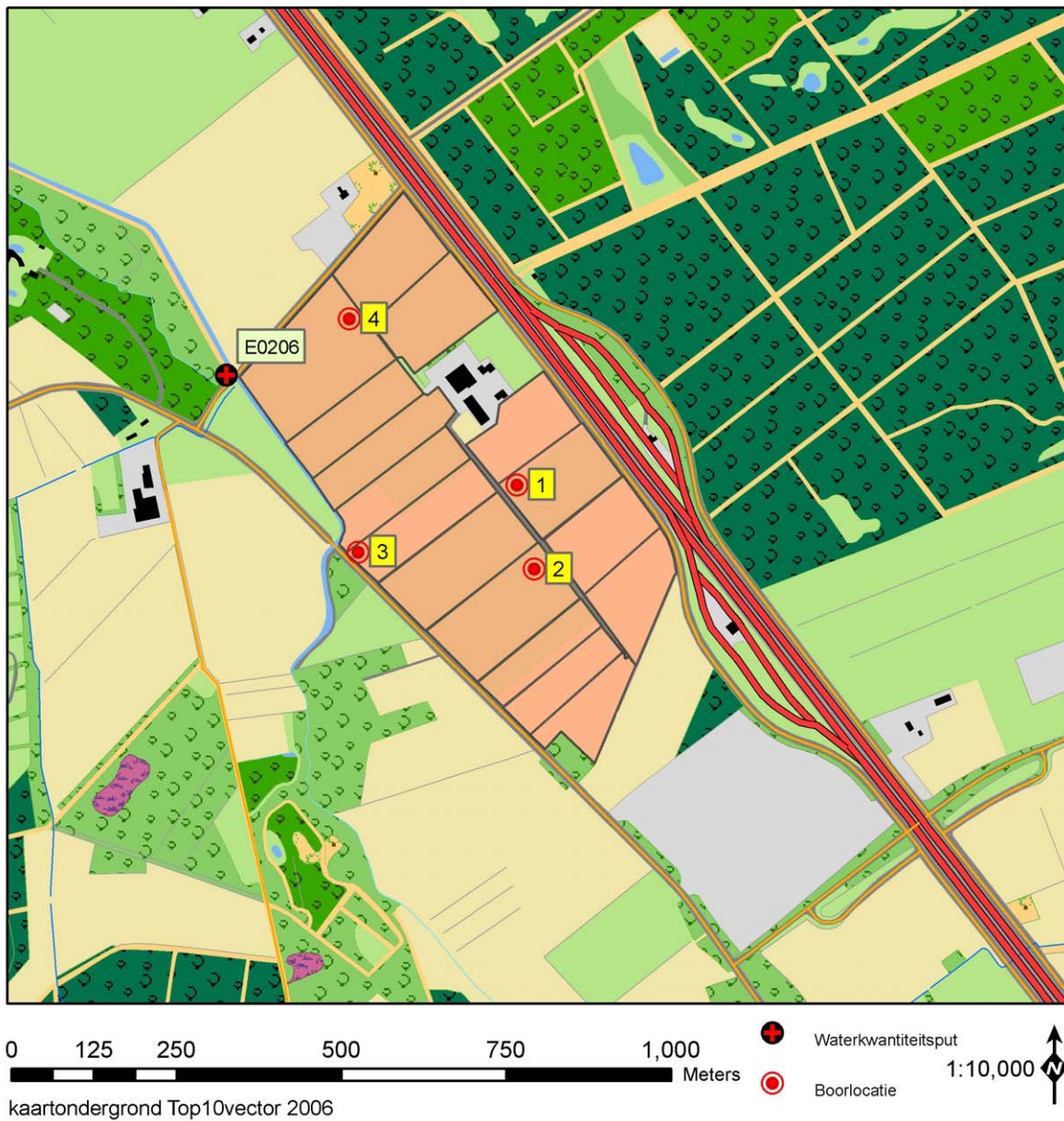
Boorlocatie	Boringnummer	Gt	X-coördinaat	Y-coördinaat
1	17D0201	VIII	235,092	529,668
2	17D0202	VIII	235,175	529,487
3	17D0203	VI	235,334	529,605
4	17D0200	VI	235,397	529,706

Bijlage 4 Boorlocaties bedrijf te Nutter



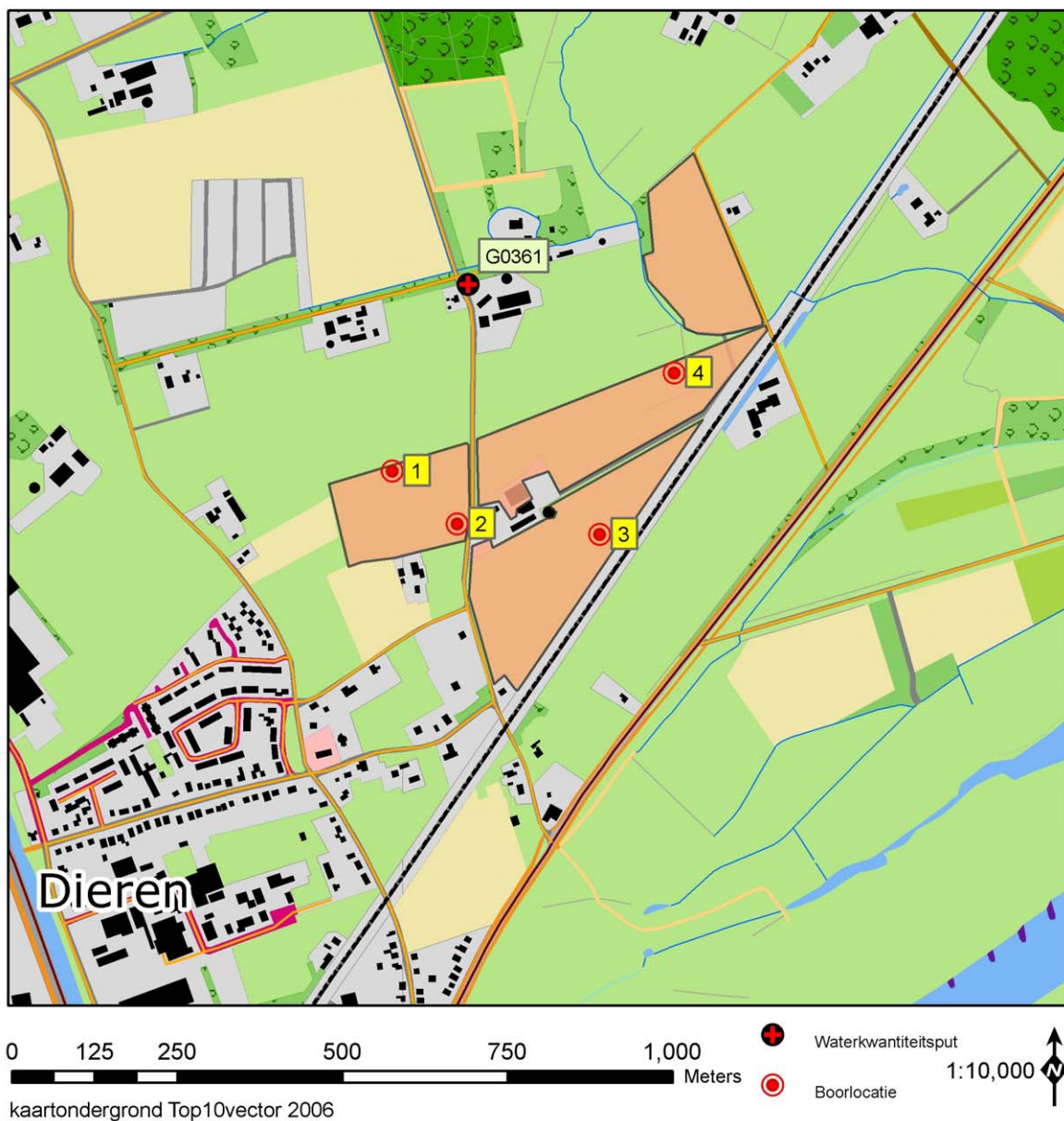
Boorlocatie	Boringnummer	Gt	X-coördinaat	Y-coördinaat
1	28F0471	VIII	256,402	493,746
2	28F0472	VIII	256,582	493,682
3	28F0473	VIII	256,655	493,624
4	28F0470	VI	256,620	493,842

Bijlage 5 Boorlocaties bedrijf te Maarheeze



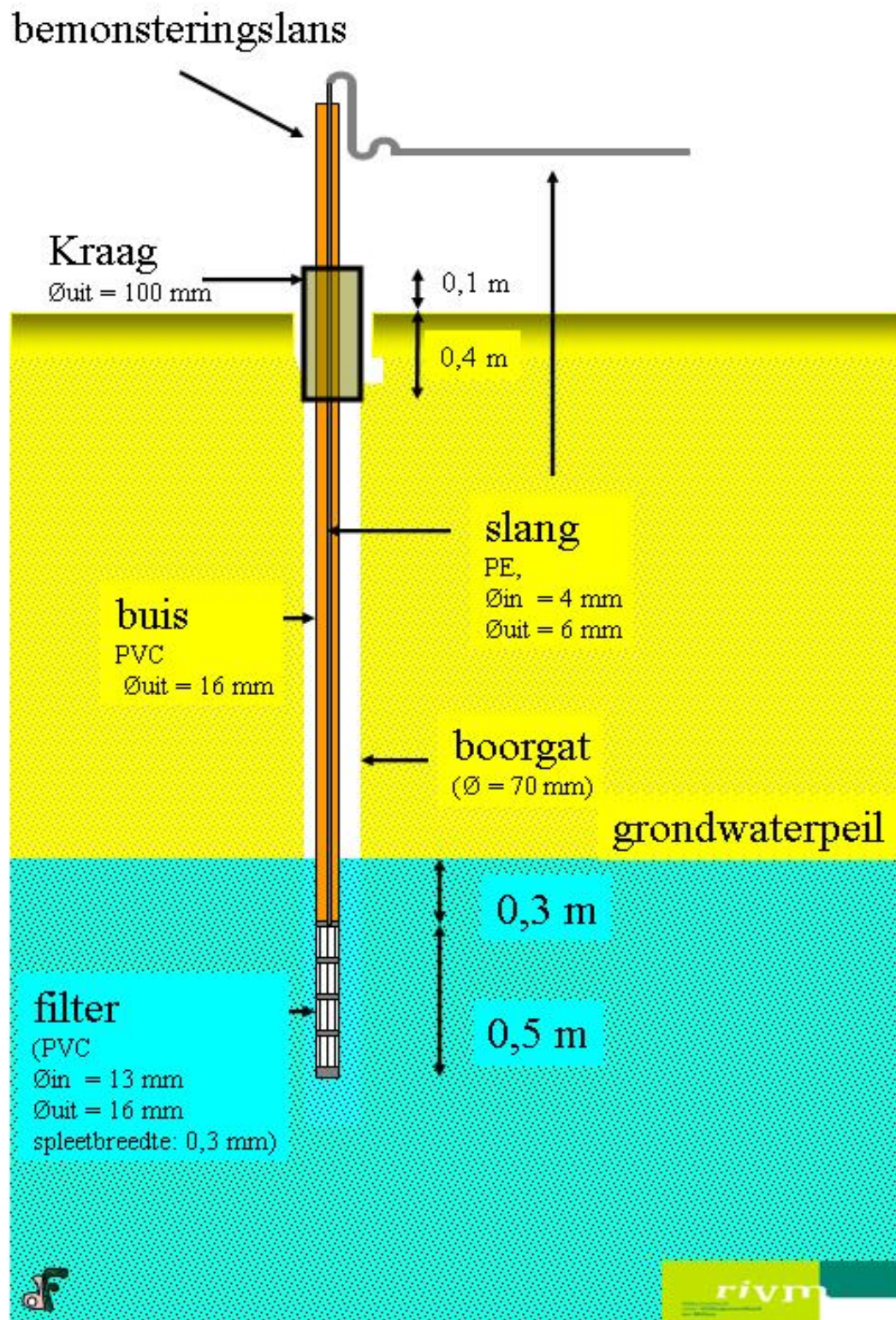
Boorlocatie	Boringnummer	Gt	X-coördinaat	Y-coördinaat
1	57E0336	VI	169,075	370,580
2	57E0337	VI	169,101	370,453
3	57E0338	III	168,834	370,479
4	57E0335	VI	168,821	370,832

Bijlage 6 Boorlocaties bedrijf te Spankeren



Boorlocatie	Boringnummer	Gt	X-coördinaat	Y-coördinaat
1	33G0415	VII	204,985	452,847
2	33G0412	VII	205,083	452,767
3	33G0413	VII	205,299	452,751
4	33G0414	II	205,412	452,996

Bijlage 7 Standaard LMM-methode voor zandgronden



Bijlage 8 Afwerking van de permanente putten

De permanente putten van zowel de Direct Wells als de Multi-Channel Well zijn onder de bouwvoor afgewerkt en voorzien van een sonde/markering om deze later gemakkelijk terug te kunnen vinden. Figuur 2.15 toont schematisch de gekozen opzet in het geval van de Direct Wells. De aansluitslangen van de filters van 10 x 12 mm zijn via wartels in een PVC-potje geleid dat circa 50 cm onder maaiveld zit en ongeveer 1 cm boven de wartel is afgeknipt. Een monsternemingsslang van 4 x 6 mm (aan de onderkant schuin afgeknipt) is in deze slang geschoven tot aan de onderkant van het filter. Deze monsternemingsslang is vlak boven de wartel voorzien van een klikverbinding en afgedopt.

Voor de monsterneming is de monsternemingsslang uit de pot omhoog getrokken naar maaiveld en daar aangesloten op een slangenpomp.

Het potje is afgesloten met een kap waarop een tegel is gelegd. Deze tegel voorkomt dat bij het door middel van een prikstok lokaliseren van de put vanaf maaiveld door die deksel heen wordt geprikt. Onder het potje is een marker/sonde gestoken, zie Figuur B8.2 (links).

Hierdoor is de put later met behulp van een sensor aan maaiveld te traceren. Tot slot zijn onder en langs het potje bentonietkorrels gestrooid om lekstromen te voorkomen, zie Figuur 8.2 (rechts).

Alleen bij het bedrijf te Maarheeze zijn de putten tevens afgewerkt naar de rand van het perceel, zie Figuur 3.10. De aansluitslangen van de filters zijn in dit geval via T-koppelingen onder de pot afgeleid naar de perceelsrand. Daar is een straatpot geplaatst met open bodem waar de slangen ingeleid, verlengd met een siliconenslang, afgesloten met een slangenklem en opgerold in de straatpot zijn. De straatpot is met een standaarddeksel afgesloten welke aan maaiveld zichtbaar is. In dit geval zijn de aansluitingen in de pot direct boven de put óók voorzien van een siliconenslang die afgesloten is met een slangenklem en opgerold in de pot ligt. In dit geval is er geen monsternemingsslang van 4 x 6 mm tot aan de onderkant van het filter geschoven. Dit kan niet door de T-koppelingen onder de pot. Monsterneming vanuit deze pot is alleen voorzien in die gevallen dat de aansluiting aan de perceelsrand beschadigd is geraakt.

De afwerking van de EC is iets afwijkend. Op de kop van de multipijp is een aansluitblok met zeven aansluitnippels geschoven. Omdat deze methode alleen in Maarheeze is toegepast en de putten bij dit bedrijf tevens afgewerkt zijn naar de perceelsrand zijn in dit aansluitblok de T-koppelingen daarvoor ondergebracht. In de kanalen van de multipijp is een slang geschoven van 4 x 6 mm tot onderaan ieder filter en op de T-koppeling aangesloten. Het aansluitblok is rechtsreeks op de bodem van de afwerkpot onder de bouwvoor (zie Direct Well) gemonteerd. Afwerking in die pot en in de straatpot is verder gelijk aan die bij de Direct Well met afleiding naar de perceelsrand (zie hiervoor).

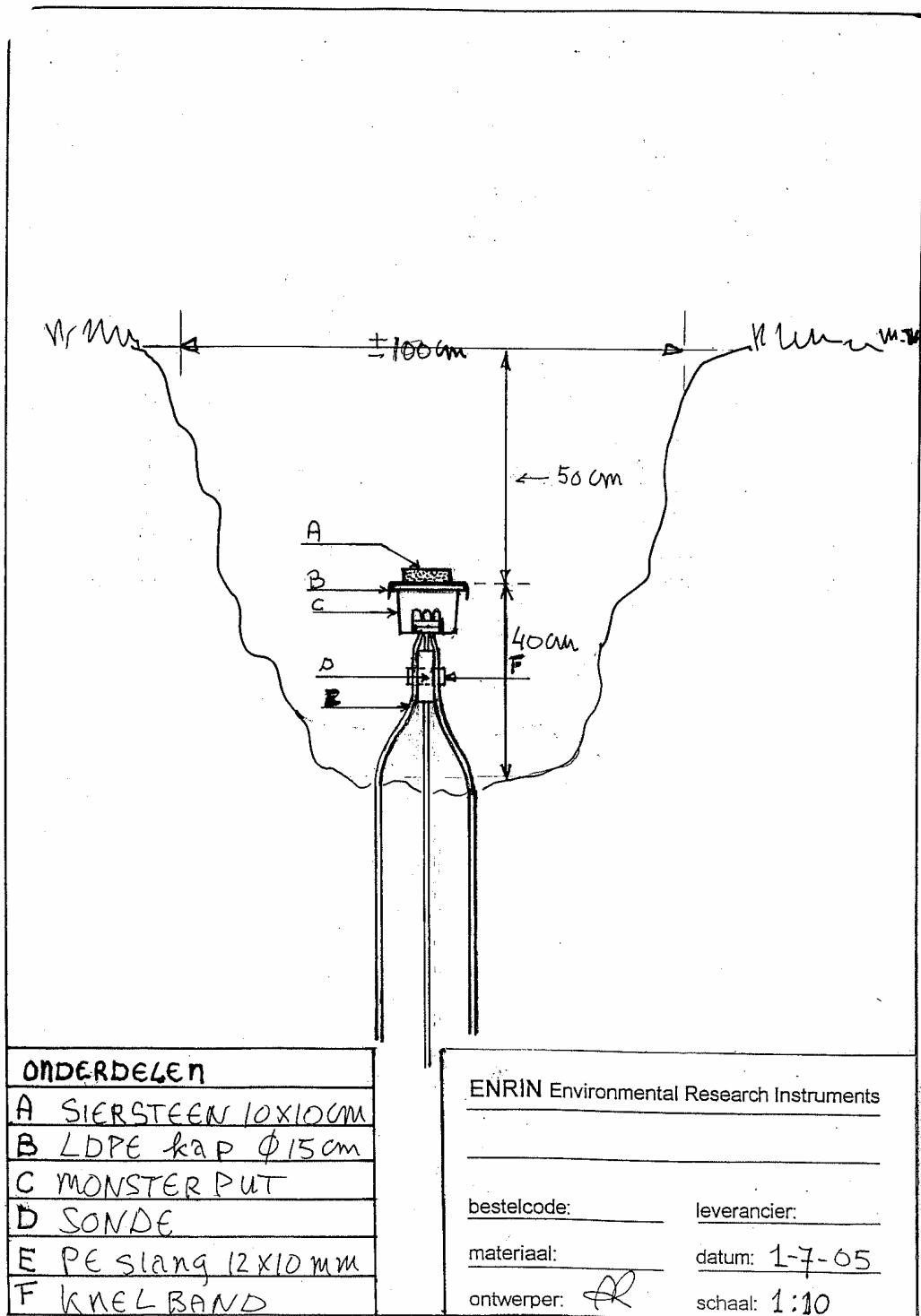


Fig. B8.1 Afwerking Direct Wells met positie van de marker/sonde



Figuur B8.2 Afwerkpot met gele marker (links) en het aanbrengen van bentonietkorrels onder de afwerkpot van de Direct Wells (rechts).

Bijlage 9 TNO-foto's grondmonsters alle boorlocaties

Bedrijf Nieuweroord



Bedrijf Nutter



Bedrijf Maarheeze



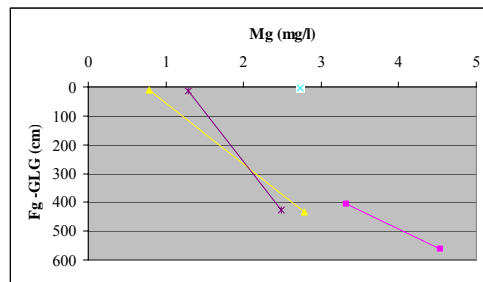
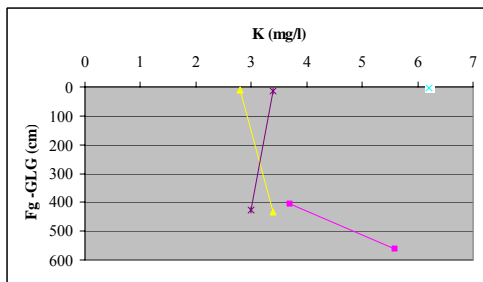
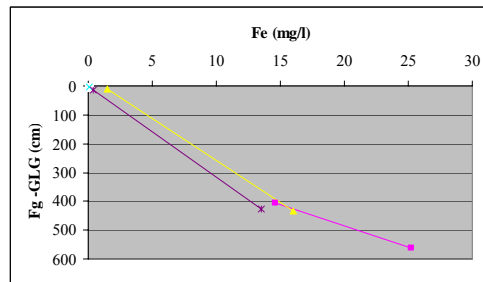
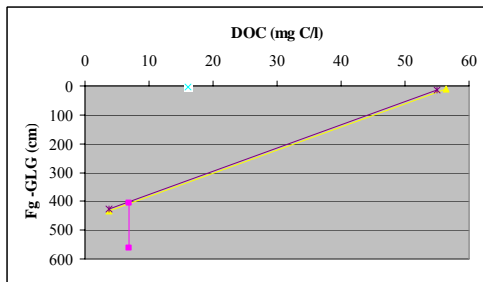
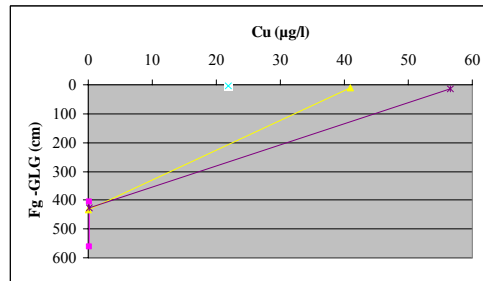
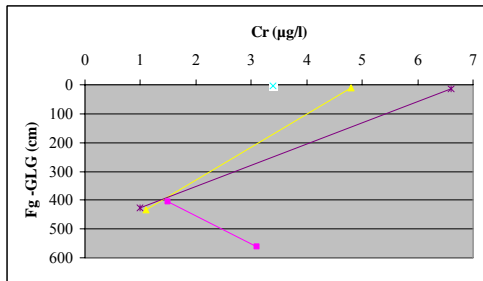
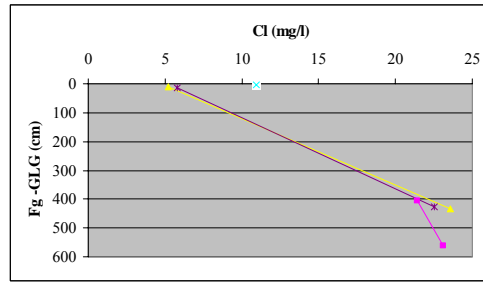
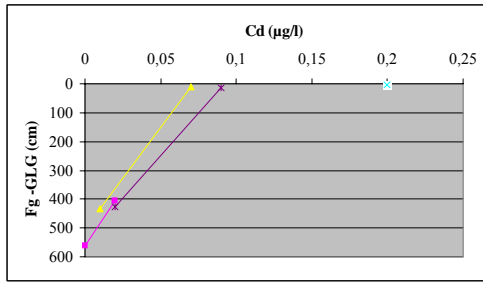
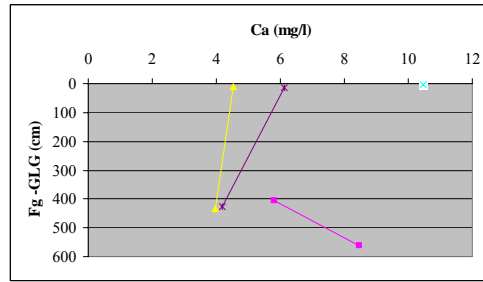
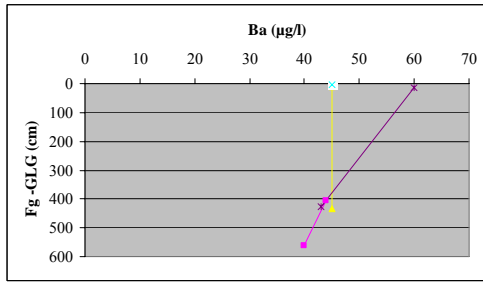
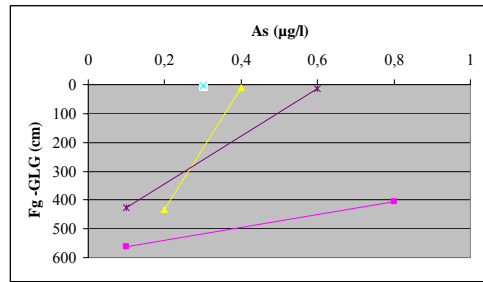
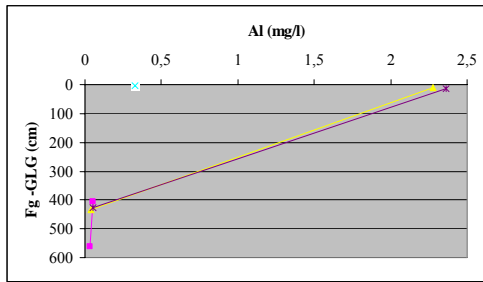
Bedrijf Spankeren



Bijlage 10 Analyseresultaten alle bedrijven, ronde 1

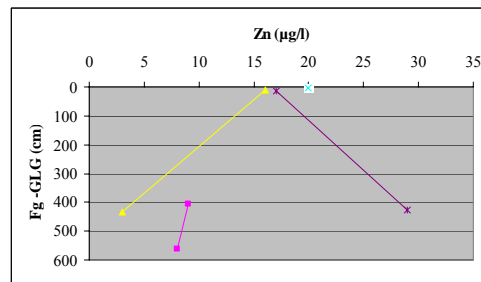
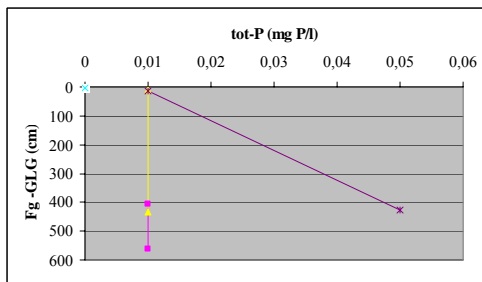
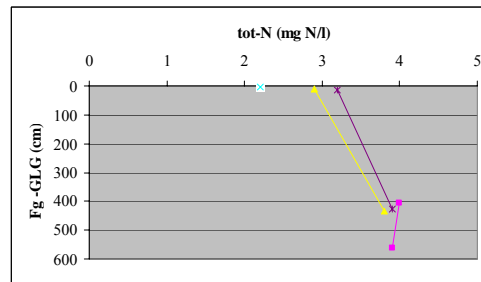
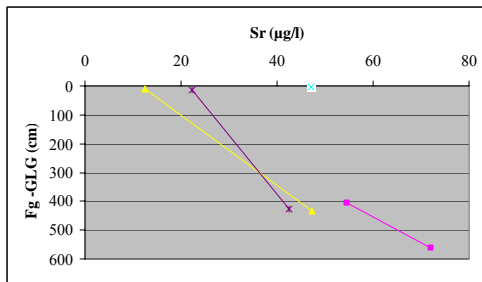
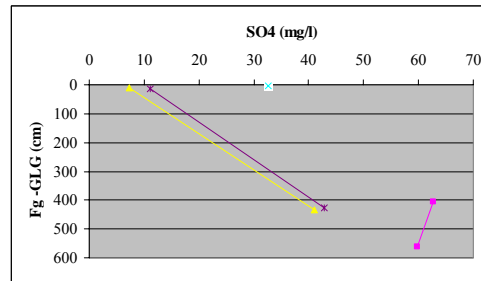
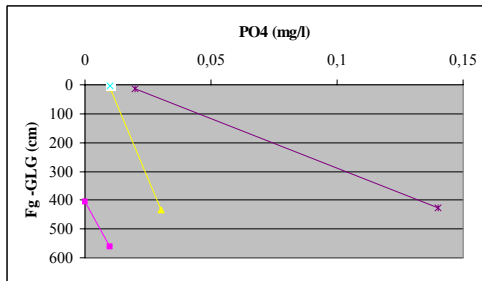
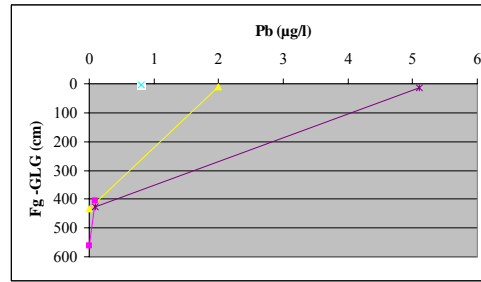
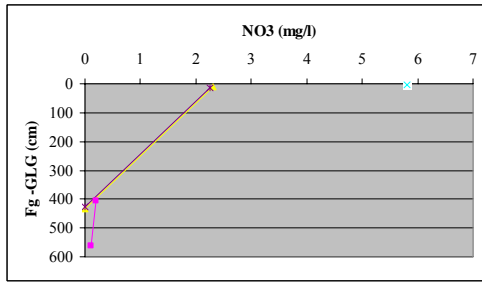
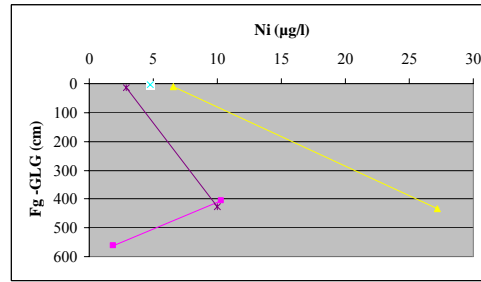
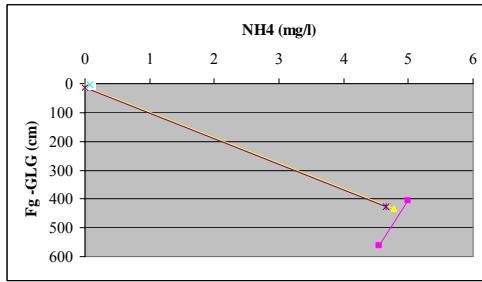
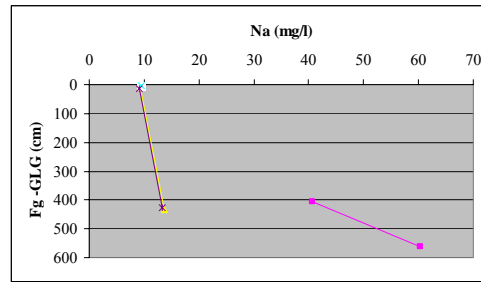
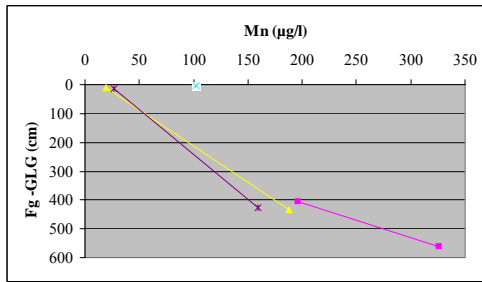
Opmerking: weergegeven zijn alle resultaten, dus ook die lager dan de aantoonbaarheidsgrens (Zie Tabel 2.6).

Analyseresultaten, Nieuweroord, locatie 1/17D0201, Ronde 1



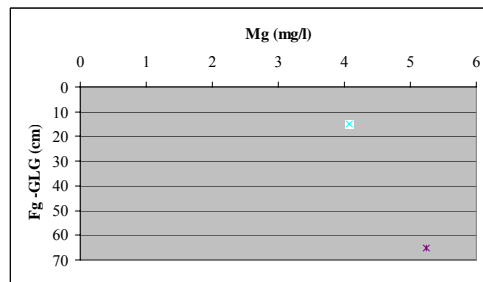
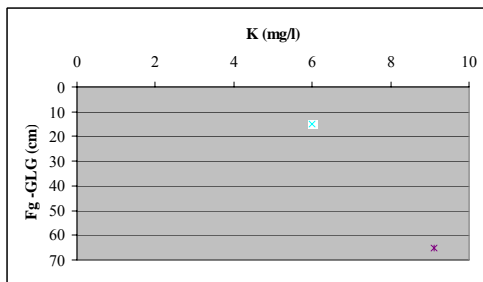
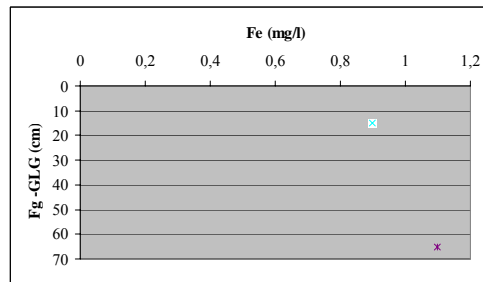
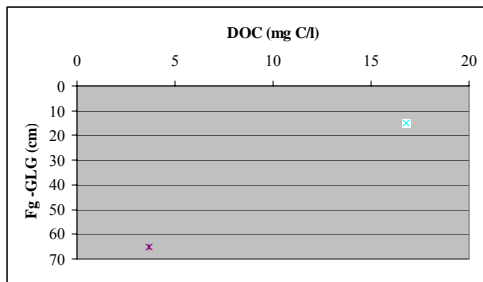
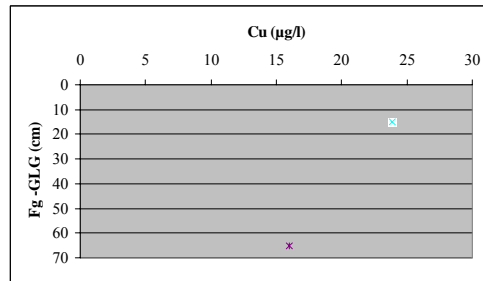
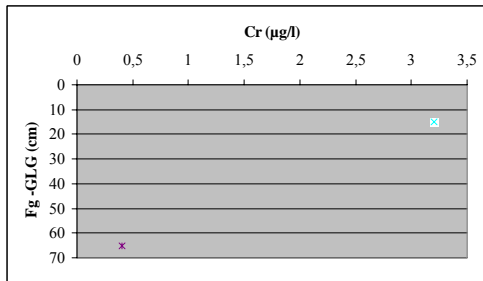
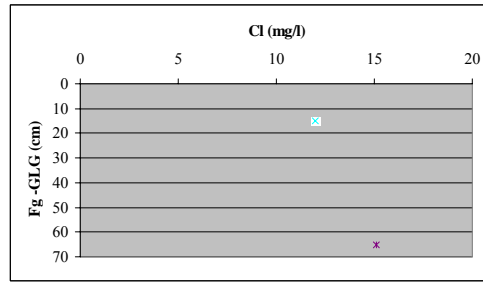
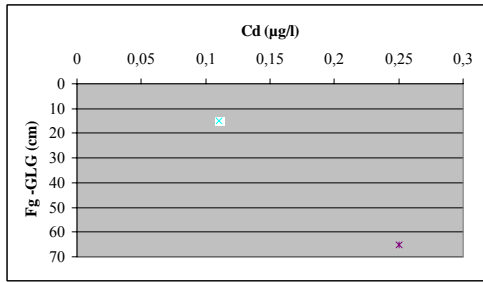
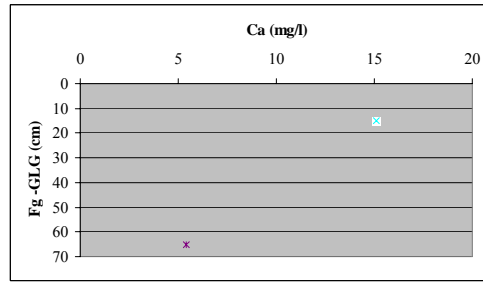
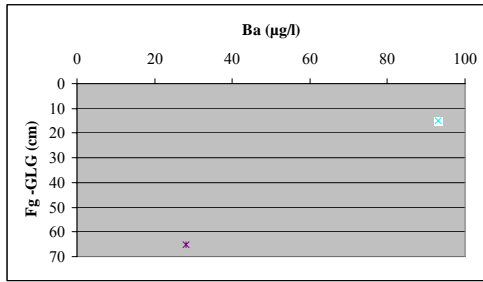
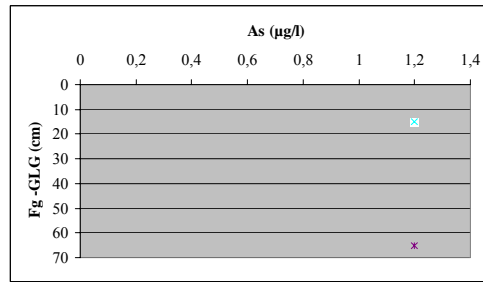
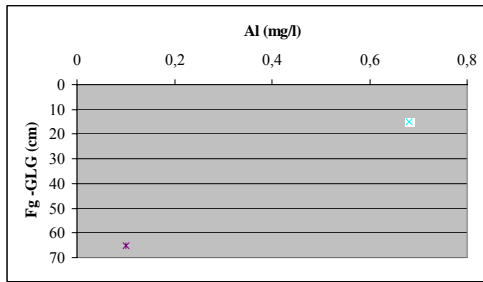
◆ Multi-Channel Well (EC) ■ Direct Well (ED) ▲ Uitschuifbare Punt (EU)
 * Van der Staay-methode (US) x LMM-methode (RL)

Analyseresultaten, Nieuweroord, locatie 1/17D0201, Ronde 1 - vervolg -



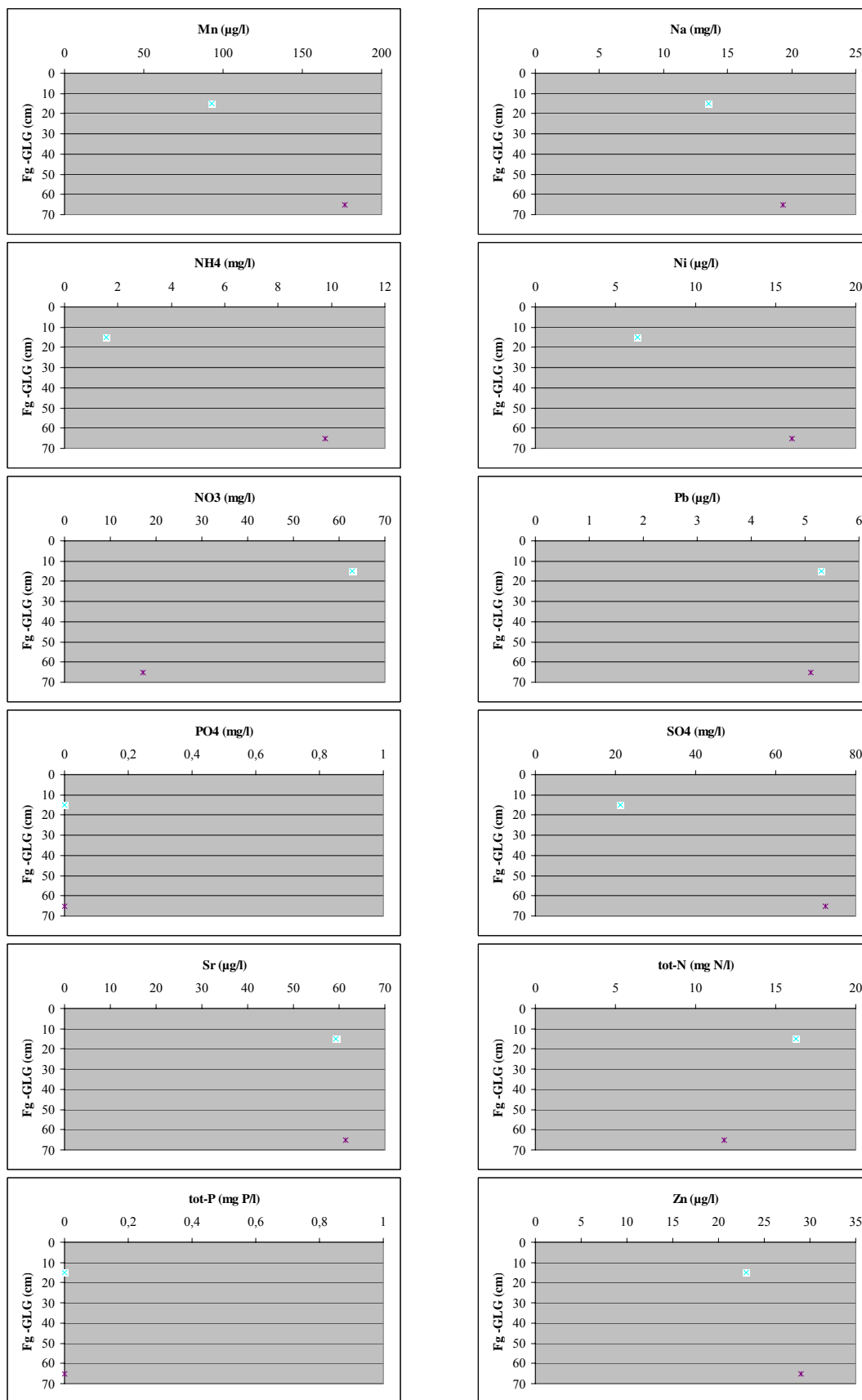
- ◆ Multi-Channel Well (EC) ■ Direct Well (ED) ▲ Uitschuifbare Punt (EU)
- * Van der Staay-methode (US) x LMM-methode (RL)

Analyseresultaten, Nieuweroord, locatie 2/17D0202, Ronde 1



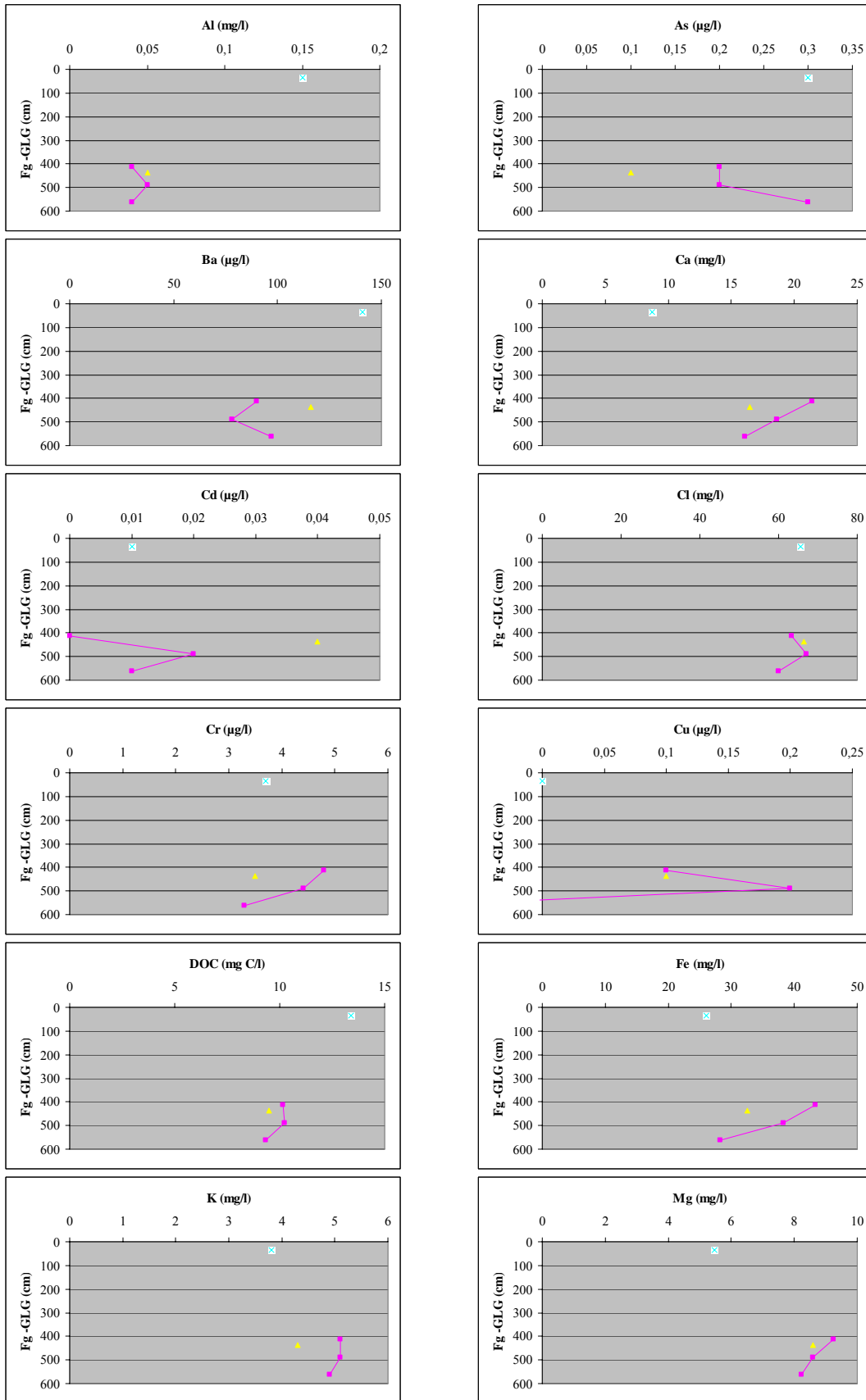
◆ Multi-Channel Well (EC) ■ Direct Well (ED) ▲ Uitschuifbare Punt (EU)
 * Van der Staay-methode (US) x LMM-methode (RL)

Analyseresultaten, Nieuweroord, locatie 2/17D0202, Ronde 1 - vervolg -



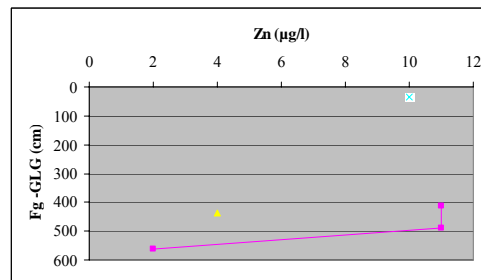
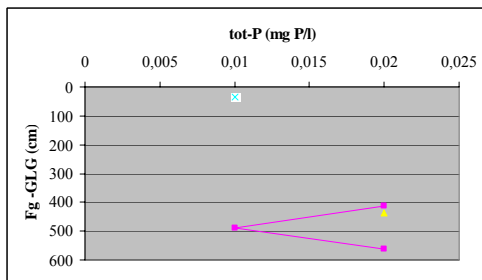
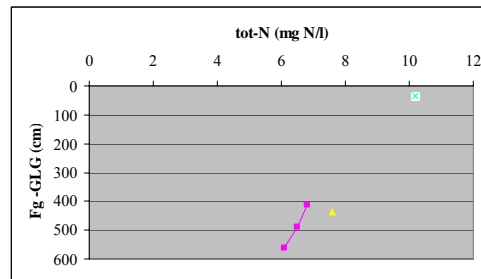
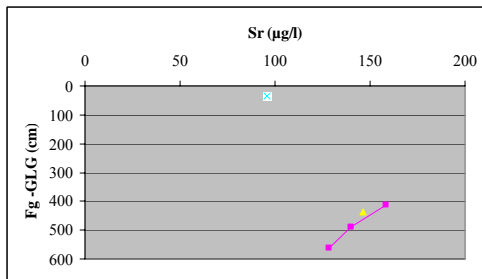
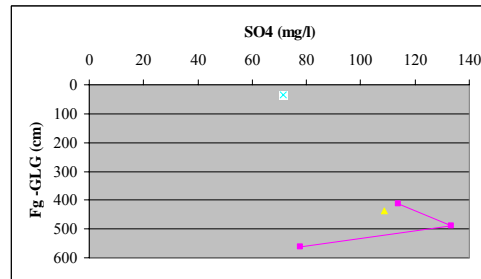
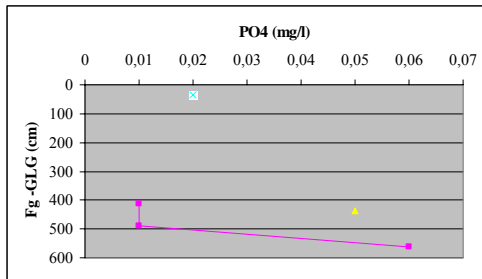
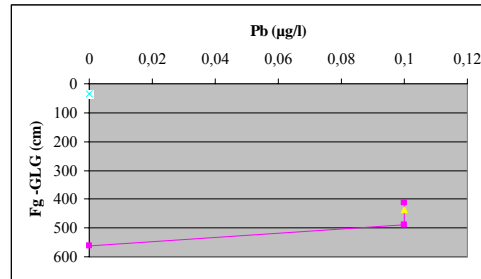
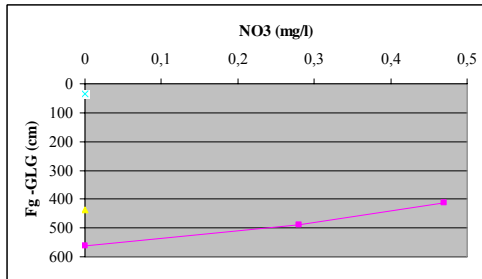
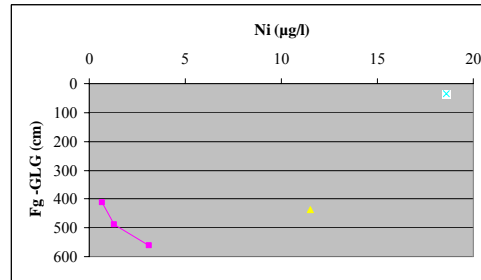
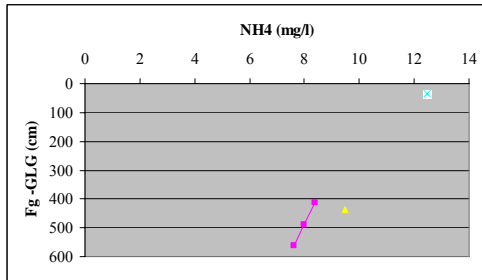
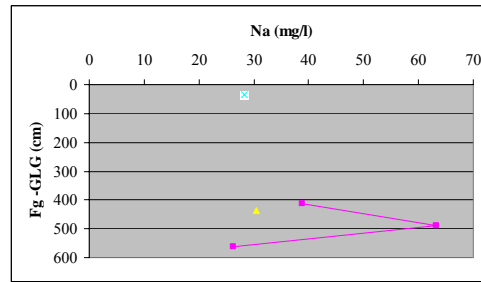
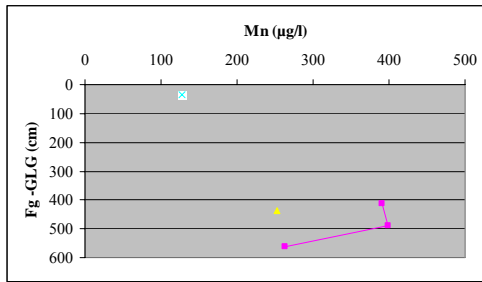
◆ Multi-Channel Well (EC) ■ Direct Well (ED) ▲ Uitschuifbare Punt (EU)
 * Van der Staay-methode (US) x LMM-methode (RL)

Analyseresultaten, Nieuweroord, locatie 3/17D0203, Ronde 1



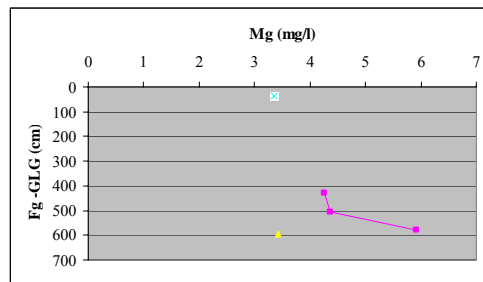
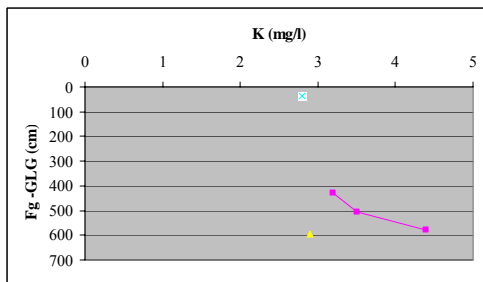
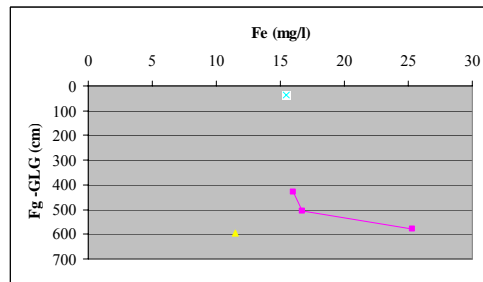
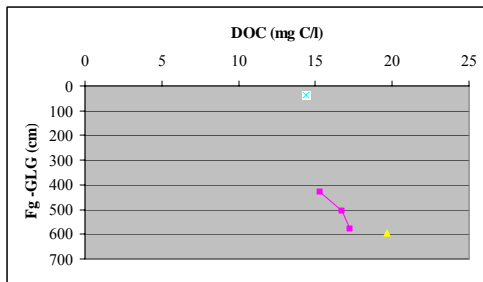
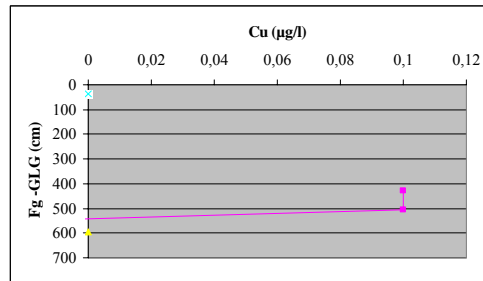
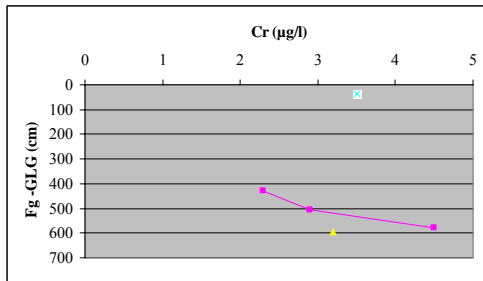
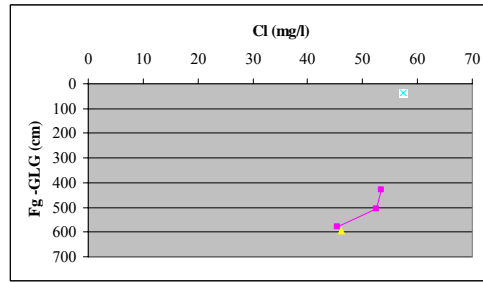
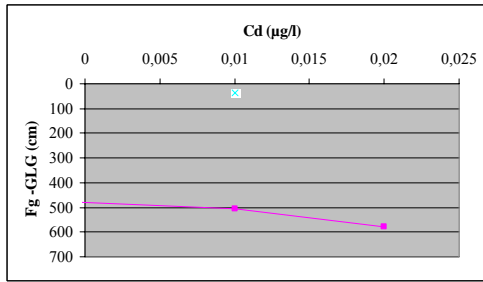
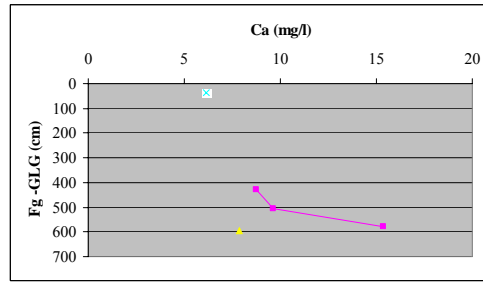
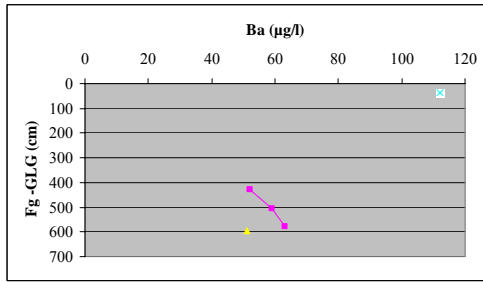
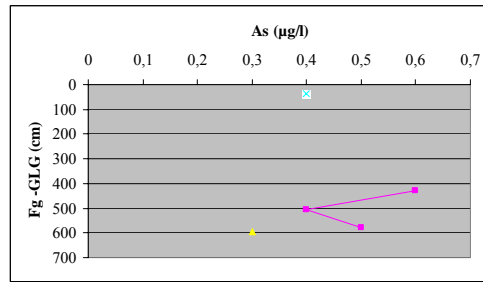
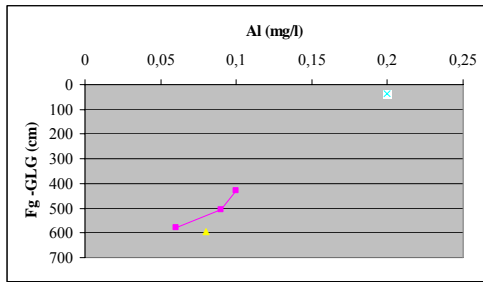
◆ Multi-Channel Well (EC) ■ Direct Well (ED) ▲ Uitschuifbare Punt (EU)
 * Van der Staay-methode (US) × LMM-methode (RL)

Analyseresultaten, Nieuweroord, locatie 3/17D0203, Ronde 1 - vervolg -



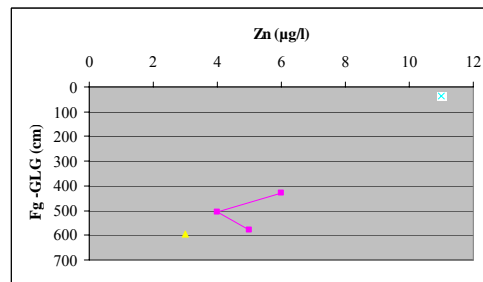
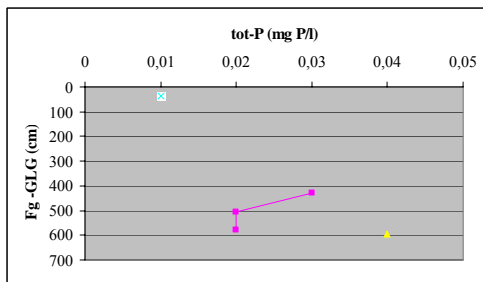
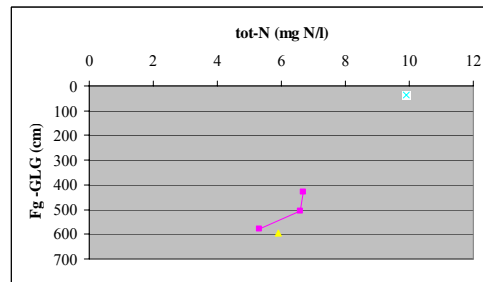
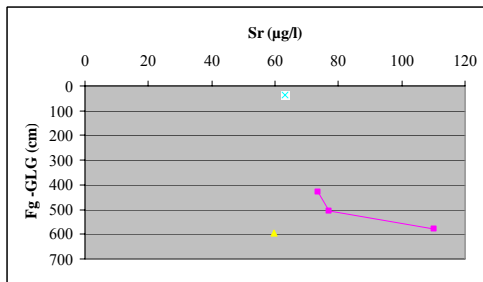
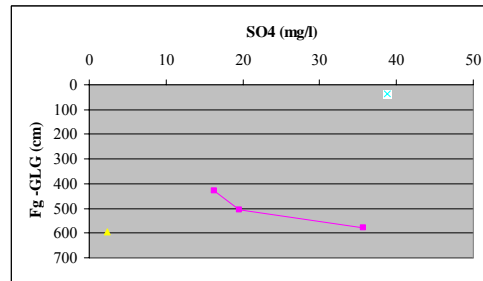
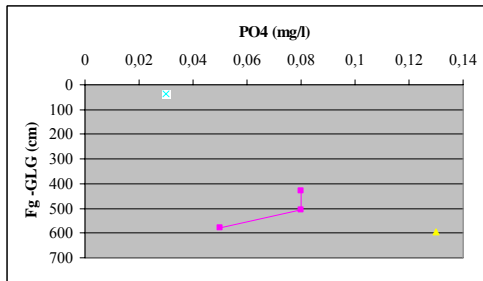
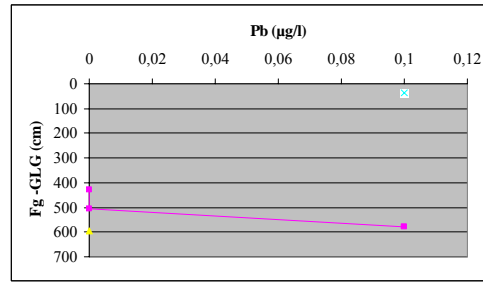
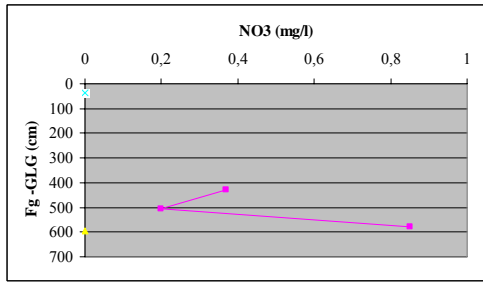
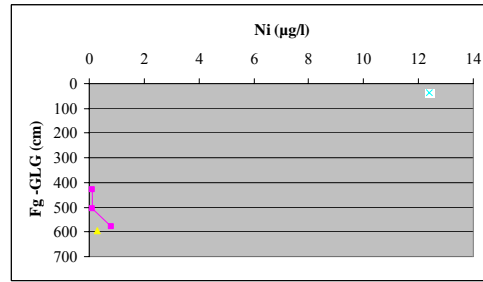
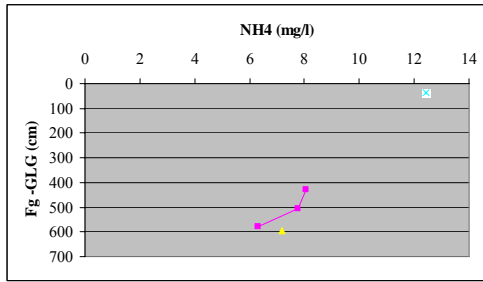
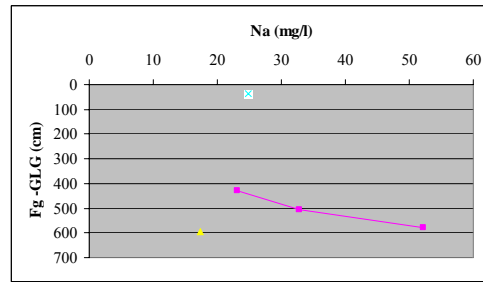
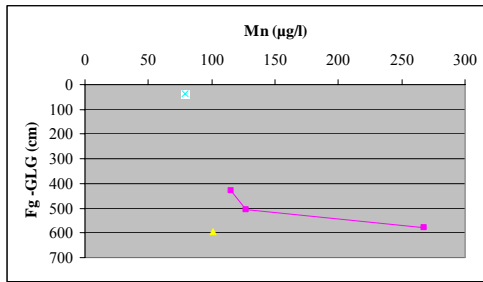
- ◆ Multi-Channel Well (EC) ■ Direct Well (ED) ▲ Uitschuifbare Punt (EU)
- * Van der Staay-methode (US) ✕ LMM-methode (RL)

Analyseresultaten, Nieuweroord, locatie 4/17D0200, Ronde 1



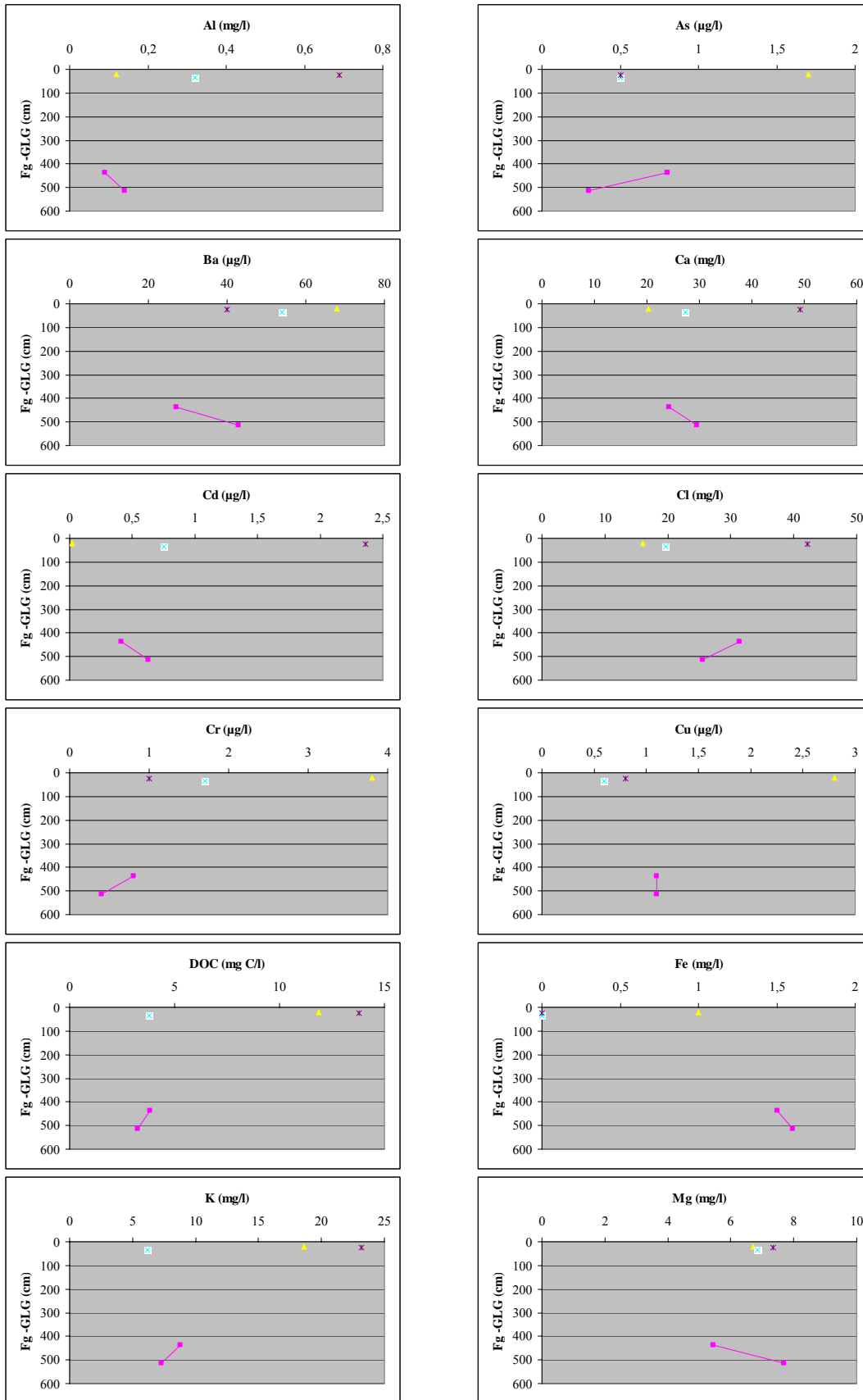
- ◆ Multi-Channel Well (EC) ■ Direct Well (ED) ▲ Uitschuifbare Punt (EU)
- * Van der Staay-methode (US) ✕ LMM-methode (RL)

Analyseresultaten, Nieuweroord, locatie 4/17D0200, Ronde 1 - vervolg -



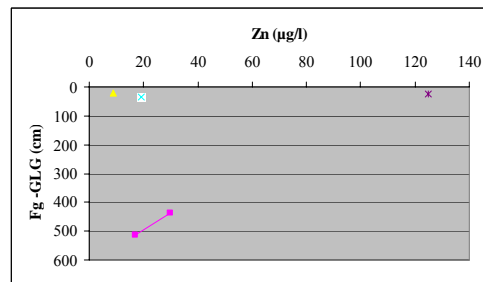
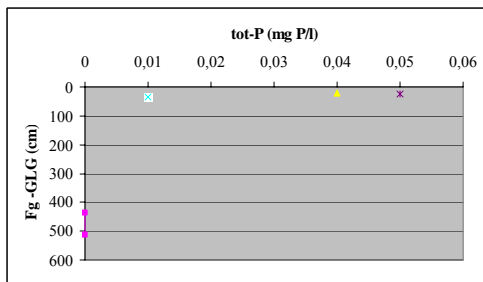
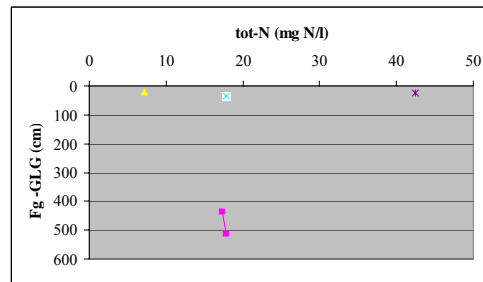
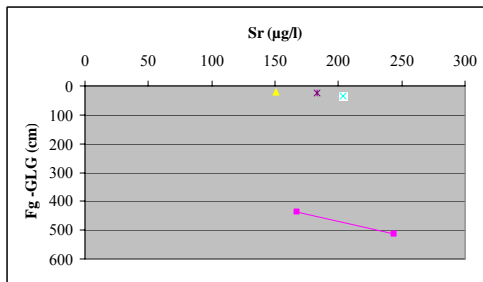
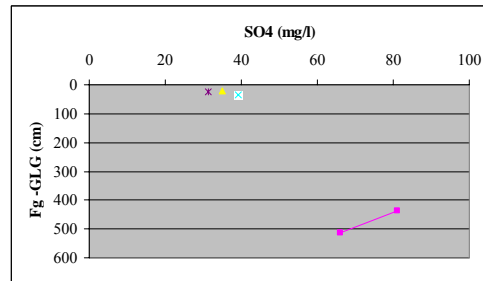
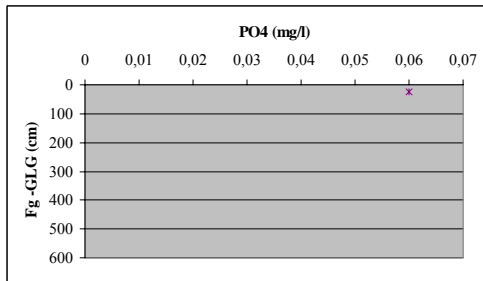
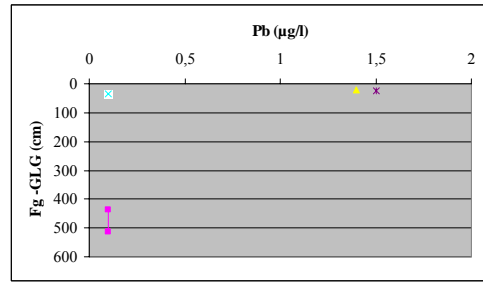
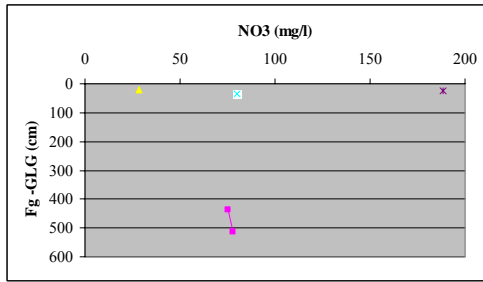
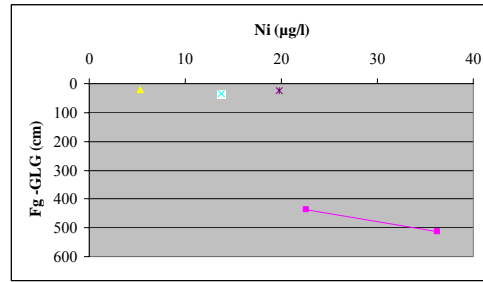
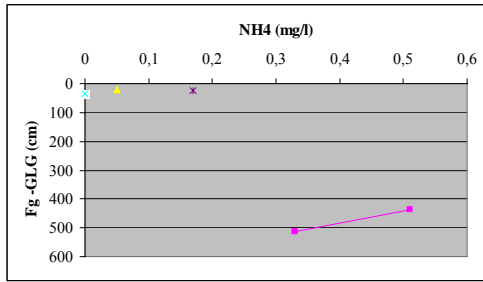
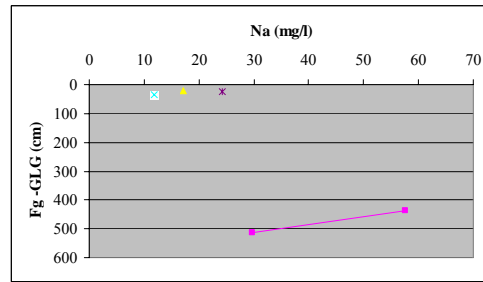
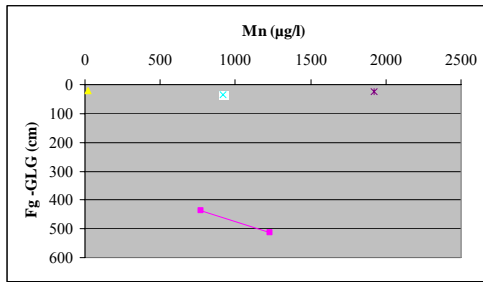
◆ Multi-Channel Well (EC) ■ Direct Well (ED) ▲ Uitschuifbare Punt (EU)
 * Van der Staay-methode (US) ✕ LMM-methode (RL)

Analyseresultaten, Nutter, locatie 1/28F0471, Ronde 1



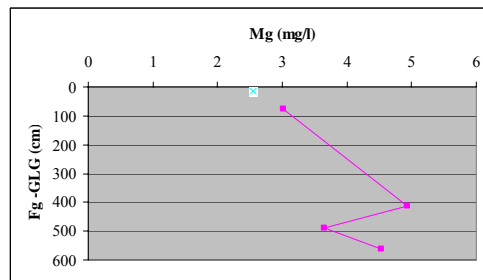
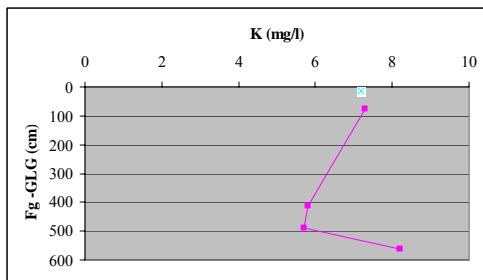
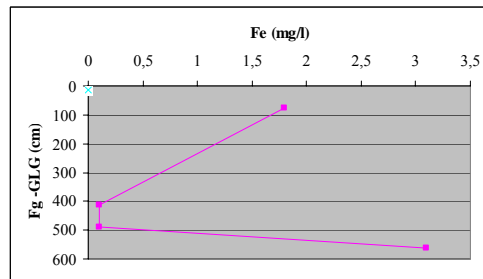
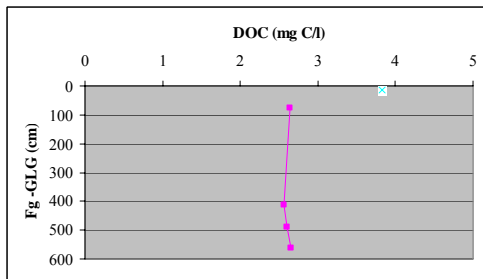
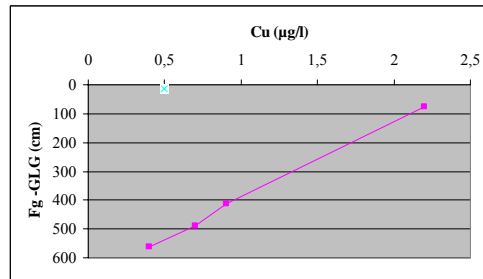
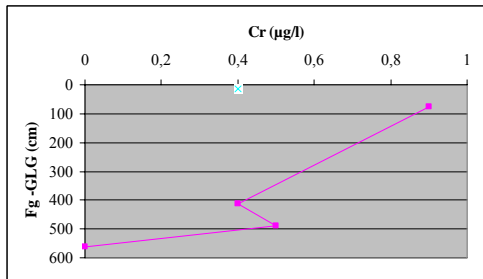
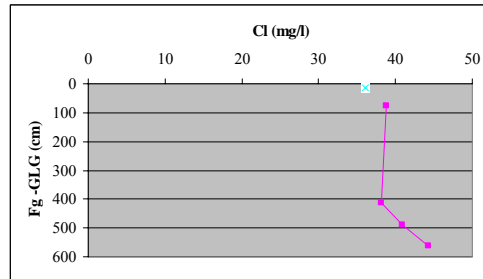
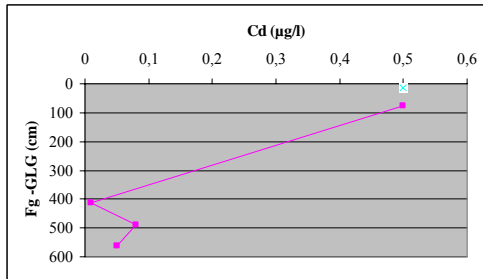
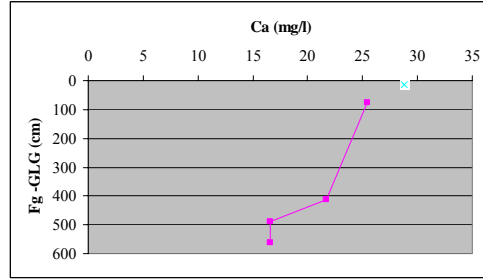
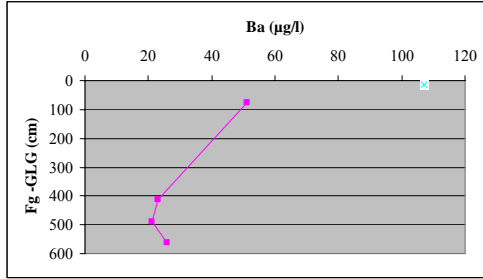
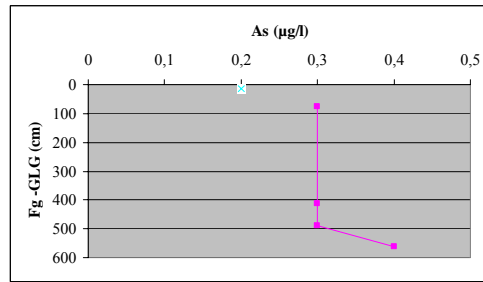
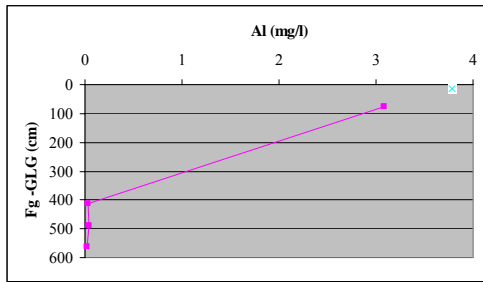
◆ Multi-Channel Well (EC) ■ Direct Well (ED) ▲ Uitschuifbare Punt (EU)
 * Van der Staay-methode (US) x LMM-methode (RL)

Analyseresultaten, Nutter, locatie 1/28F0471, Ronde 1 - vervolg -



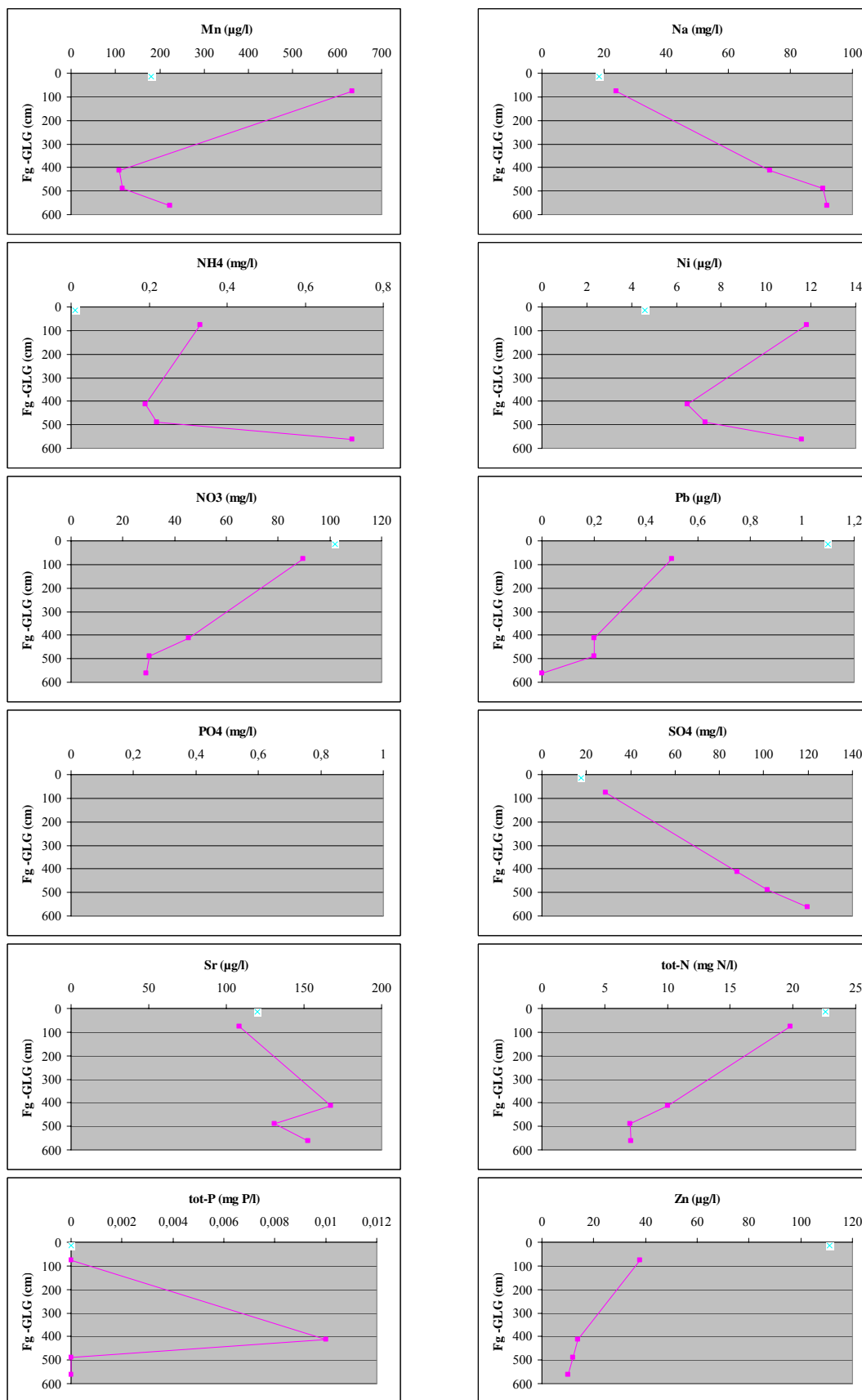
- ◆ Multi-Channel Well (EC) ■ Direct Well (ED) ▲ Uitschuifbare Punt (EU)
- * Van der Staay-methode (US) ✕ LMM-methode (RL)

Analyseresultaten, Nutter, locatie 2/28F0472, Ronde 1



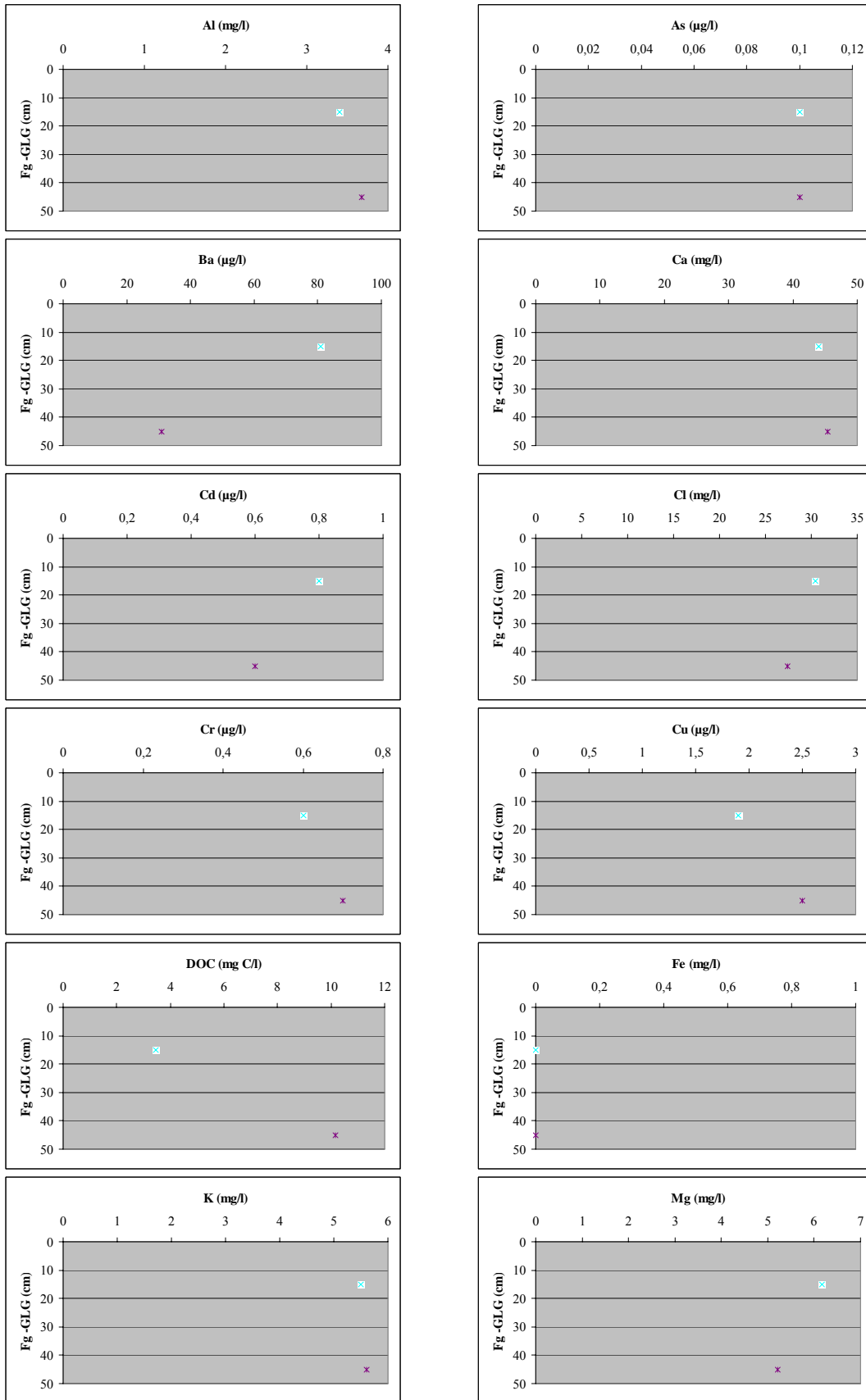
◆ Multi-Channel Well (EC) ■ Direct Well (ED) ▲ Uitschuifbare Punt (EU)
 * Van der Staay-methode (US) x LMM-methode (RL)

Analyseresultaten, Nutter, locatie 2/28F0472, Ronde 1 - vervolg -



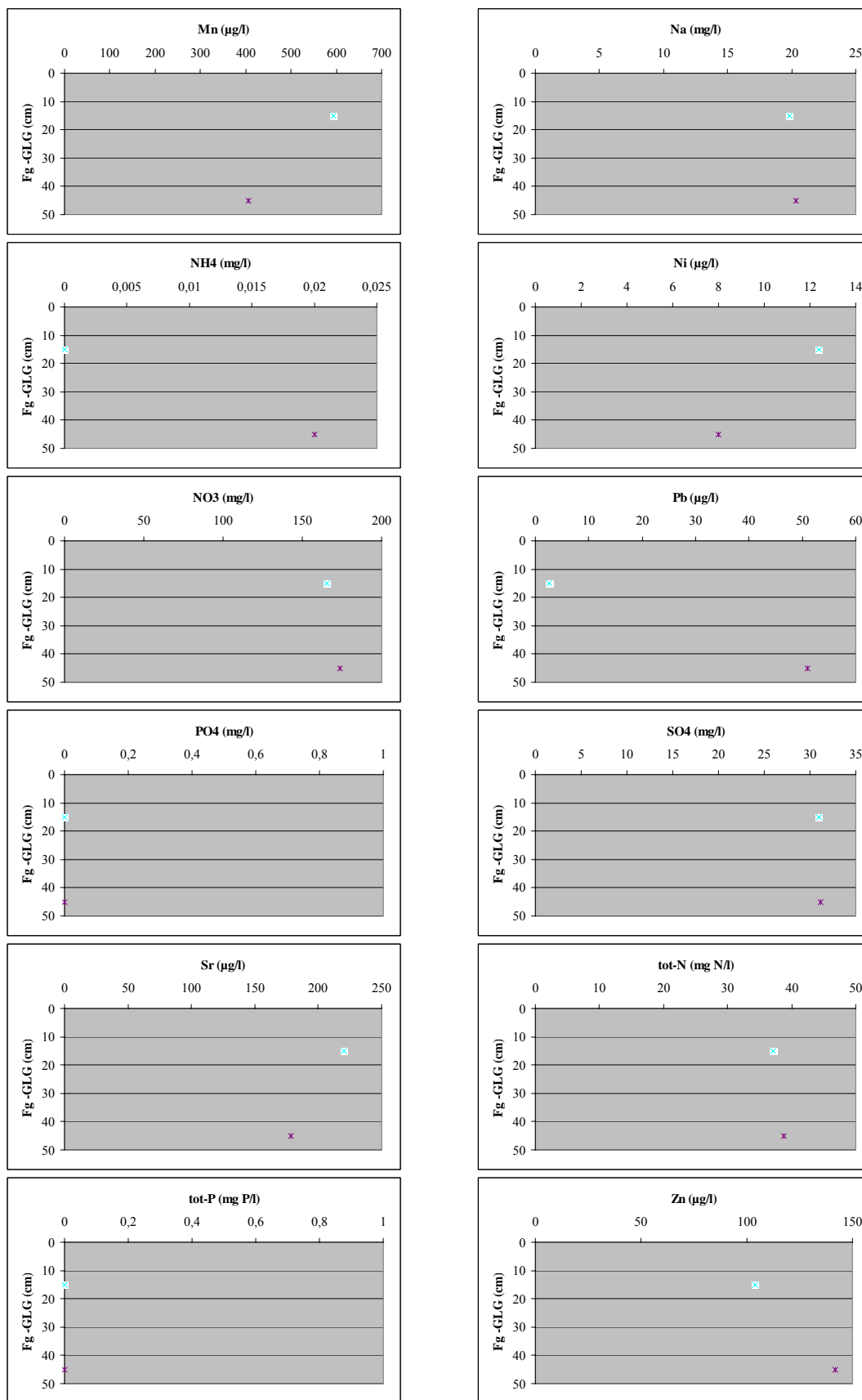
◆ Multi-Channel Well (EC) ■ Direct Well (ED) ▲ Uitschuifbare Punt (EU)
 * Van der Staay-methode (US) x LMM-methode (RL)

Analyseresultaten, Nutter, locatie 3/28F0473, Ronde 1



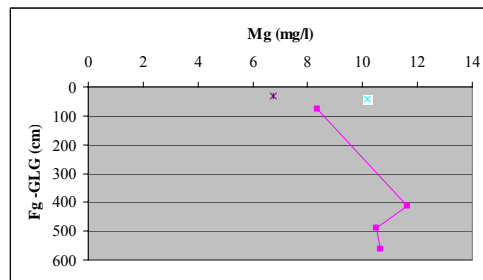
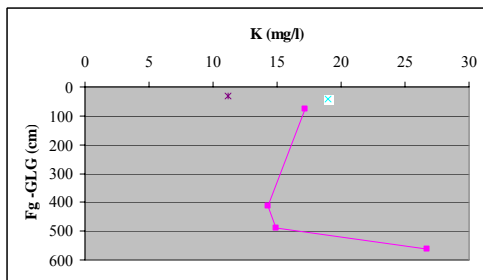
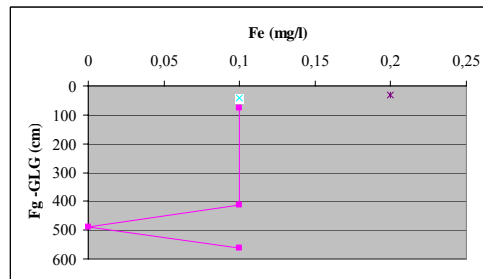
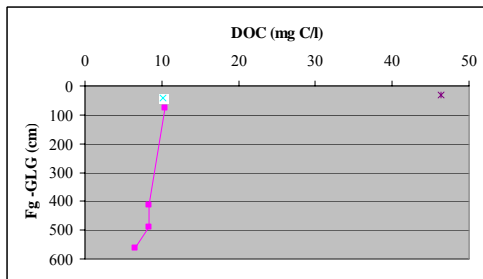
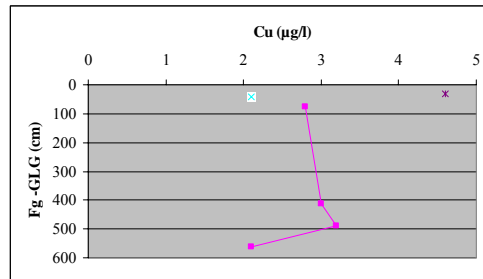
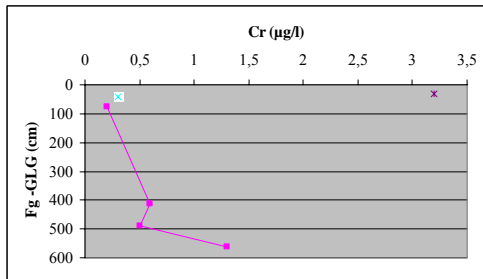
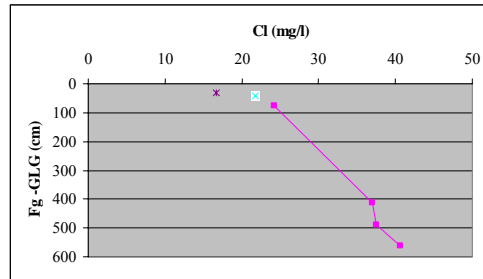
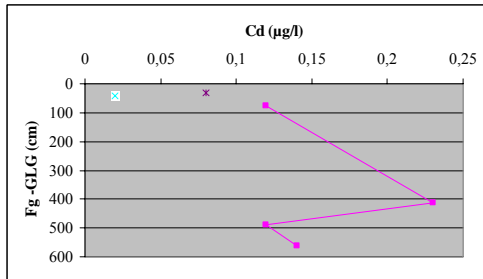
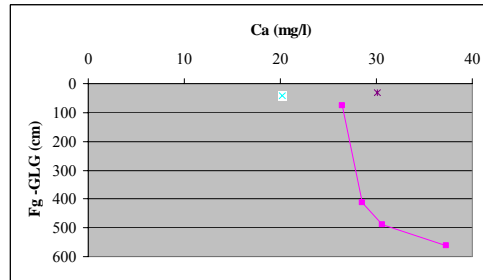
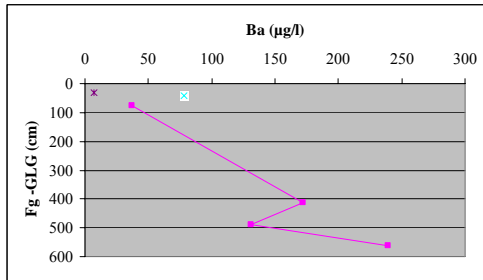
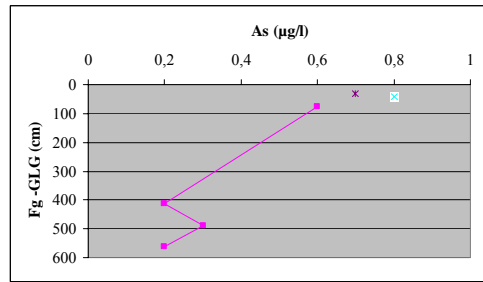
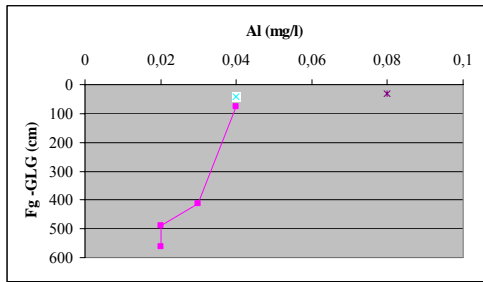
◆ Multi-Channel Well (EC) ■ Direct Well (ED) ▲ Uitschuifbare Punt (EU)
 * Van der Staay-methode (US) x LMM-methode (RL)

Analyseresultaten, Nutter, locatie 3/28F0473, Ronde 1 - vervolg -



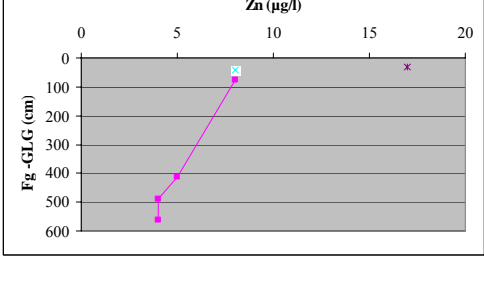
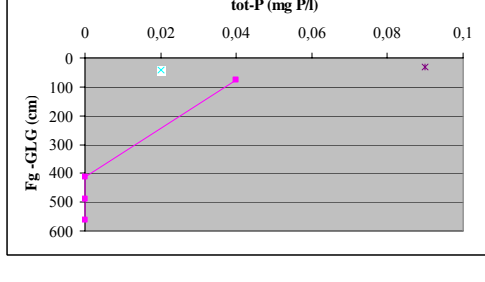
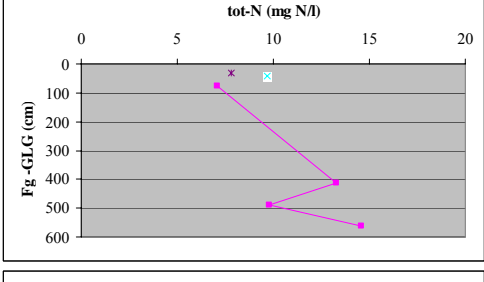
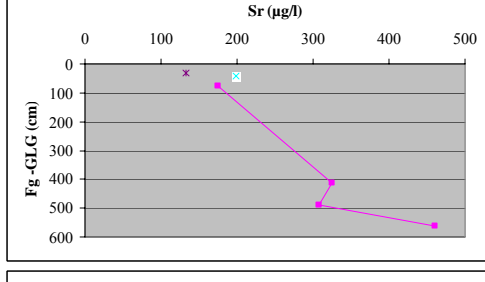
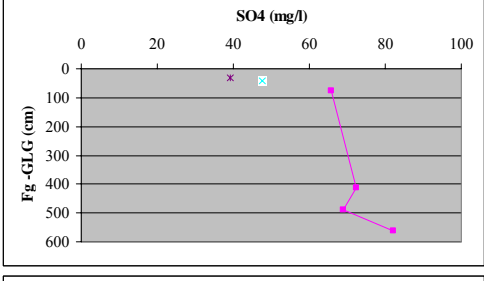
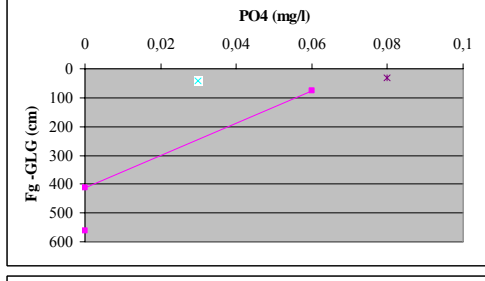
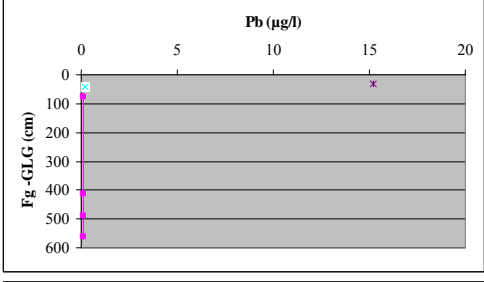
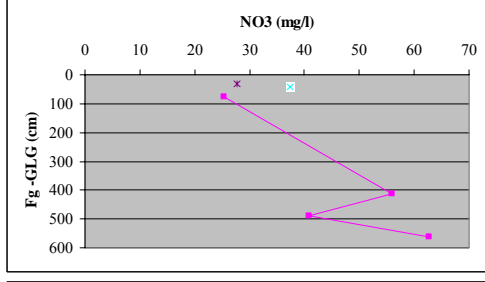
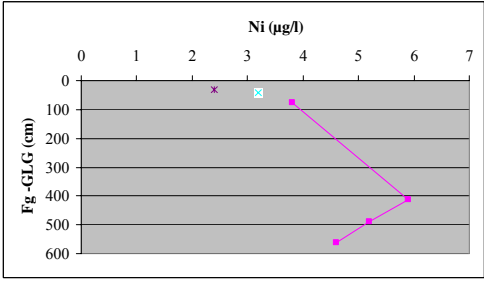
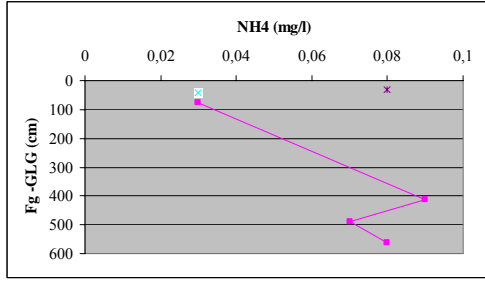
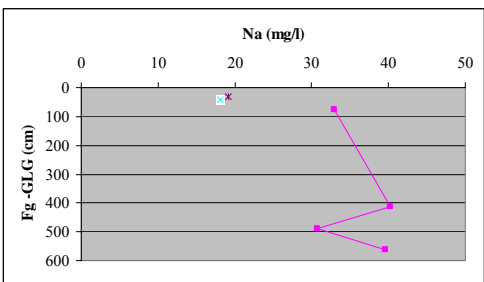
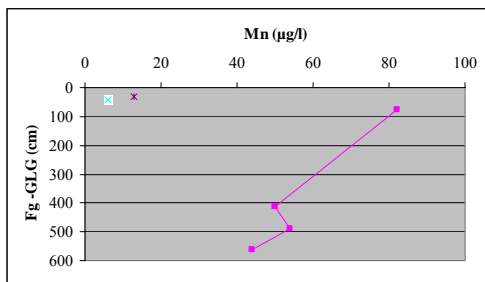
◆ Multi-Channel Well (EC) ■ Direct Well (ED) ▲ Uitschuifbare Punt (EU)
 * Van der Staay-methode (US) ✕ LMM-methode (RL)

Analyseresultaten, Nutter, locatie 4/28F0470, Ronde 1



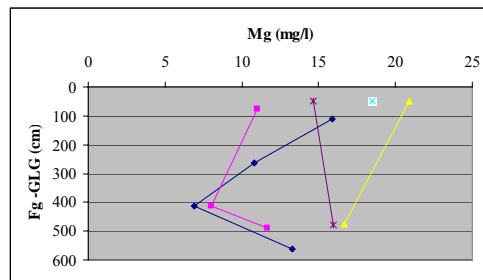
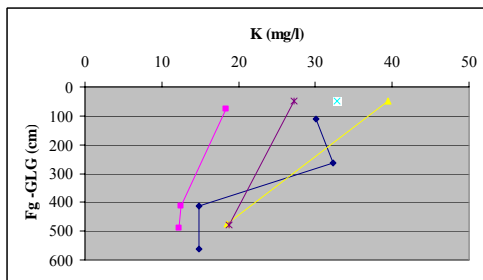
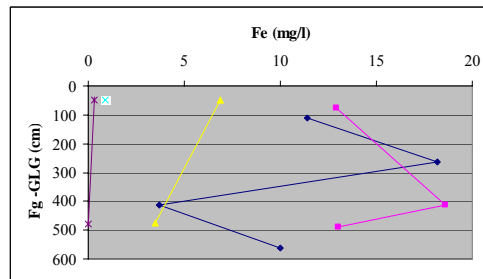
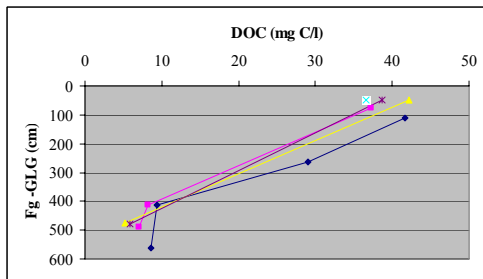
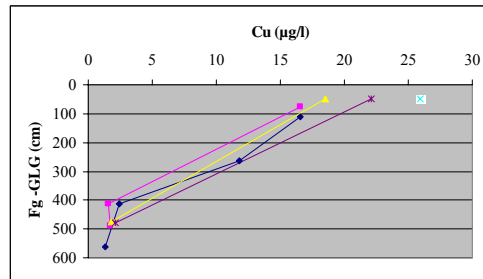
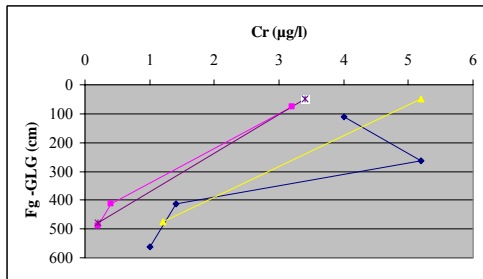
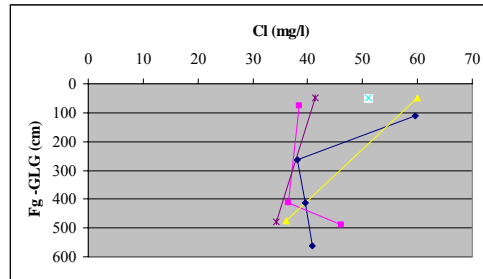
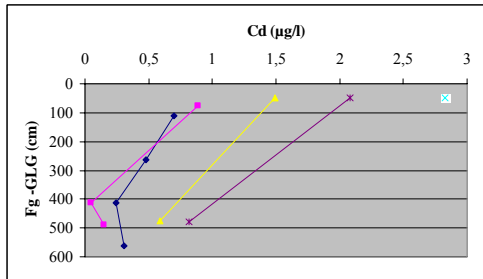
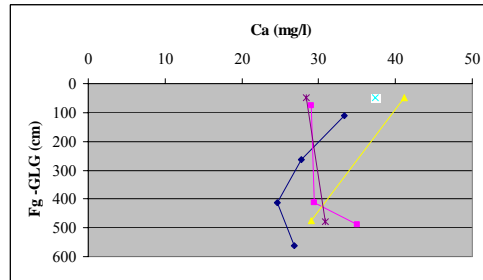
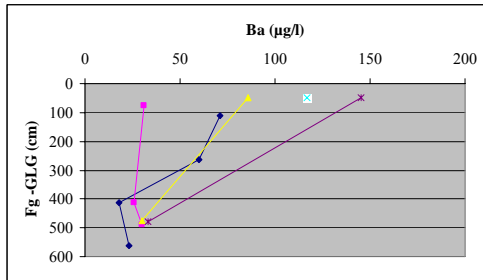
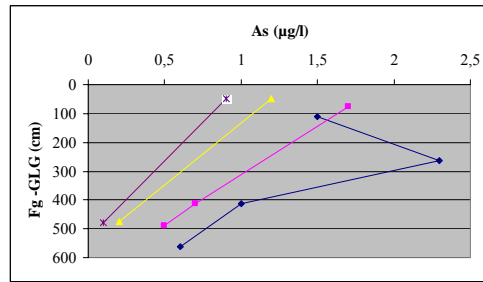
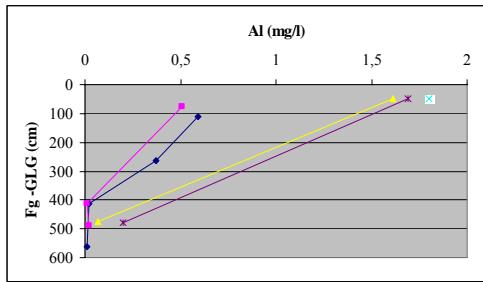
◆ Multi-Channel Well (EC) ■ Direct Well (ED) ▲ Uitschuifbare Punt (EU)
 * Van der Staay-methode (US) x LMM-methode (RL)

Analyseresultaten, Nutter, locatie 4/28F0470, Ronde 1 - vervolg -



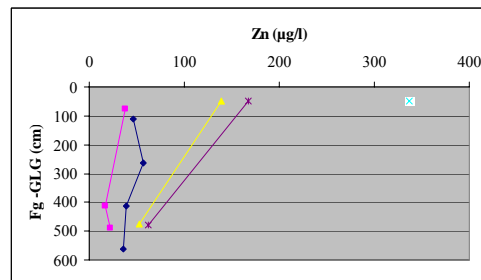
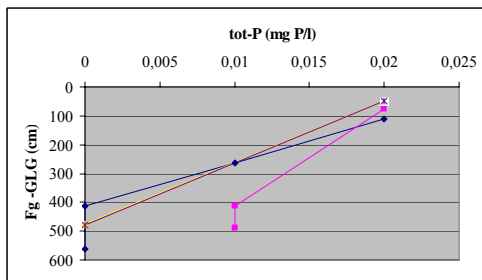
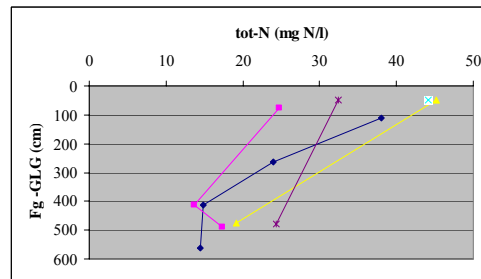
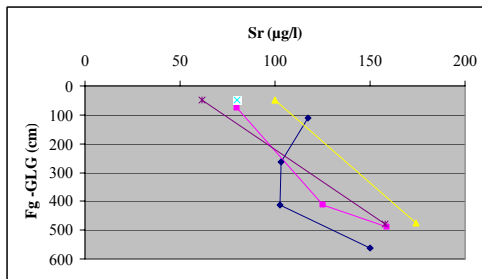
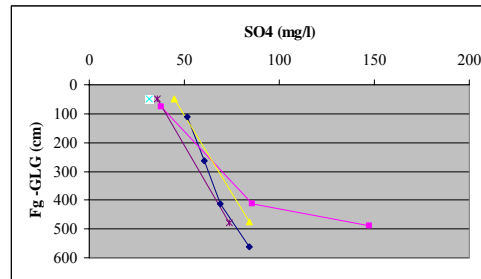
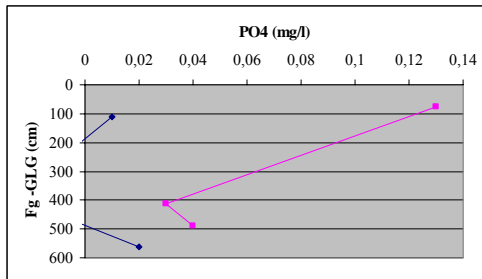
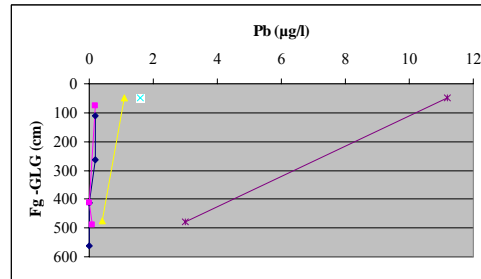
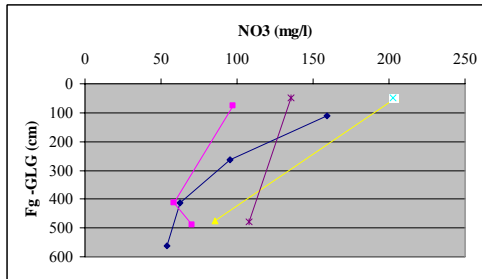
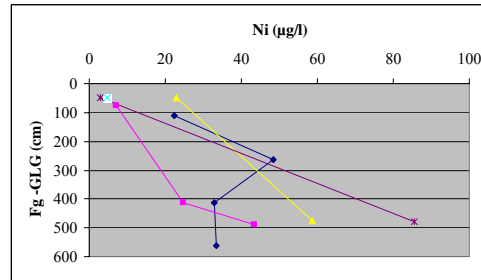
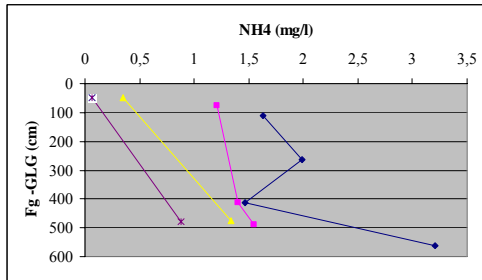
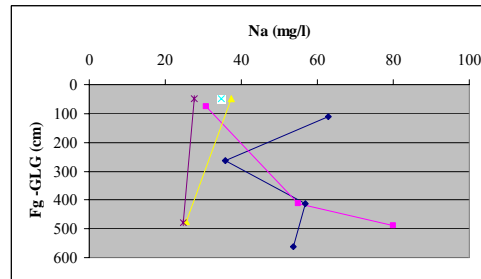
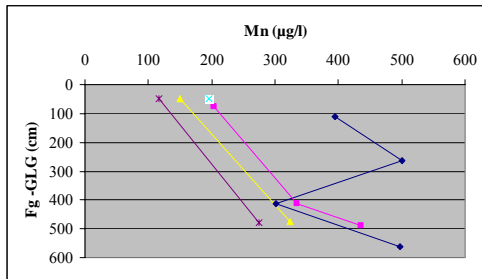
◆ Multi-Channel Well (EC) ■ Direct Well (ED) ▲ Uitschuifbare Punt (EU)
 * Van der Staay-methode (US) ✕ LMM-methode (RL)

Analyseresultaten, Maarheeze, locatie 1/57E0336, Ronde 1



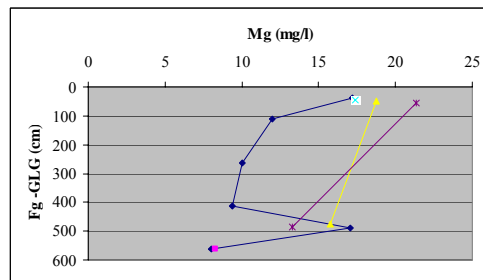
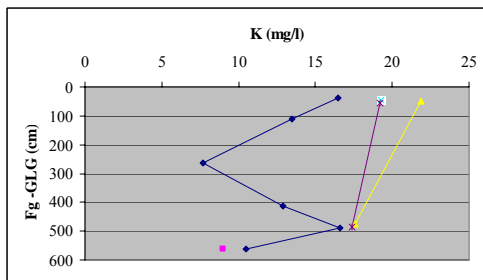
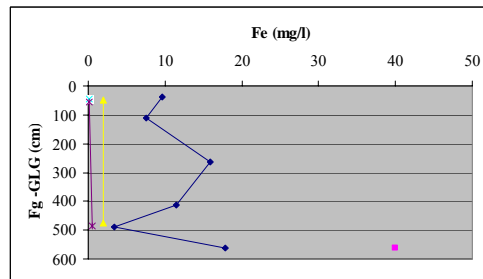
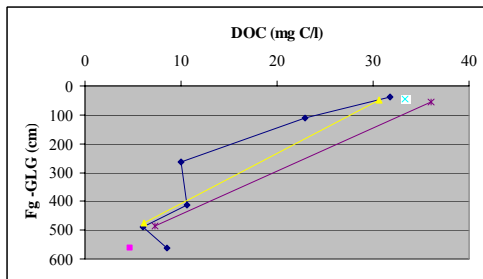
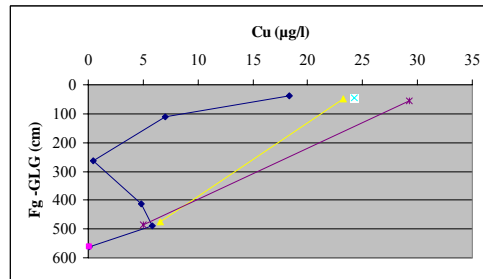
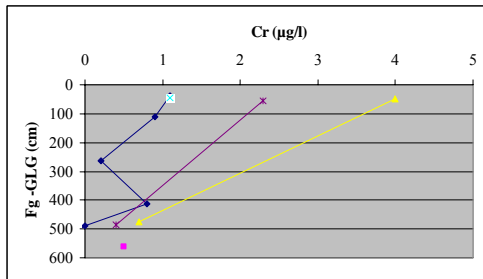
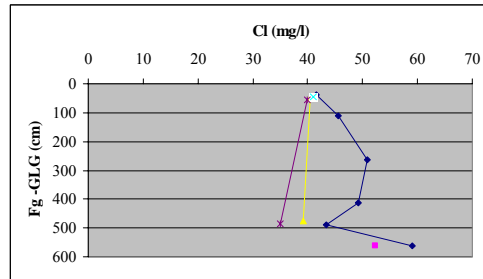
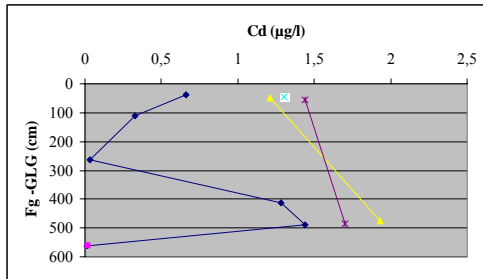
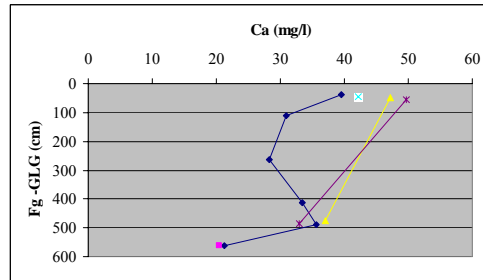
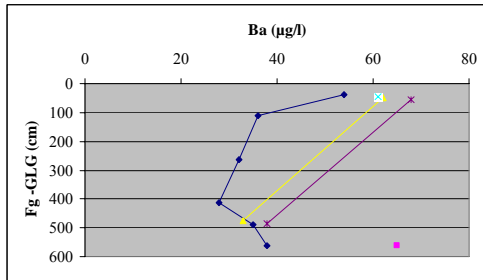
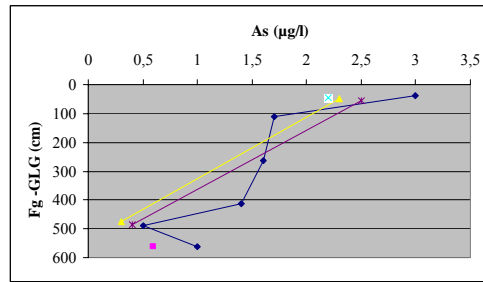
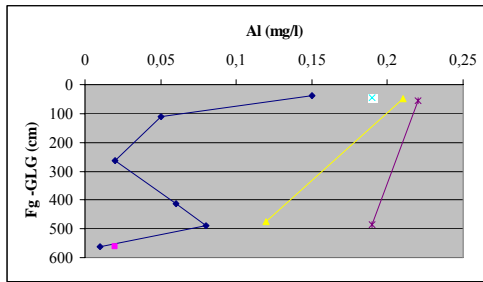
◆ Multi-Channel Well (EC) ■ Direct Well (ED) ▲ Uitschuifbare Punt (EU)
 * Van der Staay-methode (US) ✕ LMM-methode (RL)

Analyseresultaten, Maarheeze, locatie 1/57E0336, Ronde 1 - vervolg -



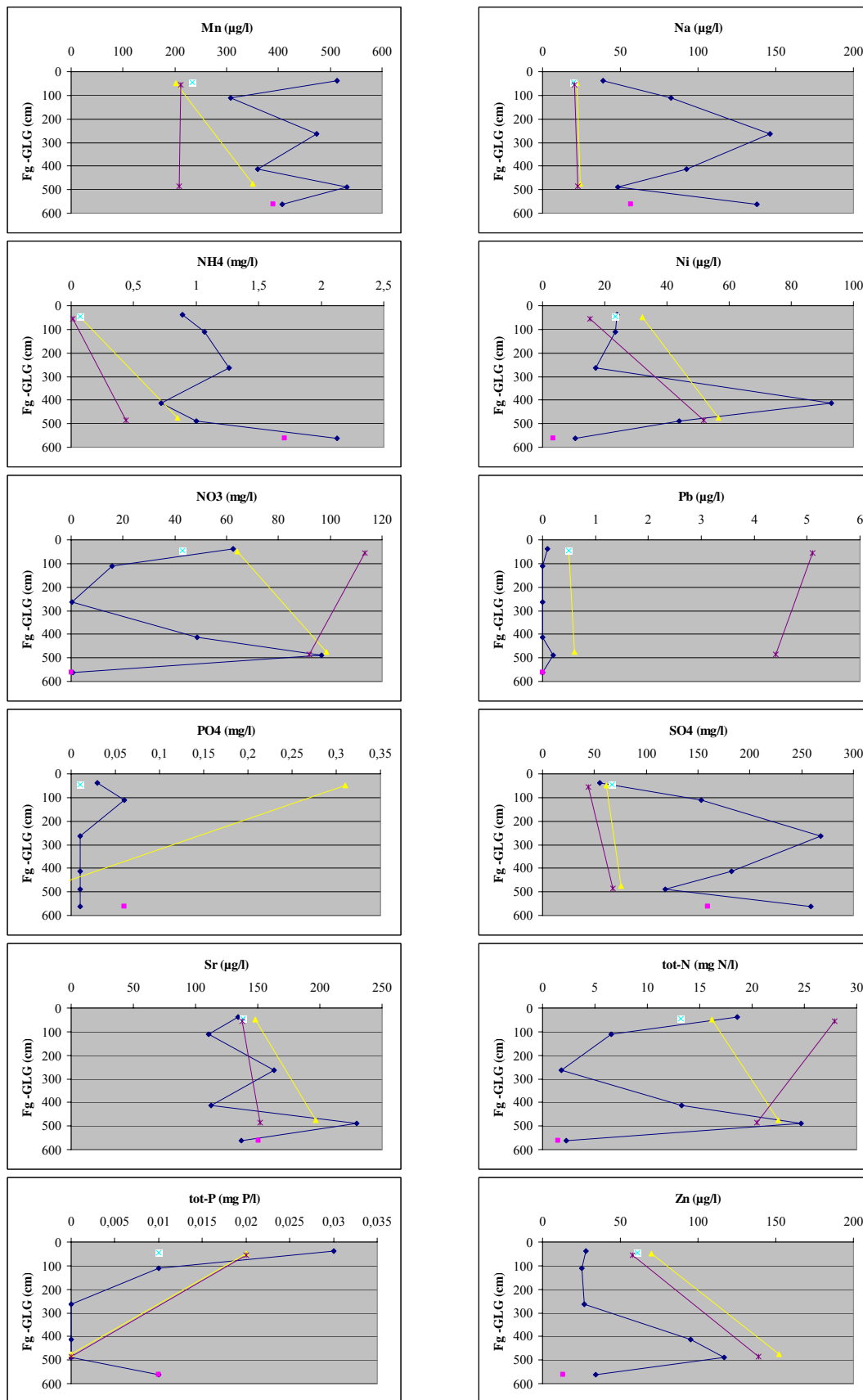
- ◆ Multi-Channel Well (EC) ■ Direct Well (ED) ▲ Uitschuifbare Punt (EU)
- * Van der Staay-methode (US) ✕ LMM-methode (RL)

Analyseresultaten, Maarheeze, locatie 2/57E0337, Ronde 1



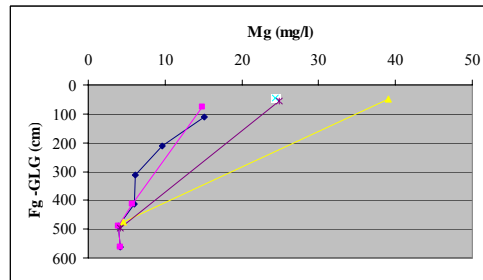
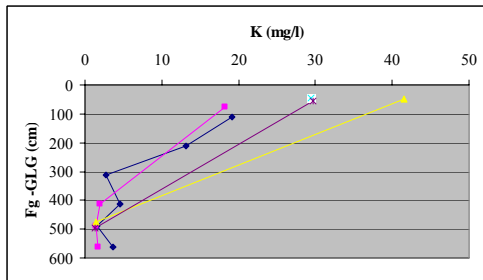
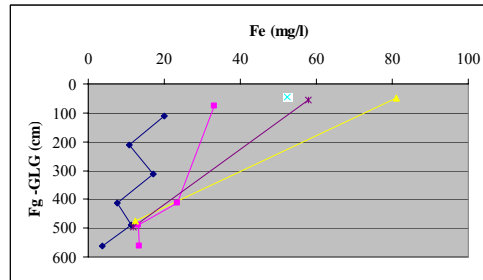
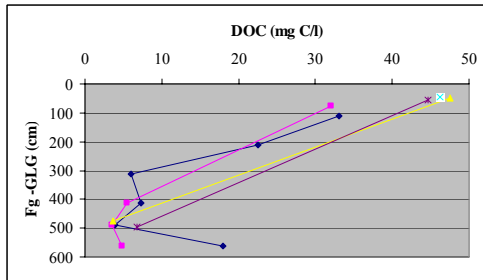
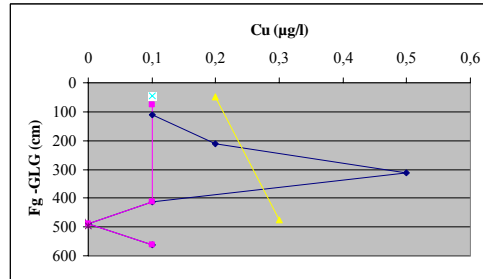
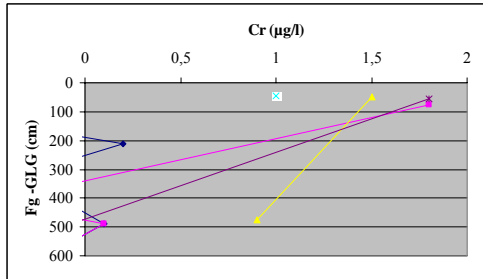
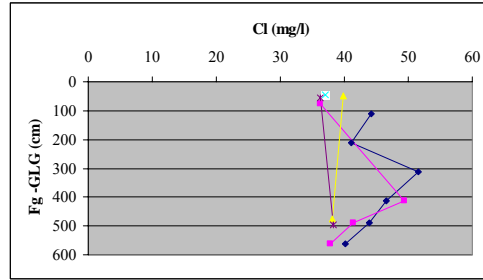
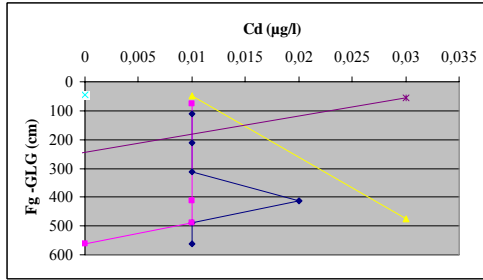
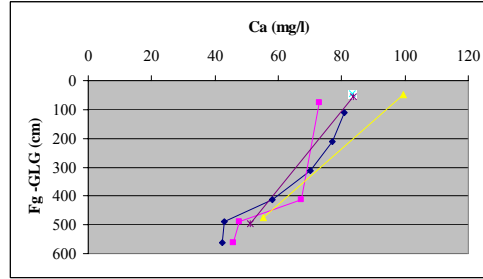
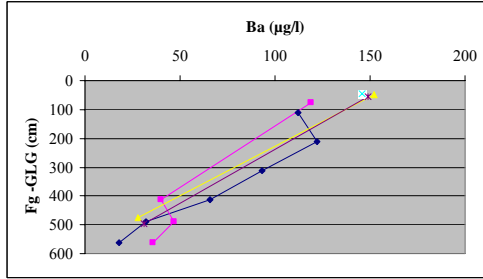
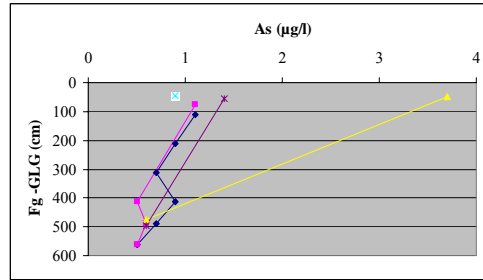
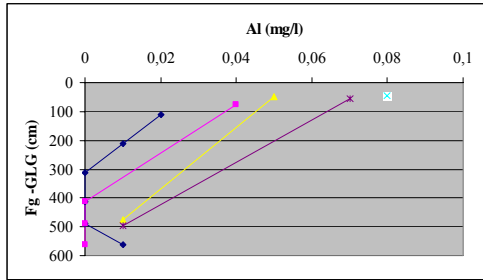
◆ Multi-Channel Well (EC) ■ Direct Well (ED) ▲ Uitschuifbare Punt (EU)
 * Van der Staay-methode (US) ✕ LMM-methode (RL)

Analyseresultaten, Maarheeze, locatie 2/57E0337, Ronde 1 - vervolg -



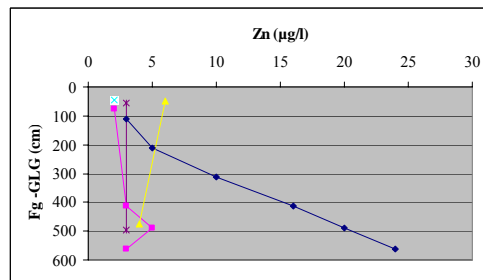
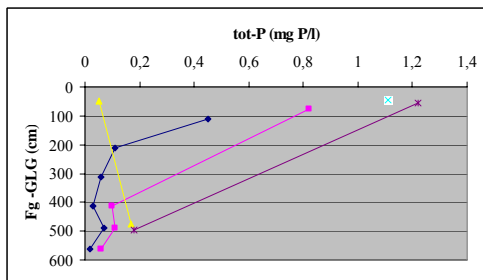
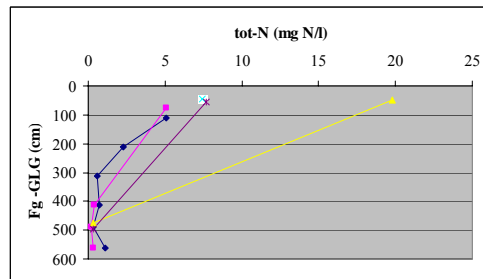
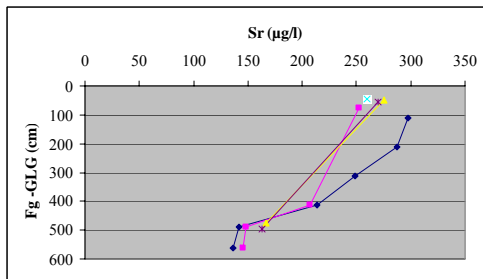
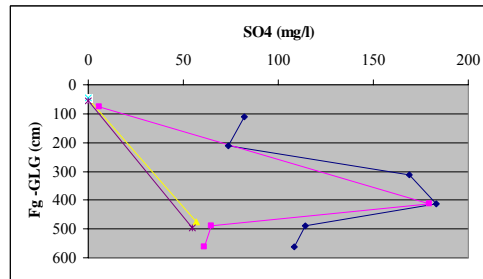
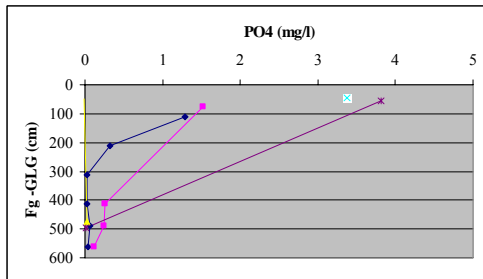
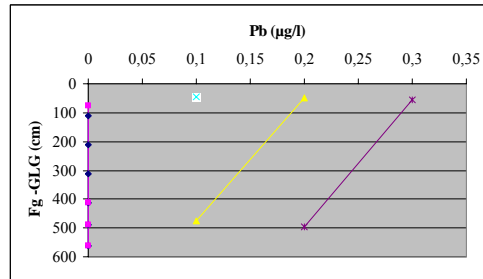
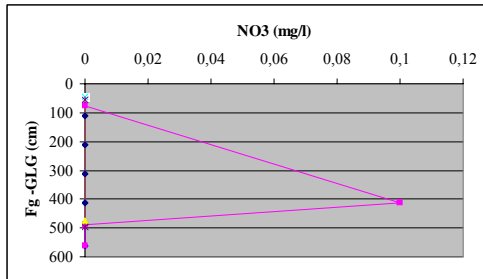
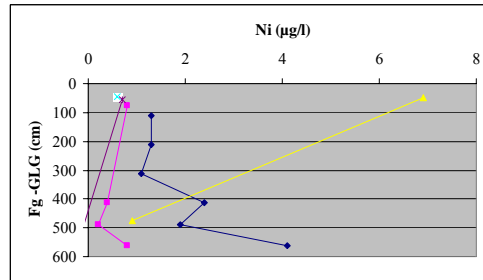
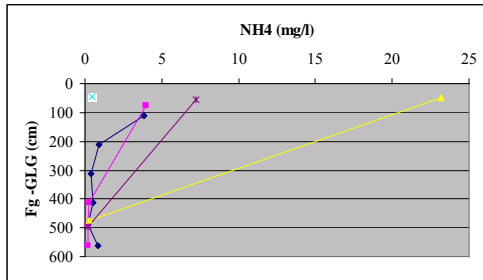
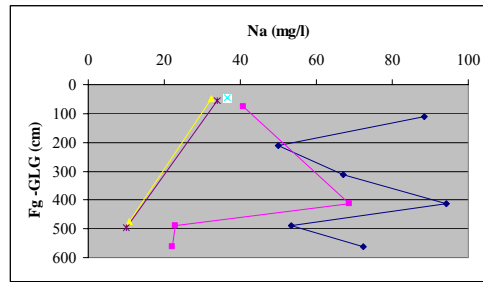
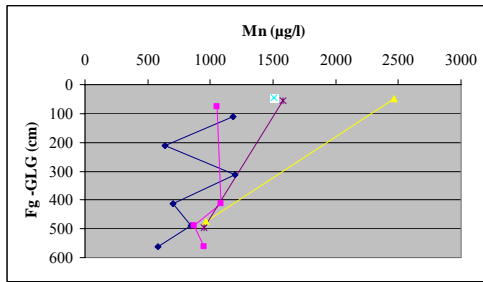
- ◆ Multi-Channel Well (EC) ■ Direct Well (ED) ▲ Uitschuifbare Punt (EU)
- * Van der Staay-methode (US) ✕ LMM-methode (RL)

Analyseresultaten, Maarheeze, locatie 3/57E0338, Ronde 1



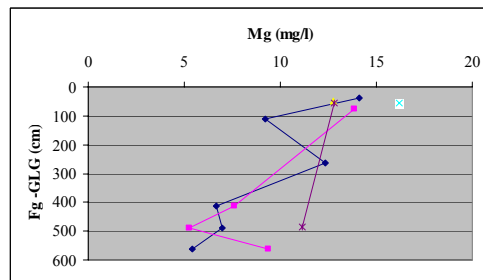
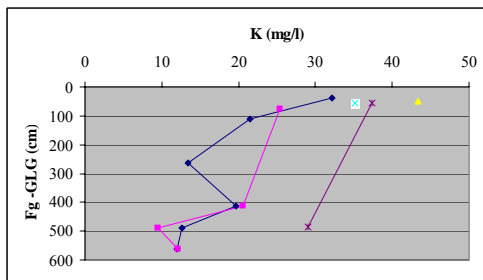
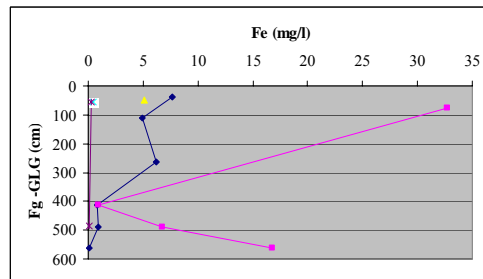
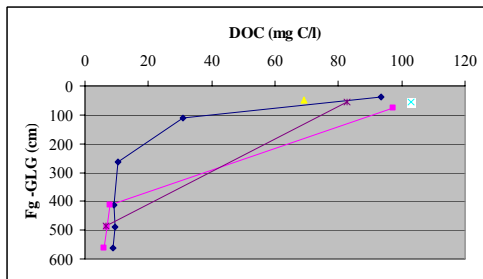
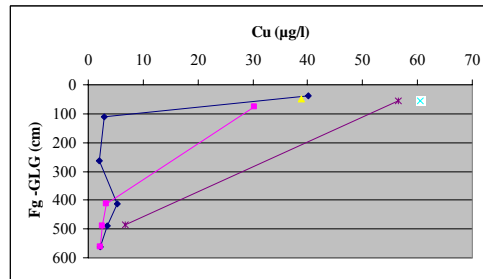
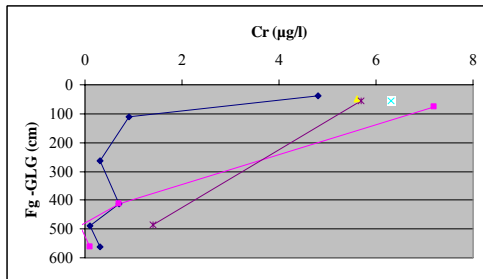
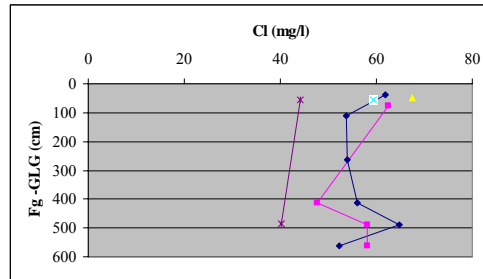
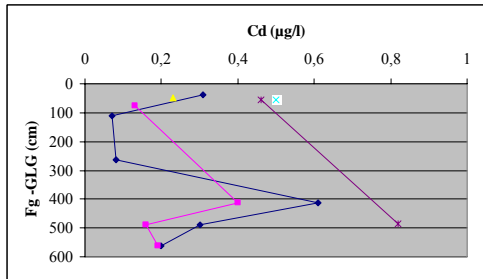
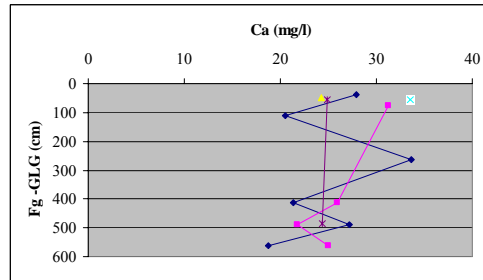
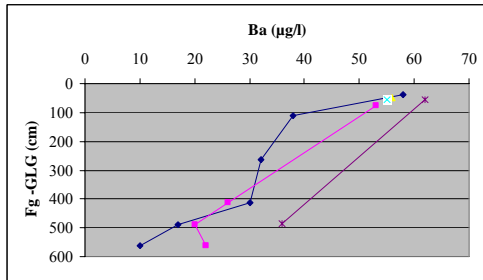
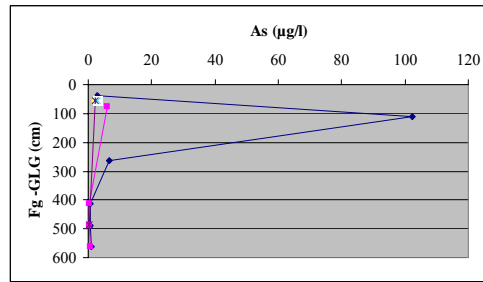
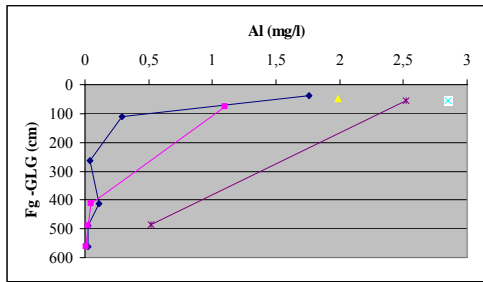
◆ Multi-Channel Well (EC) ◆ Direct Well (ED) ▲ Uitschuifbare Punt (EU)
 * Van der Staay-methode (US) ✕ LMM-methode (RL)

Analyseresultaten, Maarheeze, locatie 3/57E0338, Ronde 1 - vervolg -



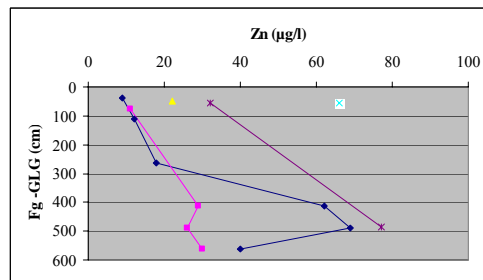
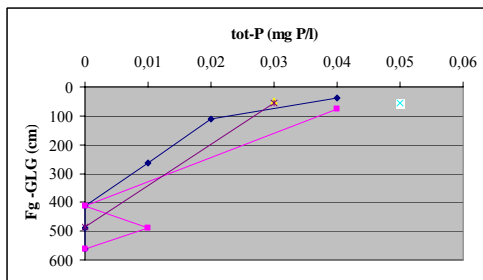
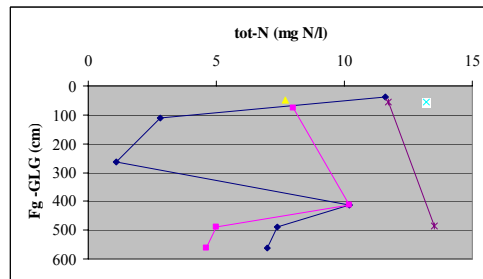
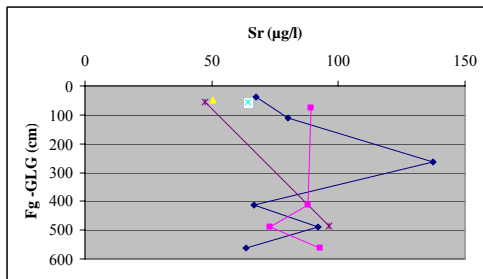
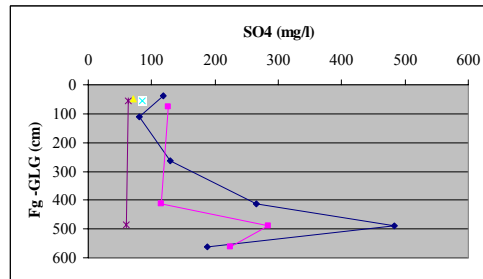
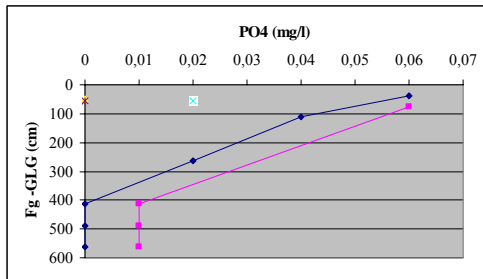
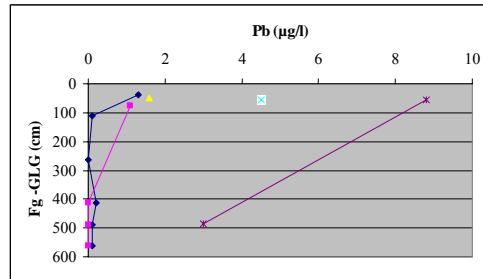
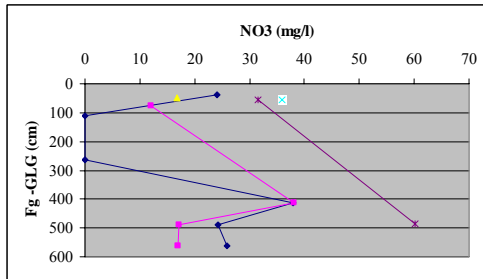
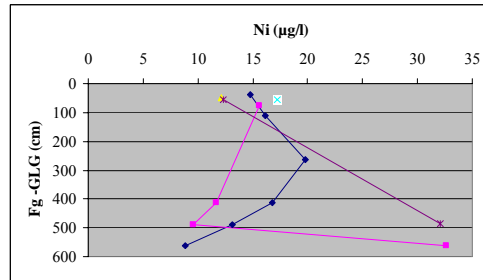
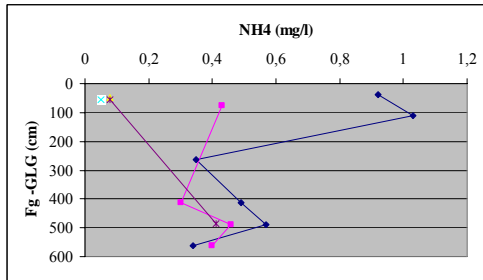
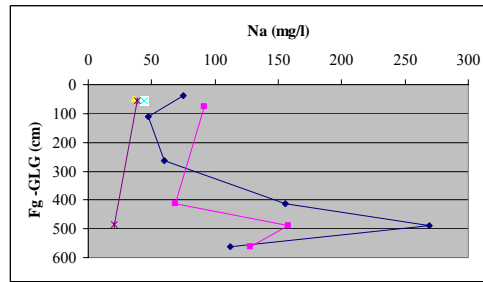
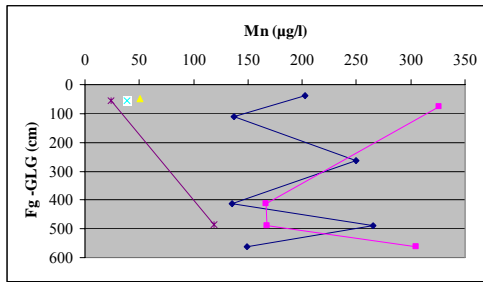
- ◆ Multi-Channel Well (EC) ◆ Direct Well (ED) ▲ Uitschuifbare Punt (EU)
- * Van der Staay-methode (US) ✕ LMM-methode (RL)

Analyseresultaten, Maarheeze, locatie 4/57E0335, Ronde 1



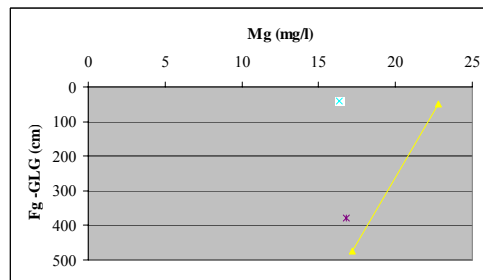
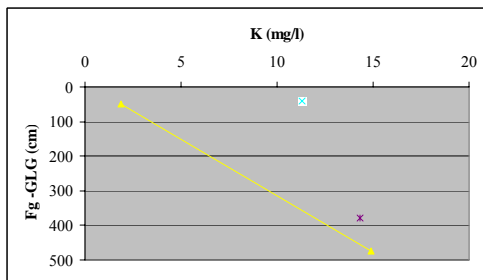
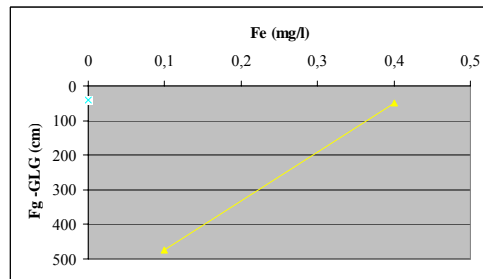
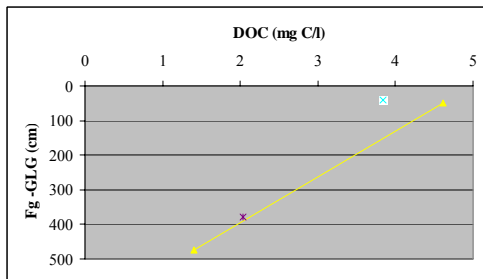
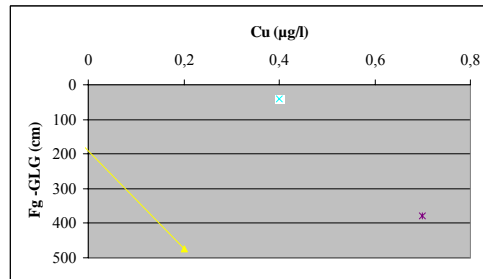
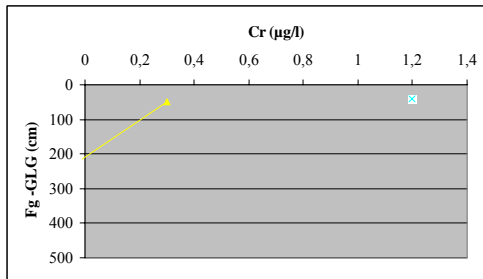
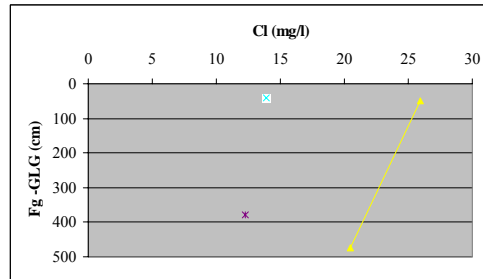
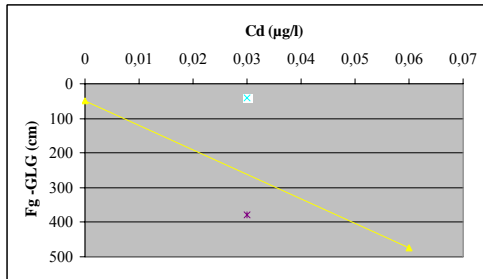
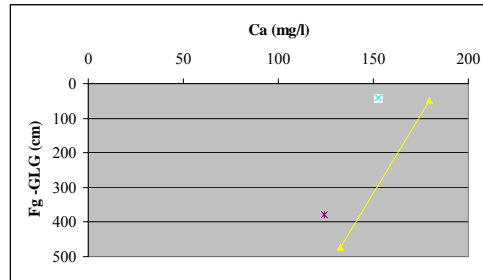
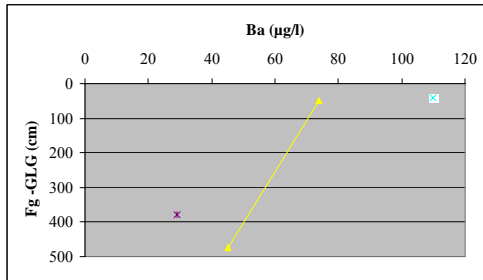
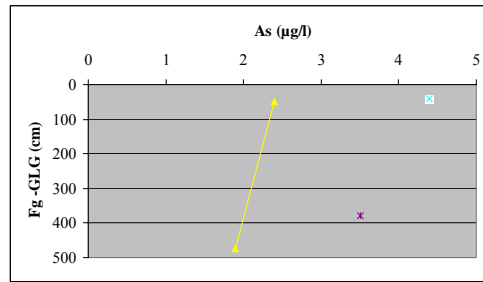
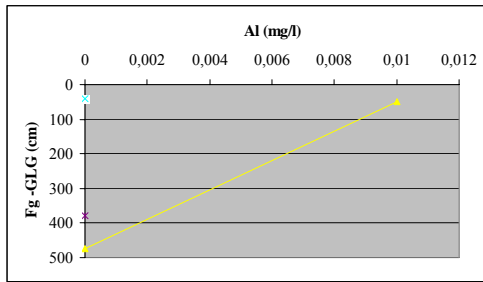
- ◆ Multi-Channel Well (EC) ■ Direct Well (ED) ▲ Uitschuifbare Punt (EU)
- * Van der Staay-methode (US) ✕ LMM-methode (RL)

Analyseresultaten, Maarheeze, locatie 4/57E0335, Ronde 1 - vervolg -



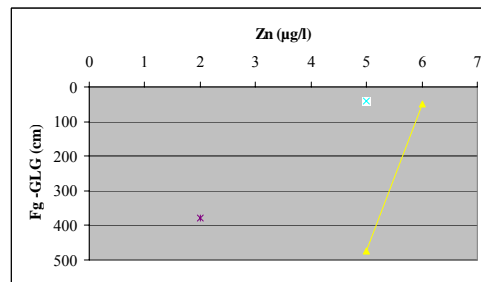
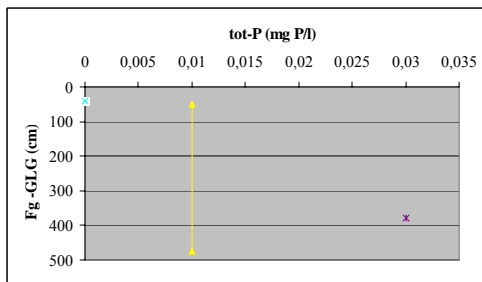
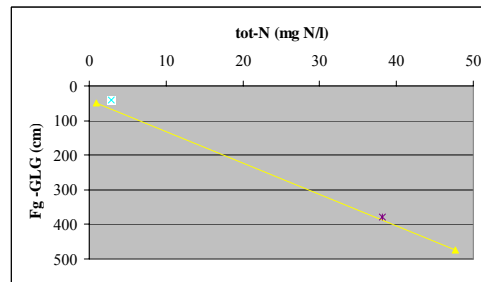
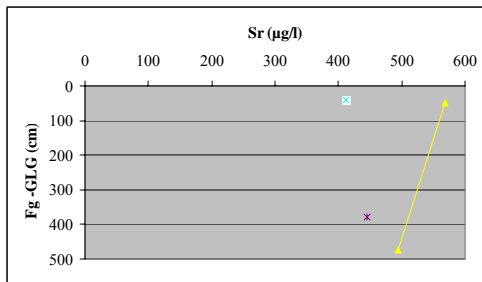
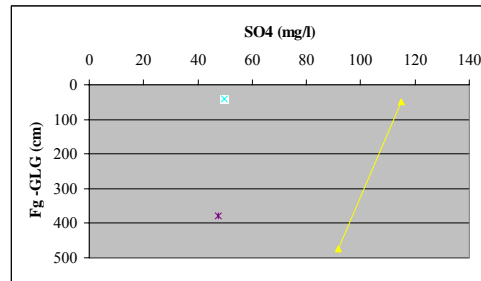
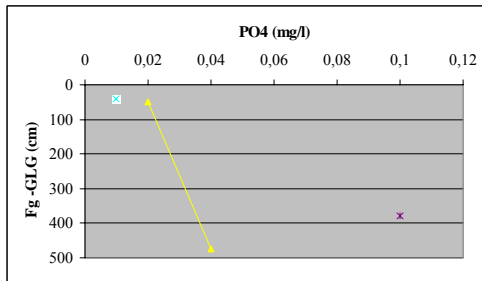
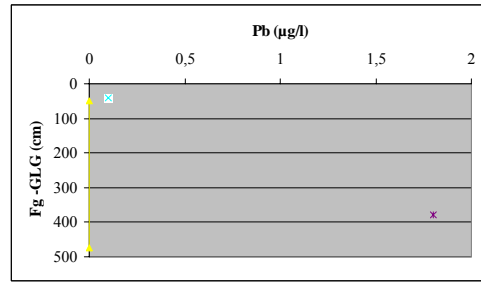
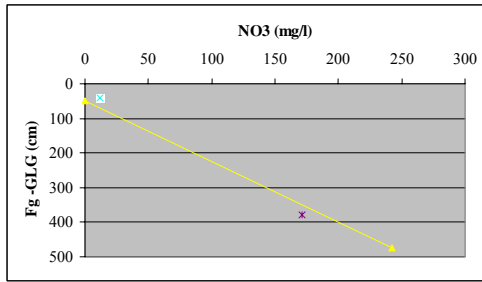
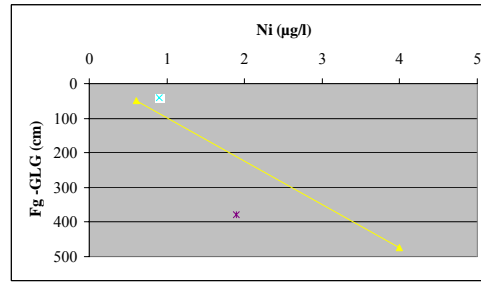
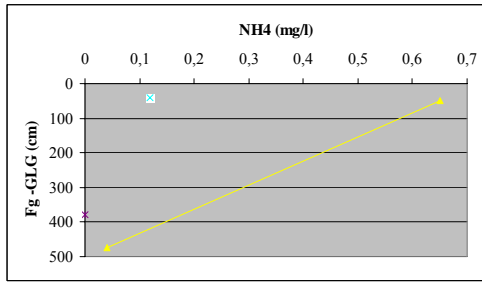
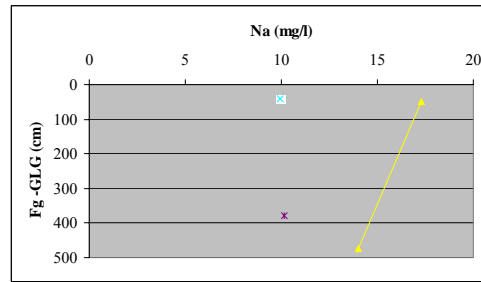
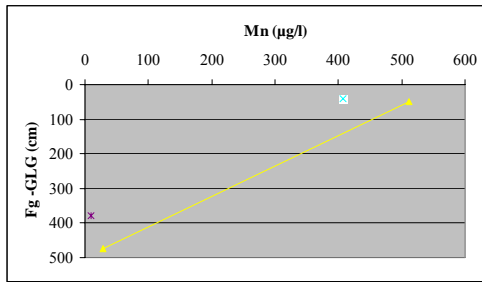
- ◆ Multi-Channel Well (EC) ■ Direct Well (ED) ▲ Uitschuifbare Punt (EU)
- * Van der Staay-methode (US) x LMM-methode (RL)

Analyseresultaten, Spankeren, locatie 1/33G0415, Ronde 1



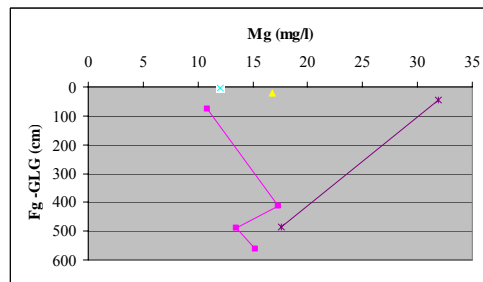
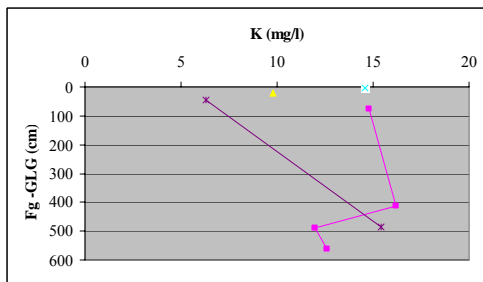
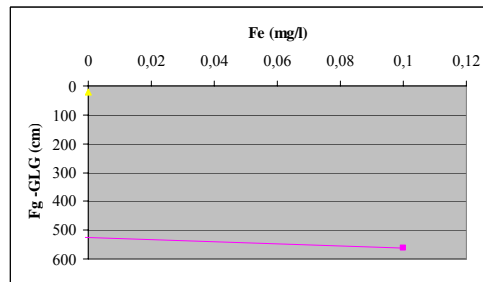
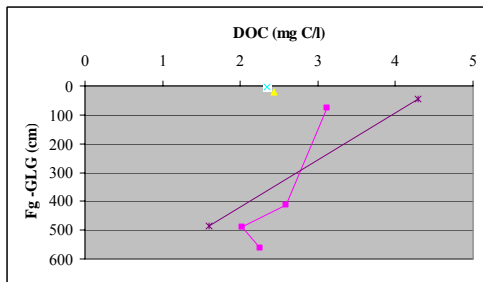
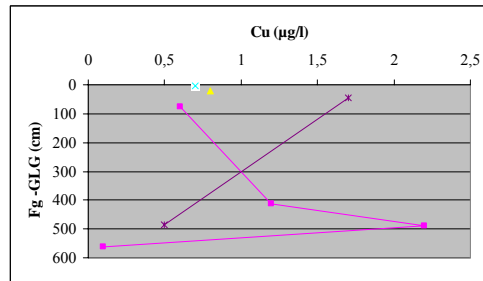
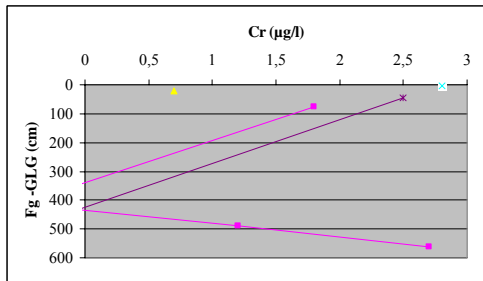
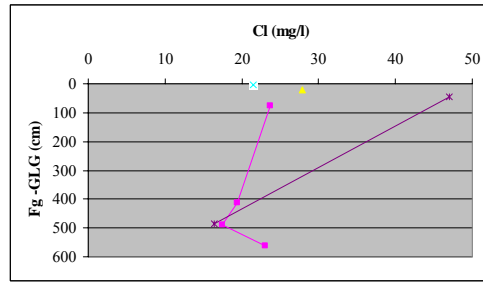
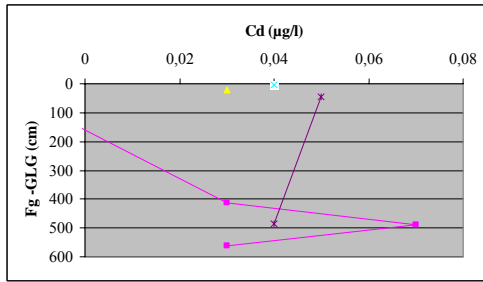
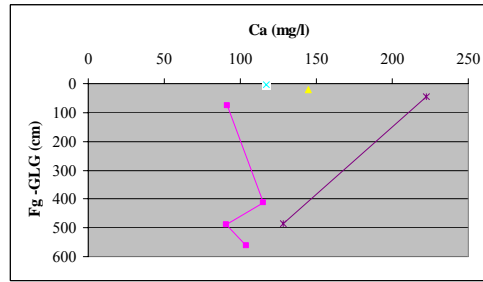
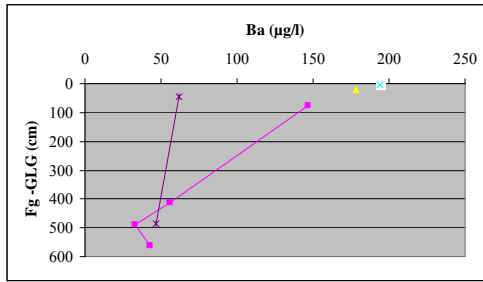
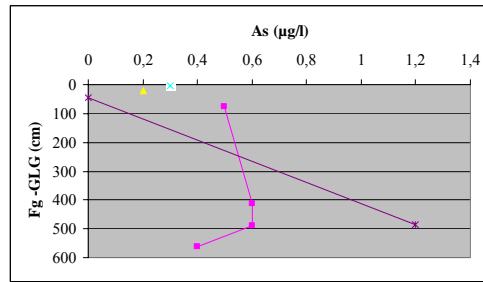
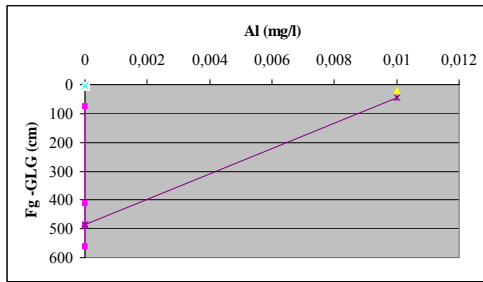
◆ Multi-Channel Well (EC) ■ Direct Well (ED) ▲ Uitschuifbare Punt (EU)
 * Van der Staay-methode (US) ✕ LMM-methode (RL)

Analyseresultaten, Spankeren, locatie 1/33G0415, Ronde 1 - vervolg -



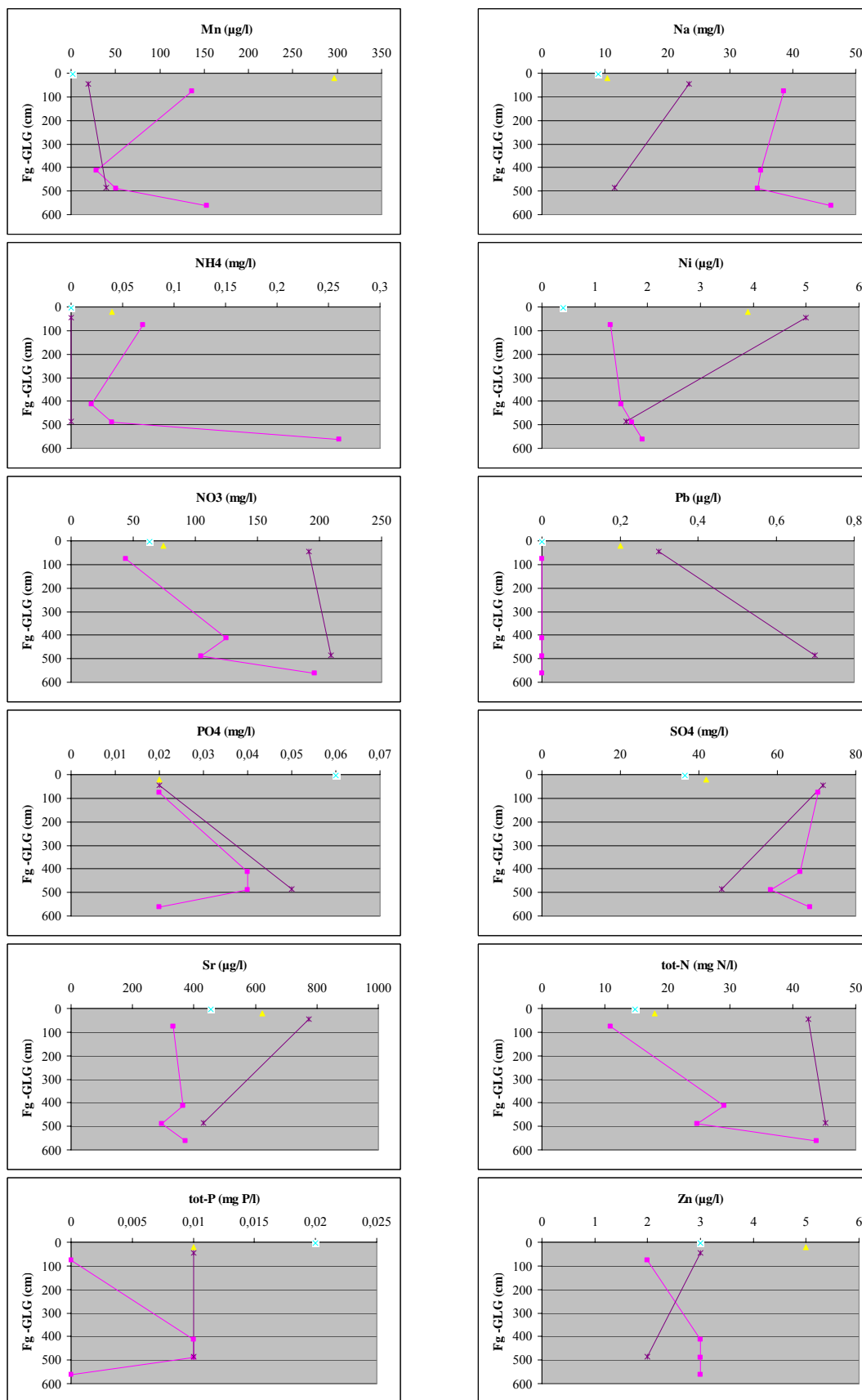
◆ Multi-Channel Well (EC) ■ Direct Well (ED) ▲ Uitschuifbare Punt (EU)
 * Van der Staay-methode (US) ✕ LMM-methode (RL)

Analyseresultaten, Spankeren, locatie 2/33G0412, Ronde 1



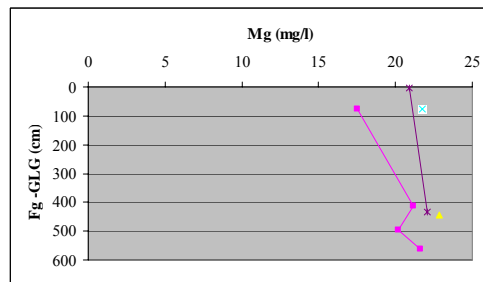
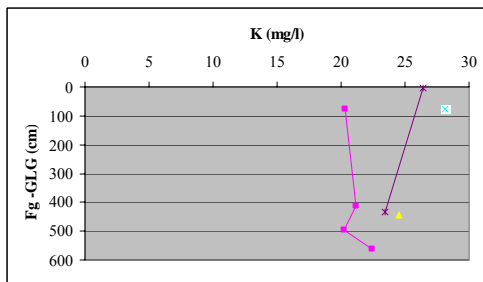
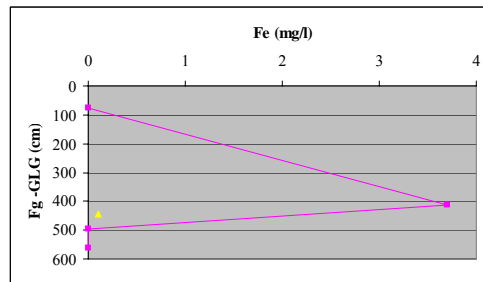
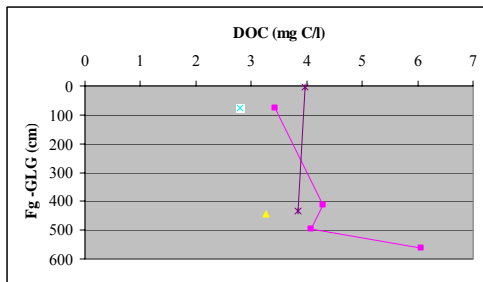
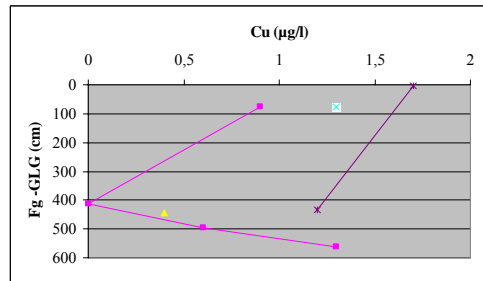
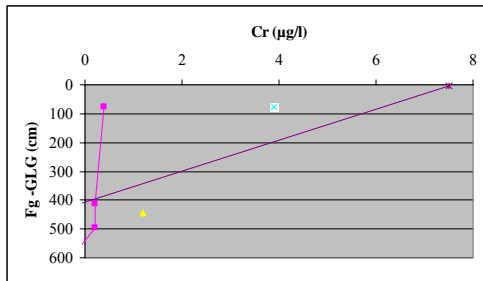
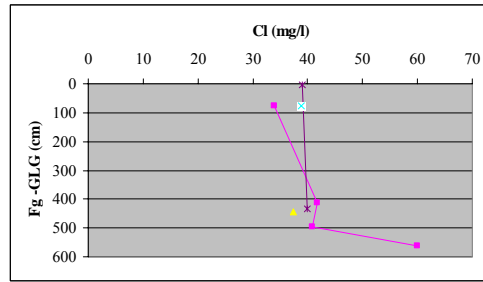
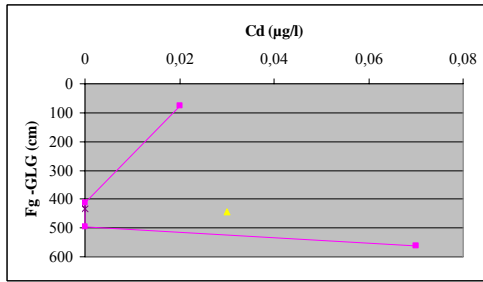
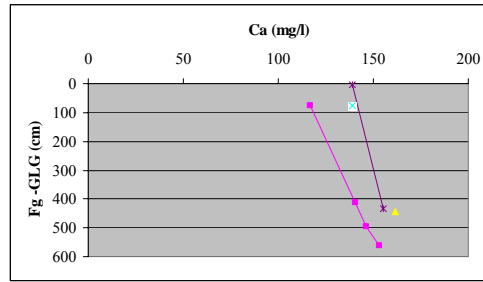
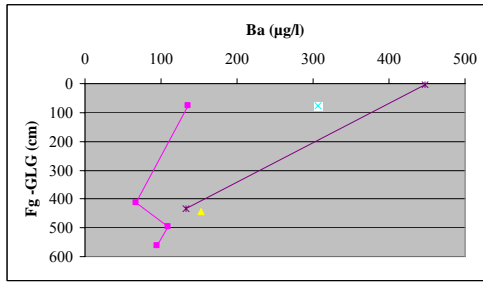
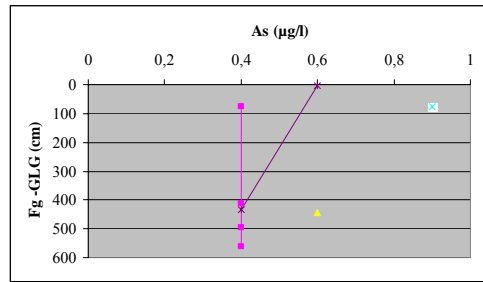
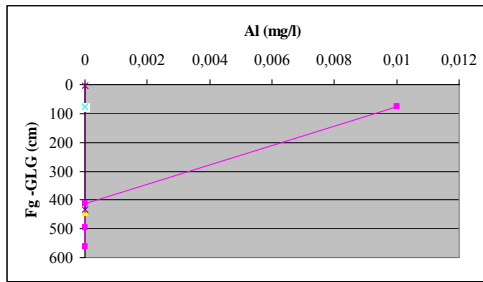
- ◆ Multi-Channel Well (EC) ■ Direct Well (ED) ▲ Uitschuifbare Punt (EU)
- * Van der Staay-methode (US) x LMM-methode (RL)

Analyseresultaten, Spankeren, locatie 2/33G0412, Ronde 1 -vervolg-



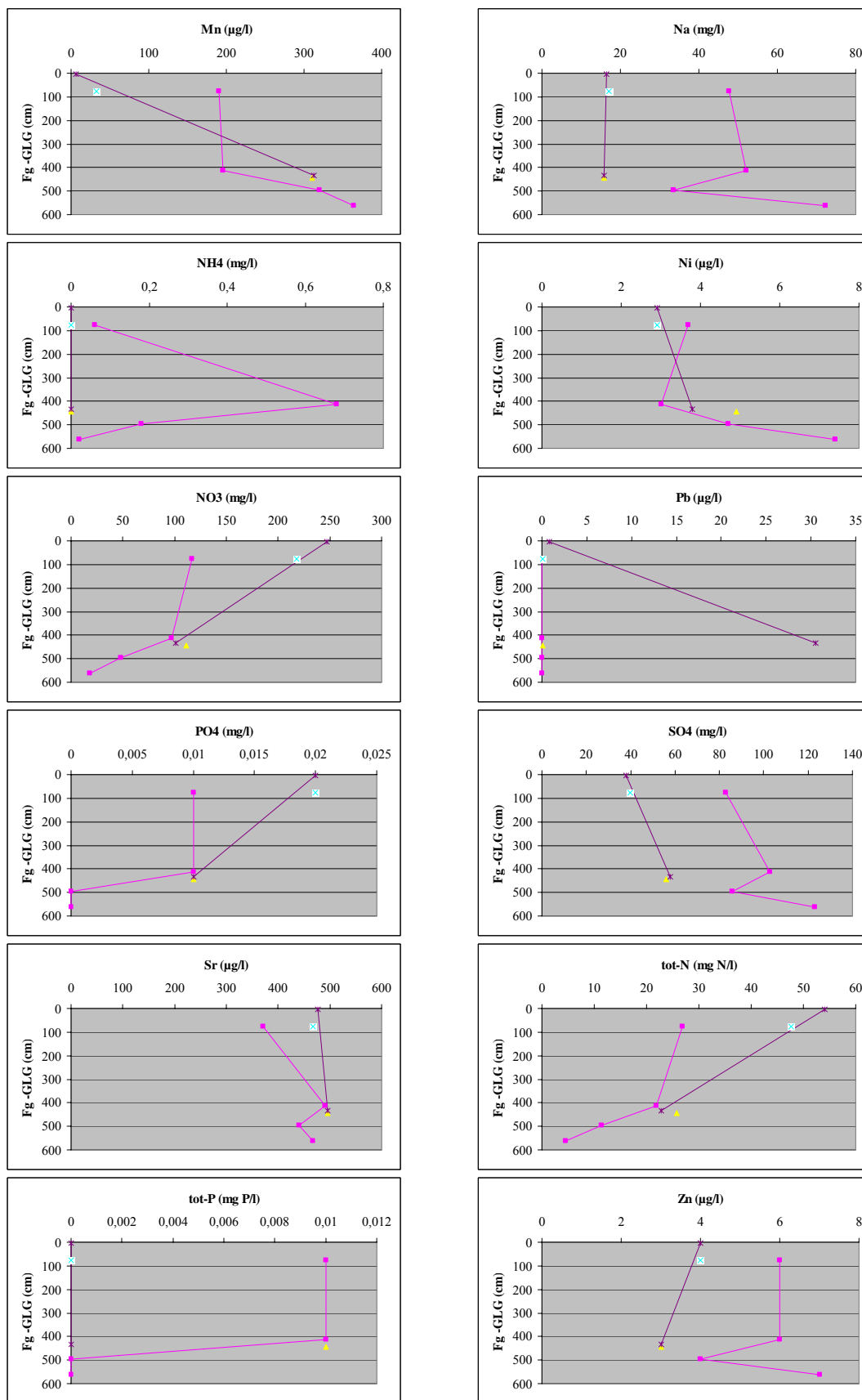
◆ Multi-Channel Well (EC) ■ Direct Well (ED) ▲ Uitschuifbare Punt (EU)
 * Van der Staay-methode (US) × LMM-methode (RL)

Analyseresultaten, Spankeren, locatie 3/33G0413, Ronde 1



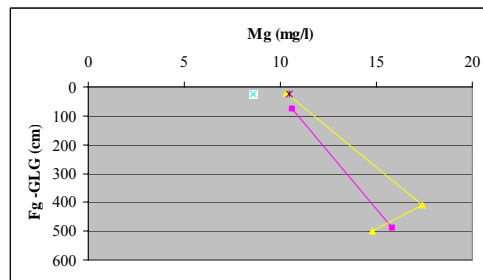
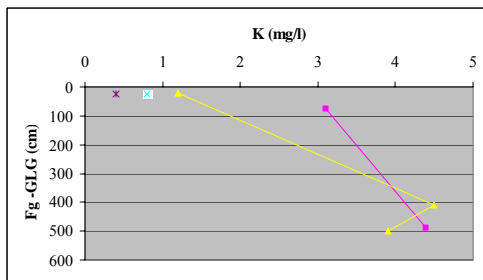
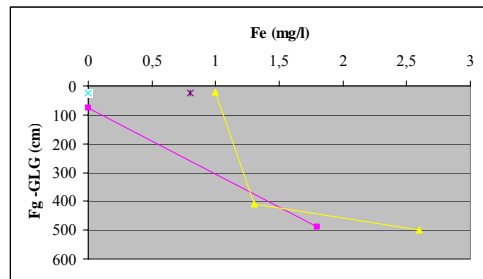
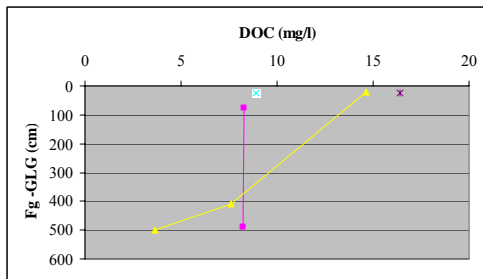
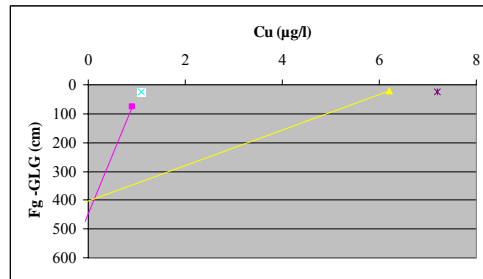
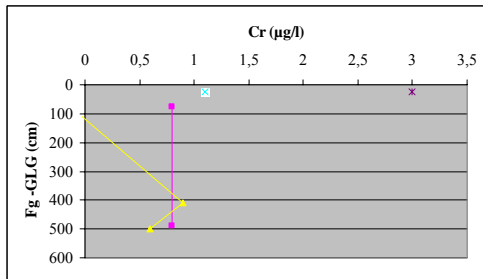
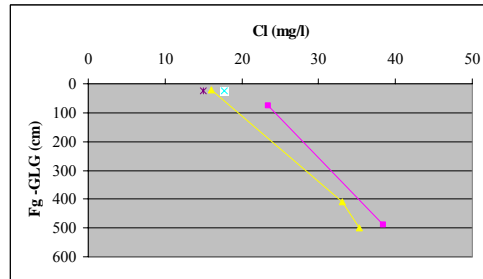
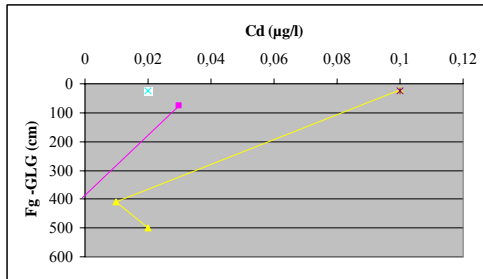
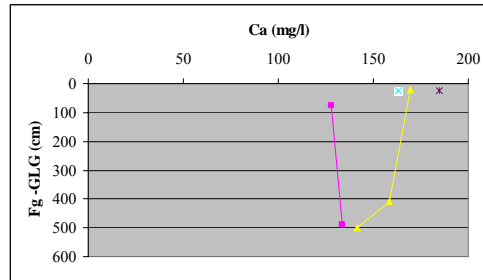
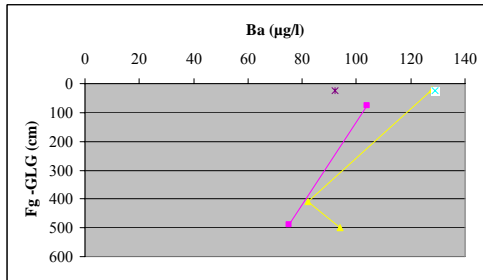
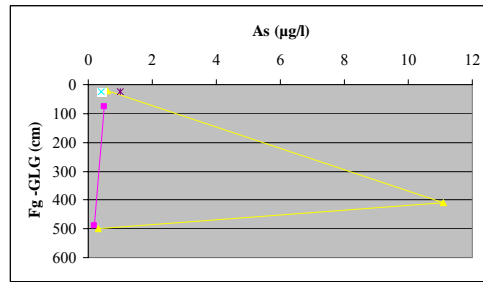
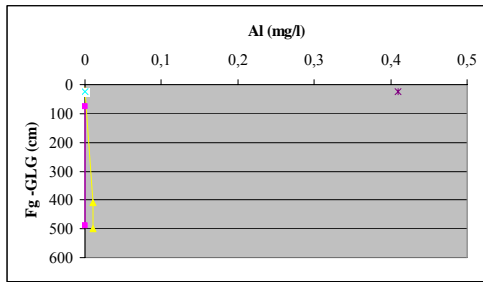
◆ Multi-Channel Well (EC) ■ Direct Well (ED) ▲ Uitschuifbare Punt (EU)
 * Van der Staay-methode (US) ✕ LMM-methode (RL)

Analyseresultaten, Spankeren, locatie 3/33G0413, Ronde 1 -vervolg-



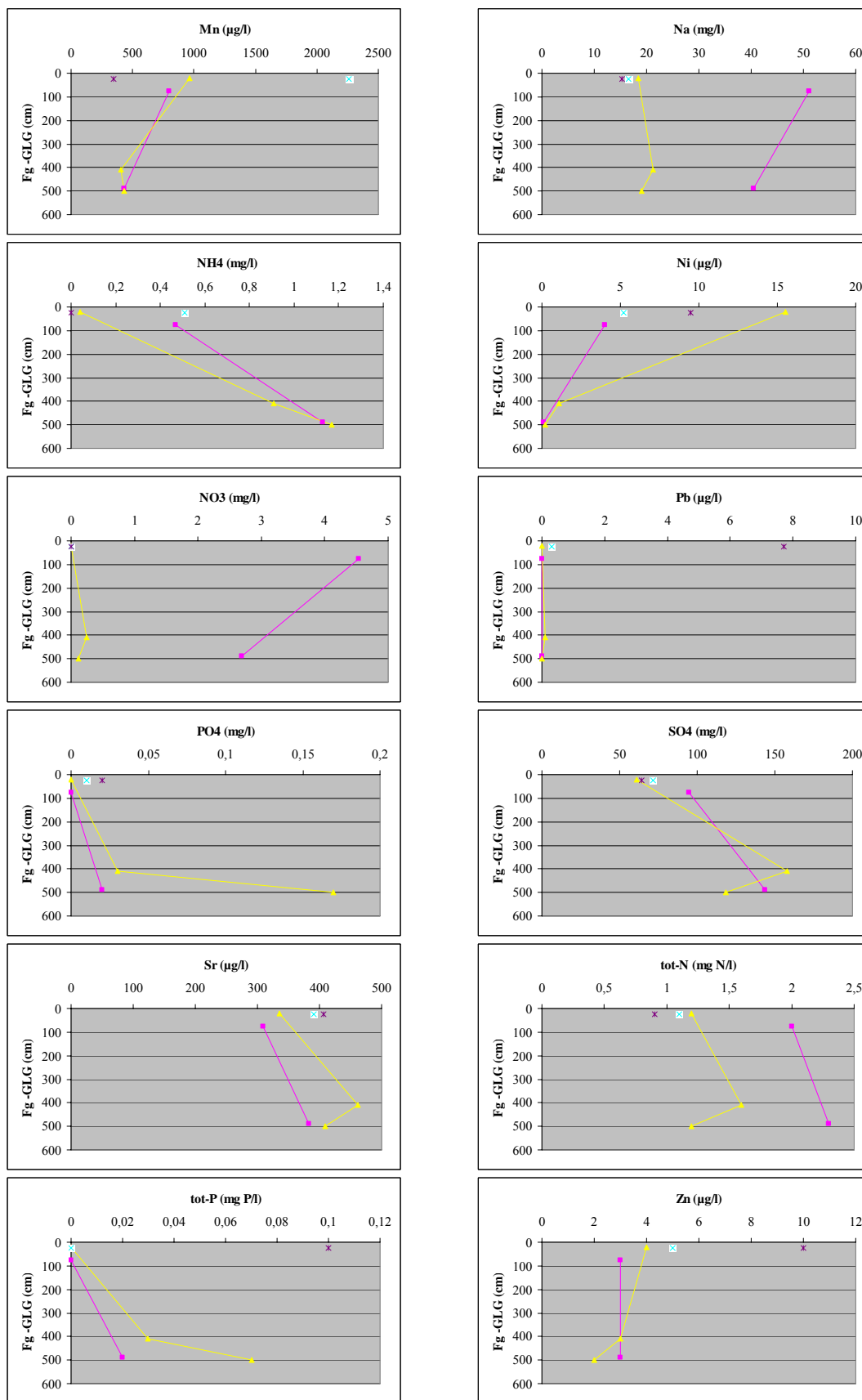
◆ Multi-Channel Well (EC) ■ Direct Well (ED) ▲ Uitschuifbare Punt (EU)
 * Van der Staay-methode (US) ✕ LMM-methode (RL)

Analyseresultaten, Spankeren, locatie 4/33G0414, Ronde 1



- ◆ Multi-Channel Well (EC) ■ Direct Well (ED) ▲ Uitschuifbare Punt (EU)
- * Van der Staay-methode (US) x LMM-methode (RL)

Analyseresultaten, Spankeren, locatie 4/33G0414, Ronde 1 -vervolg -



◆ Multi-Channel Well (EC) ■ Direct Well (ED) ▲ Uitschuifbare Punt (EU)
 * Van der Staay-methode (US) ✕ LMM-methode (RL)

Bijlage 11 Analyseresultaten en veldgegevens ronde 1 t/m 3 (CD-ROM)

Inhoud:

Analyseresultaten ronde 1, 2 en 3 van alle zestien boorlocaties

Veldmetingen ronde 1, 2 en 3 van alle zestien boorlocaties

Bodemtextuur beschrijving firma Eijkelkamp

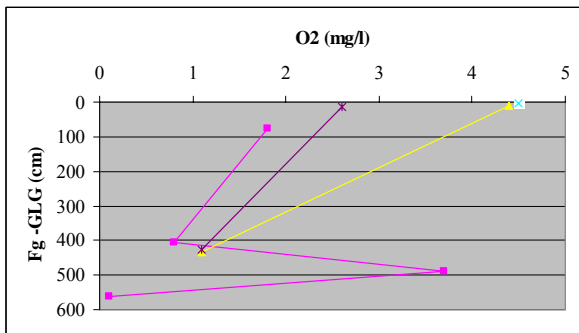
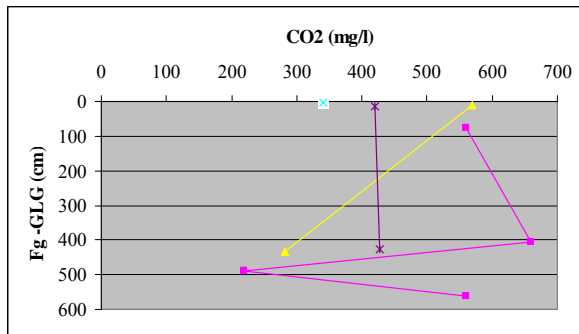
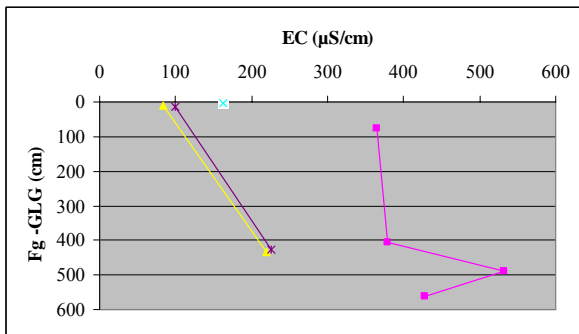
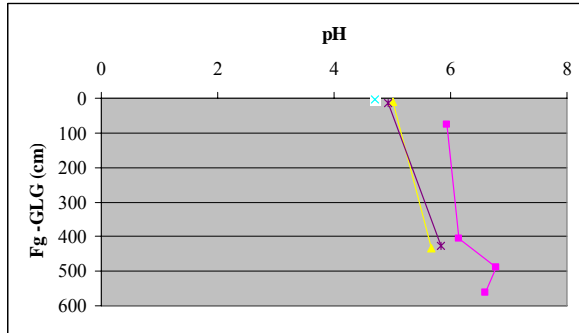
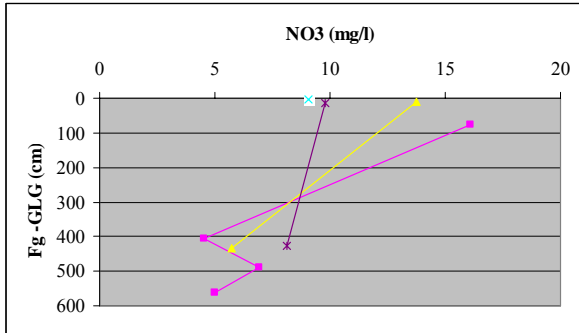
Bodemtextuur beschrijving Universiteit Utrecht

Bodemtextuur beschrijving TNO Bouw en Ondergrond

De CD-ROM bevindt zich achter in het rapport.

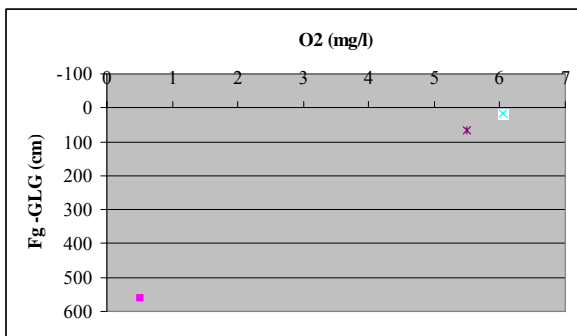
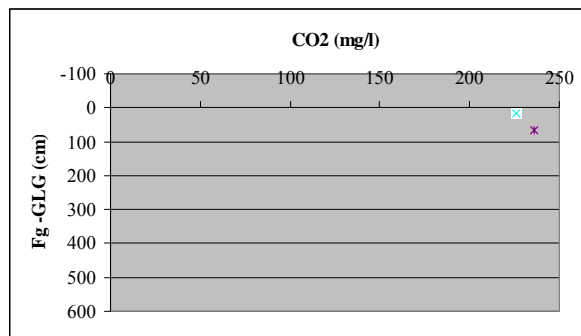
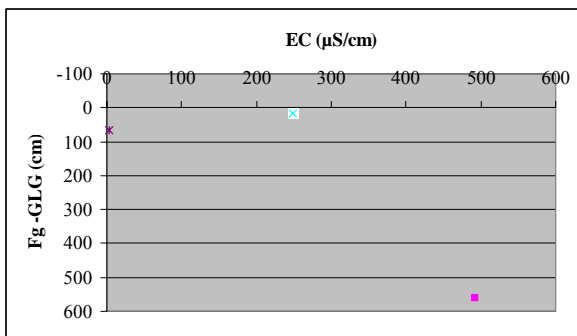
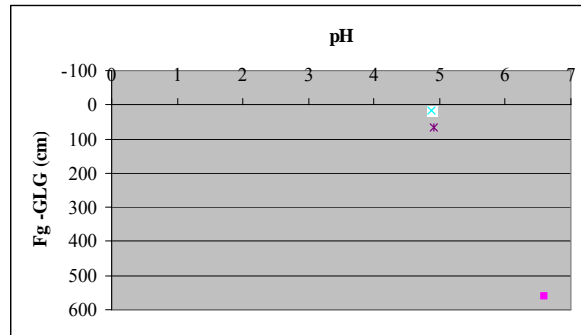
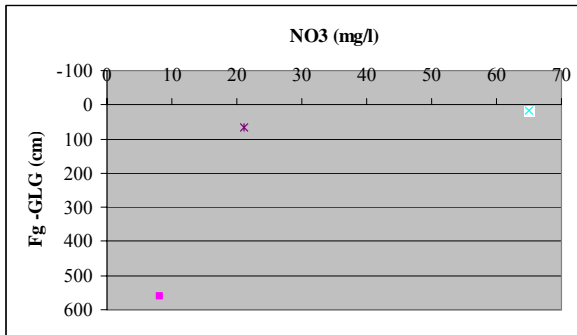
Bijlage 12 Veldmetingen alle bedrijven, ronde 1

Veldmetingen, Nieuweroord, locatie 1/17D0201, Ronde 1



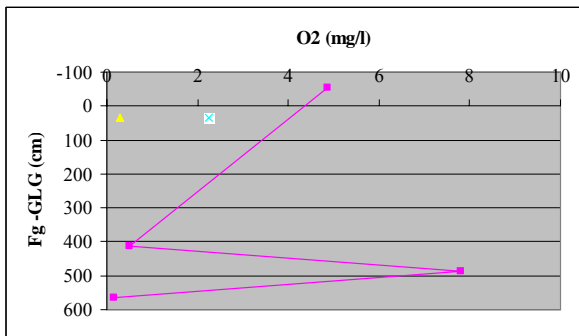
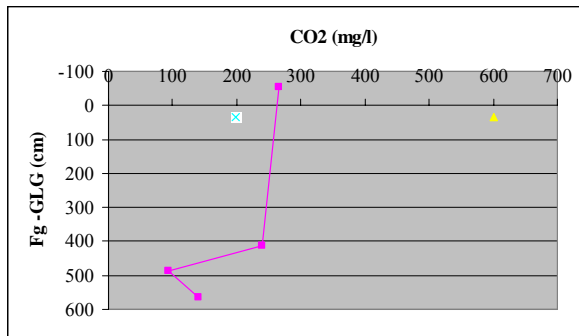
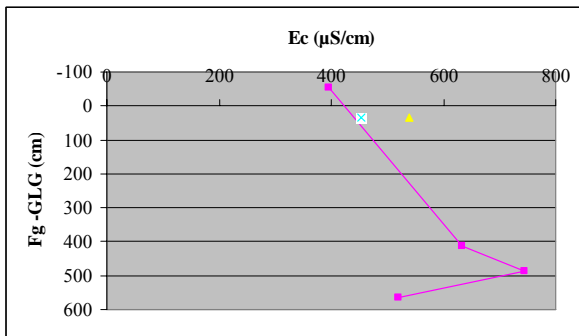
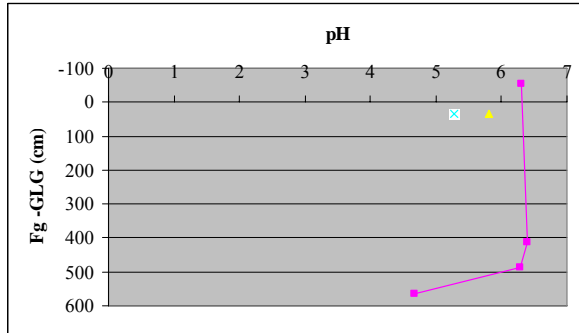
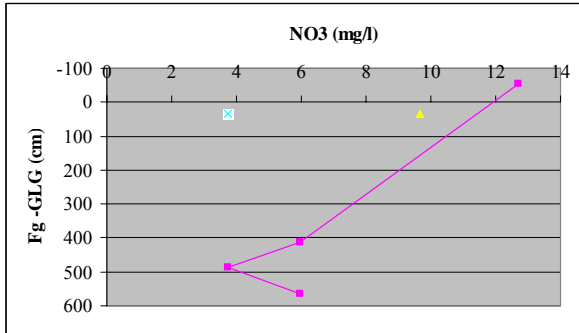
- ◆ Multi-Channel Well (EC) ■ Direct Well (ED) ▲ Uitschuifbare Punt (EU)
- * Van der Staay-methode (US) x LMM-methode (RL)

Veldmetingen, Nieuweroord, locatie 2/17D0202, Ronde 1



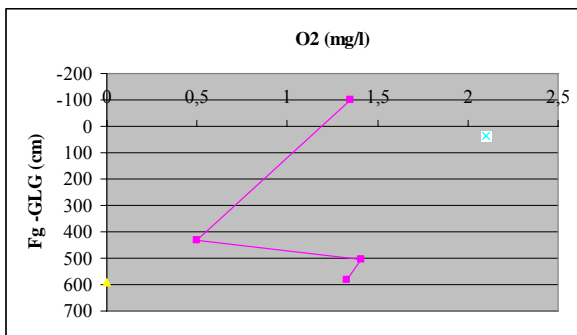
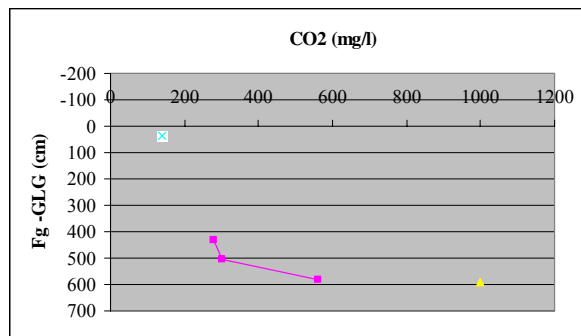
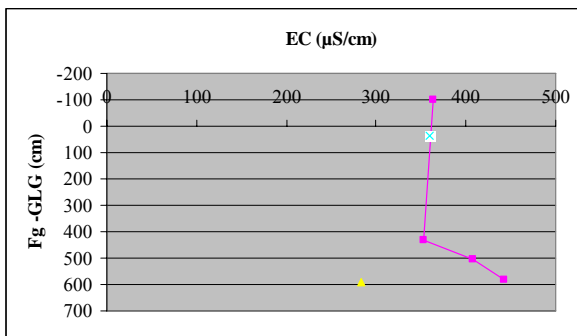
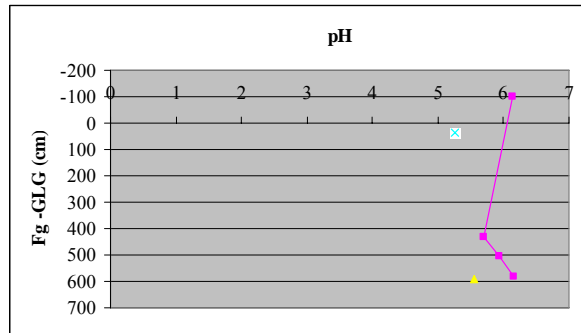
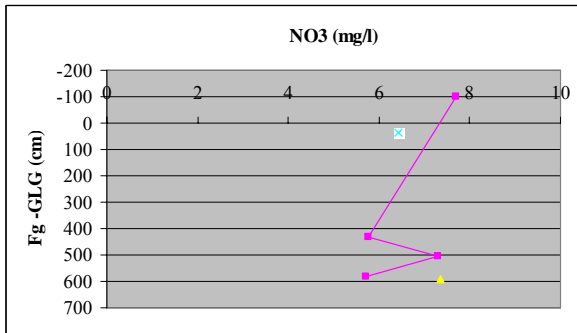
- ◆ Multi-Channel Well (EC) ■ Direct Well (ED) ▲ Uitschuifbare Punt (EU)
- * Van der Staay-methode (US) x LMM-methode (RL)

Veldmetingen, Nieuweroord, locatie 3/17D0203, Ronde 1



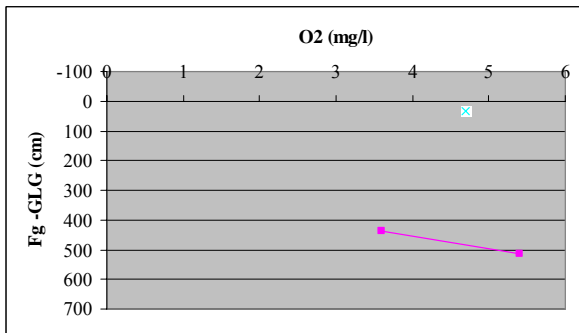
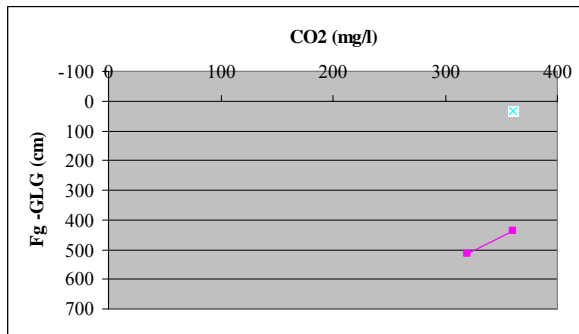
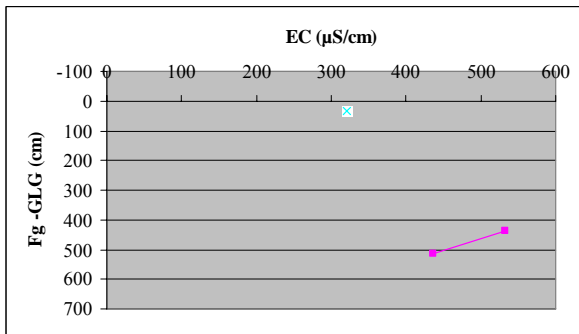
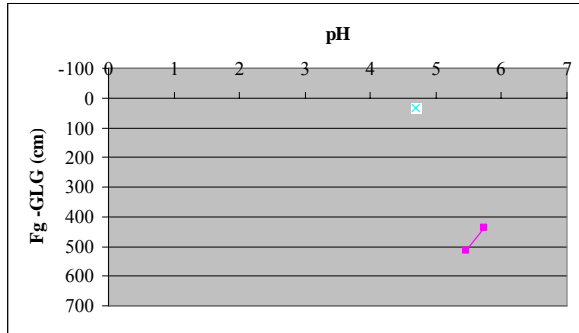
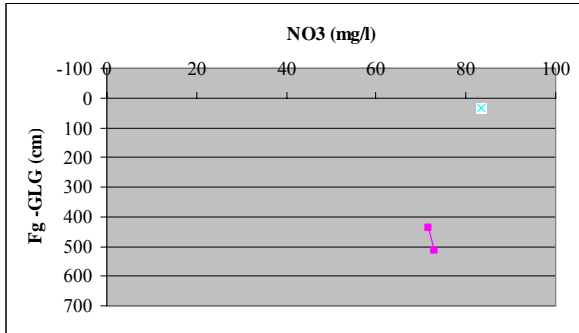
◆ Multi-Channel Well (EC) ■ Direct Well (ED) ▲ Uitschuifbare Punt (EU)
* Van der Staay-methode (US) × LMM-methode (RL)

Veldmetingen, Nieuweroord, locatie 4/17D0200, Ronde 1



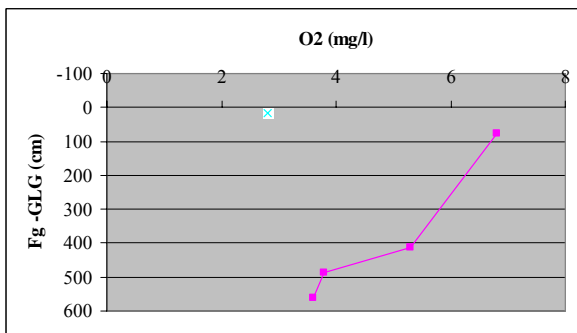
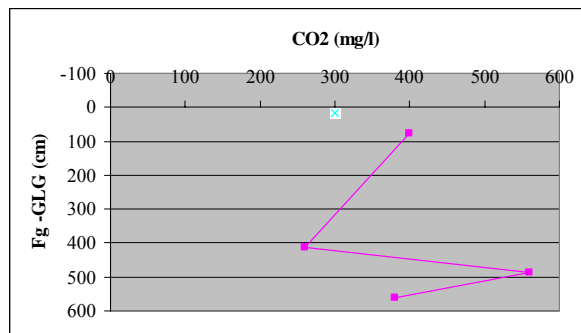
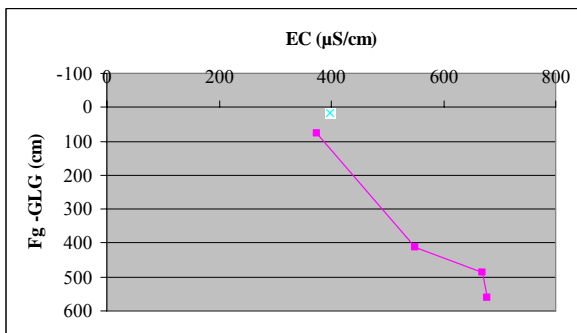
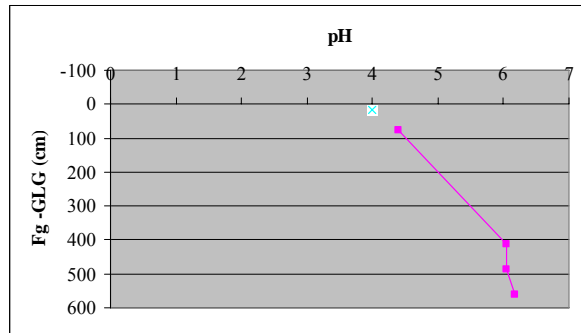
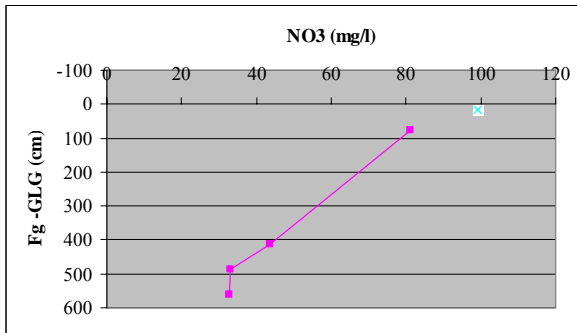
- ◆ Multi-Channel Well (EC) ■ Direct Well (ED) ▲ Uitschuifbare Punt (EU)
- * Van der Staay-methode (US) x LMM-methode (RL)

Veldmetingen, Nutter, locatie 1/28F0471, Ronde 1



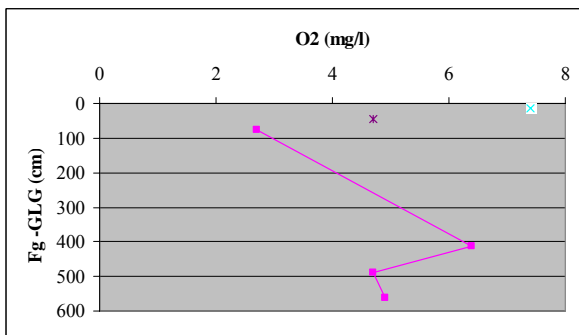
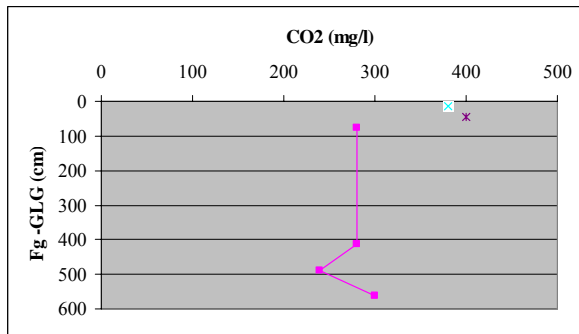
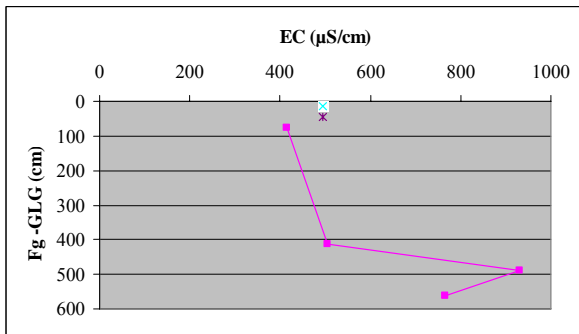
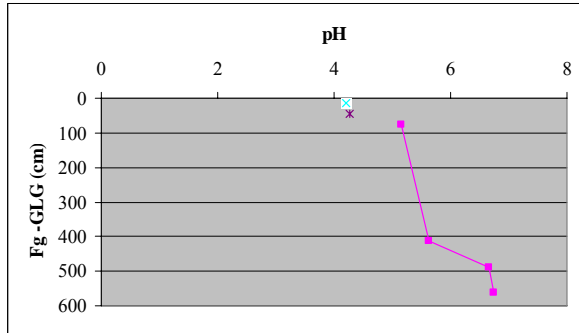
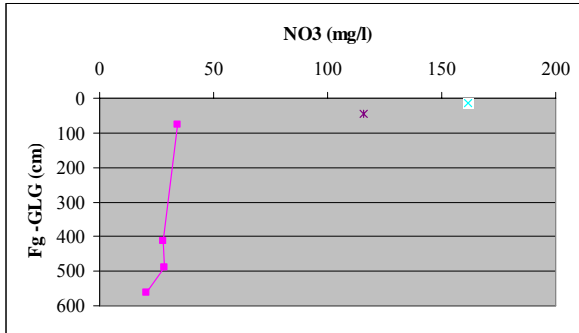
- ◆ Multi-Channel Well (EC) ■ Direct Well (ED) ▲ Uitschuifbare Punt (EU)
- * Van der Staay-methode (US) x LMM-methode (RL)

Veldmetingen, Nutter, locatie 2/28F0472, Ronde 1



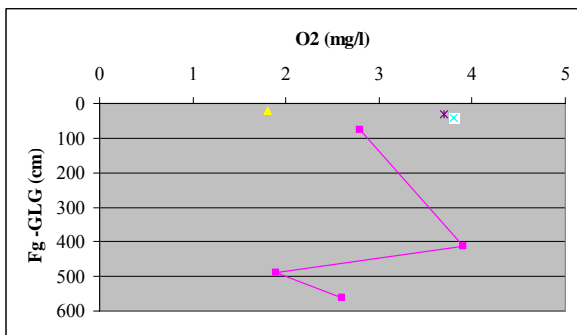
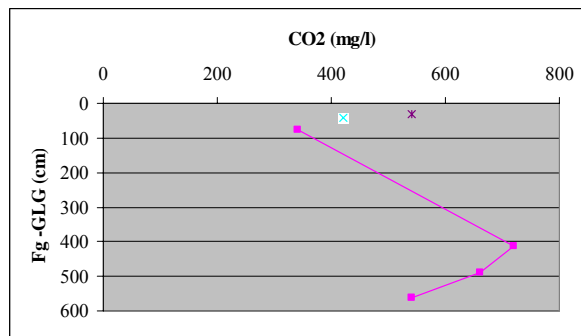
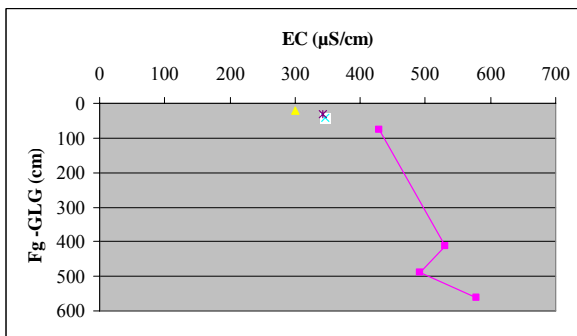
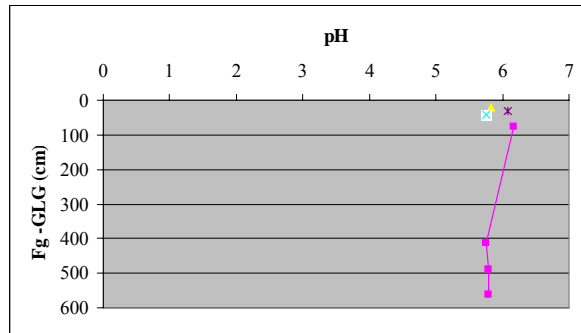
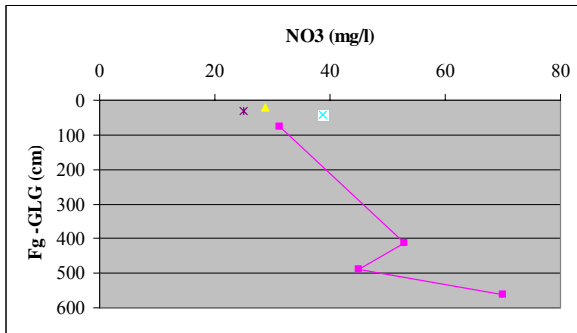
- ◆ Multi-Channel Well (EC) ■ Direct Well (ED) ▲ Uitschuifbare Punt (EU)
- * Van der Staay-methode (US) x LMM-methode (RL)

Veldmetingen, Nutter, locatie 3/28F0473, Ronde 1



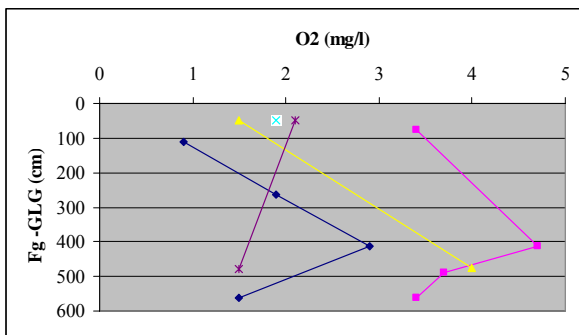
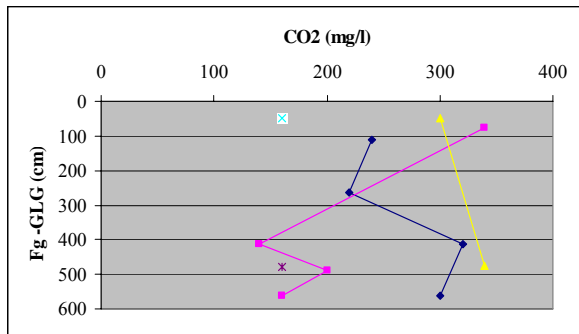
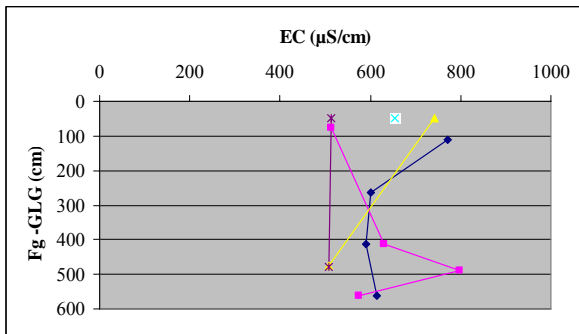
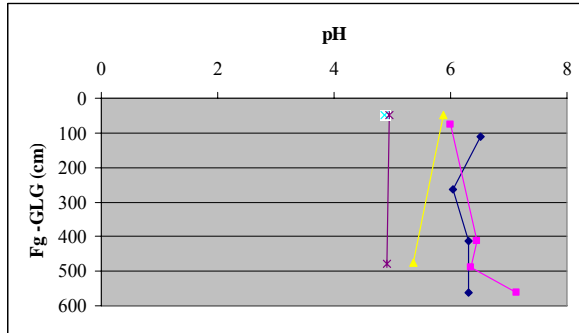
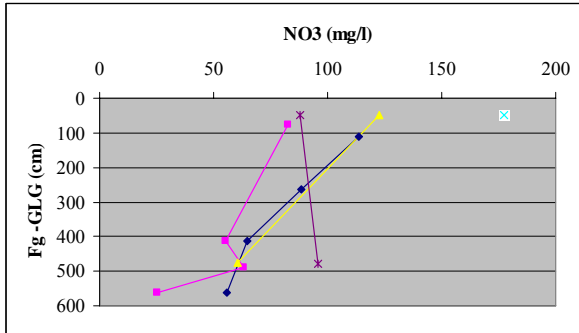
◆ Multi-Channel Well (EC) ■ Direct Well (ED) ▲ Uitschuifbare Punt (EU)
* Van der Staay-methode (US) x LMM-methode (RL)

Veldmetingen, Nutter, locatie 4/28F0470, Ronde 1



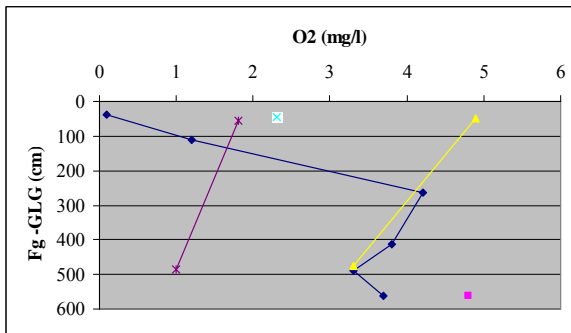
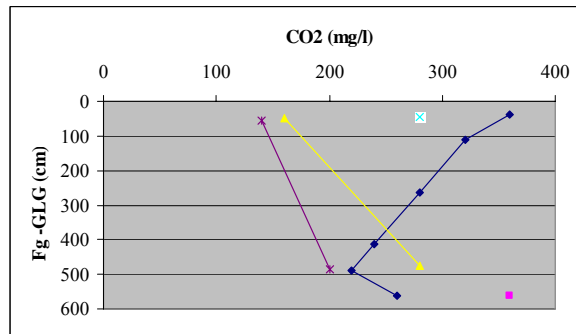
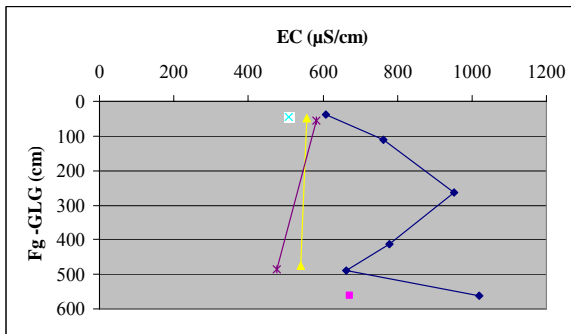
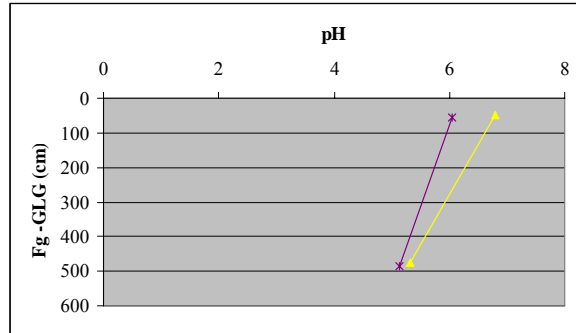
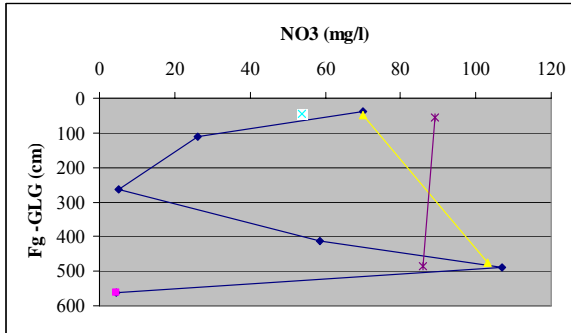
- ◆ Multi-Channel Well (EC) ■ Direct Well (ED) ▲ Uitschuifbare Punt (EU)
- * Van der Staay-methode (US) x LMM-methode (RL)

Veldmetingen, Maarheeze, locatie 1/57E0336, Ronde 1



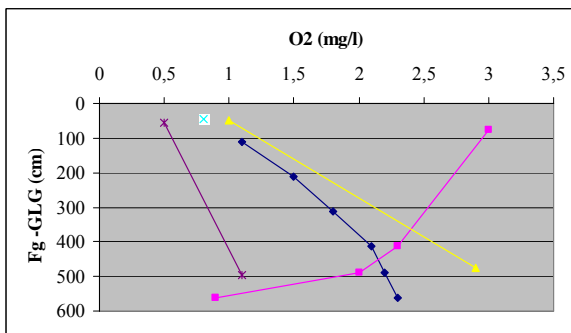
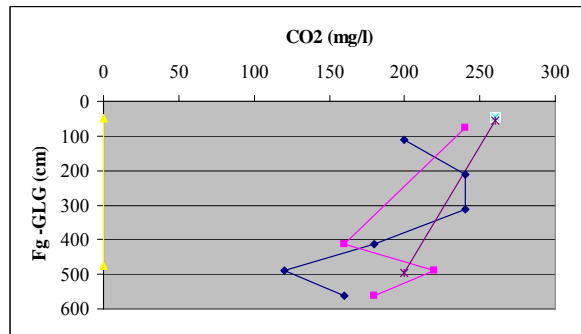
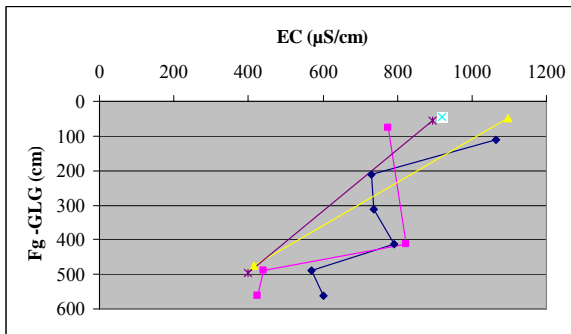
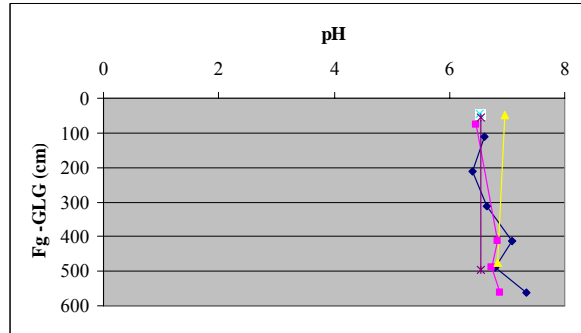
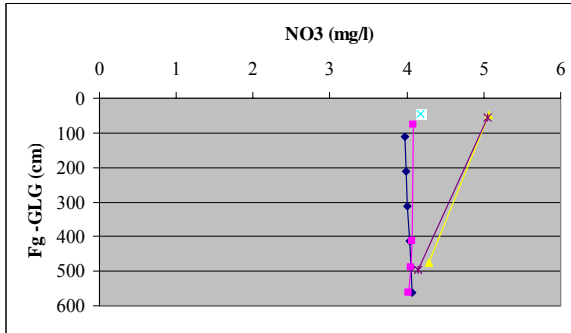
◆ Multi-Channel Well (EC) ■ Direct Well (ED) ▲ Uitschuifbare Punt (EU)
 * Van der Staay-methode (US) ✕ LMM-methode (RL)

Veldmetingen, Maarheeze, locatie 2/57E0337, Ronde 1



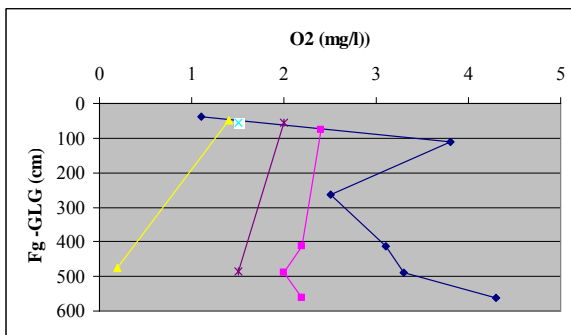
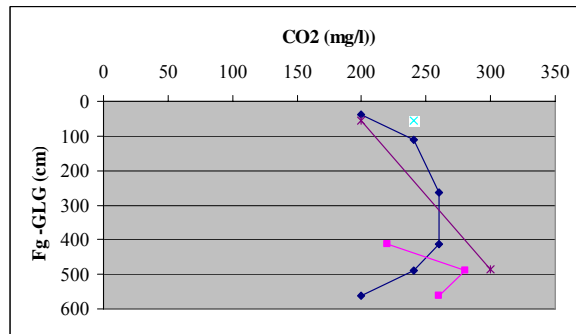
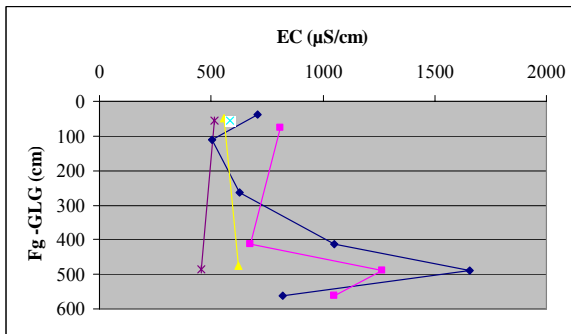
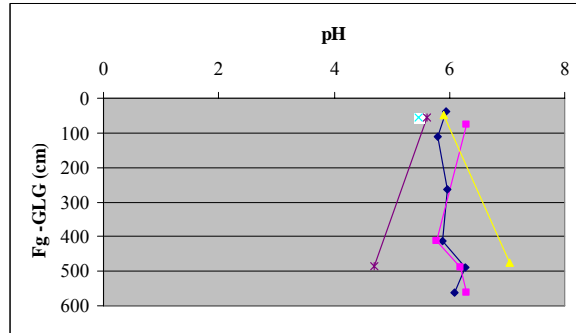
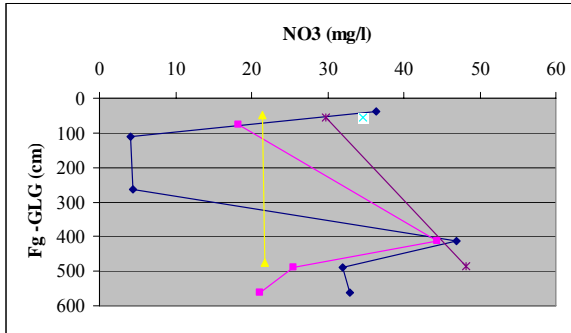
- ◆ Multi-Channel Well (EC) ■ Direct Well (ED) ▲ Uitschuifbare Punt (EU)
- * Van der Staay-methode (US) ✕ LMM-methode (RL)

Veldmetingen, Maarheeze, locatie 3/57E0338, Ronde 1



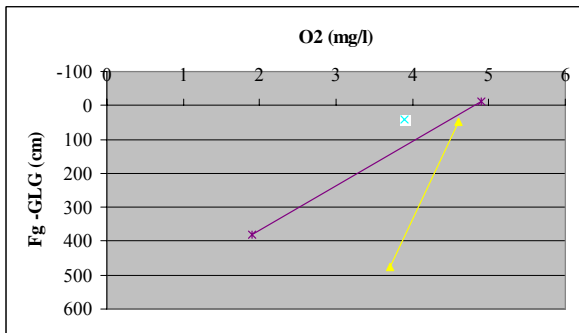
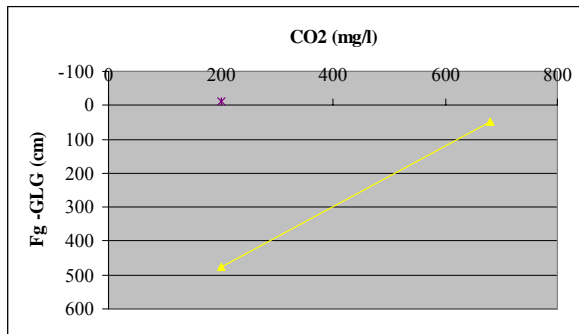
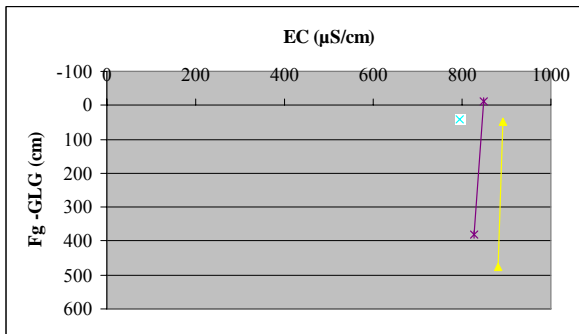
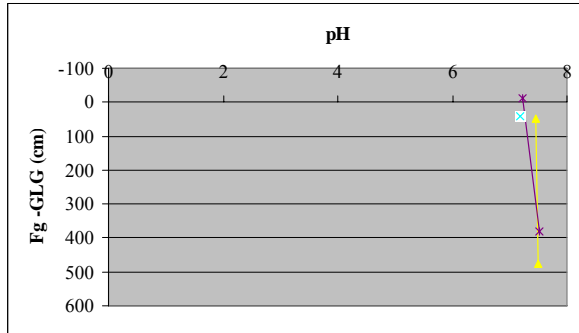
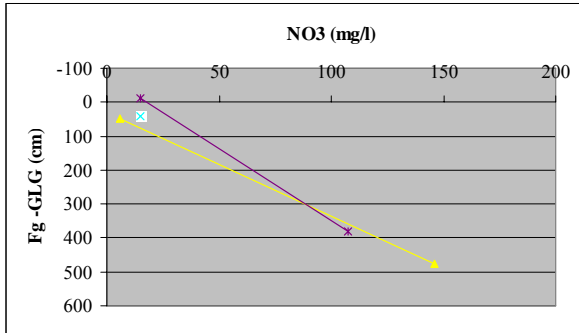
- ◆ Multi-Channel Well (EC) ■ Direct Well (ED) ▲ Uitschuifbare Punt (EU)
- * Van der Staay-methode (US) x LMM-methode (RL)

Veldmetingen, Maarheeze, locatie 4/57E0335, Ronde 1



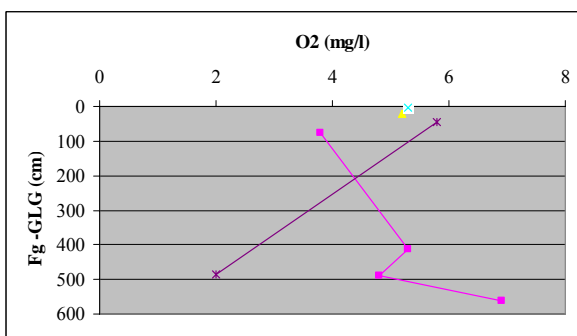
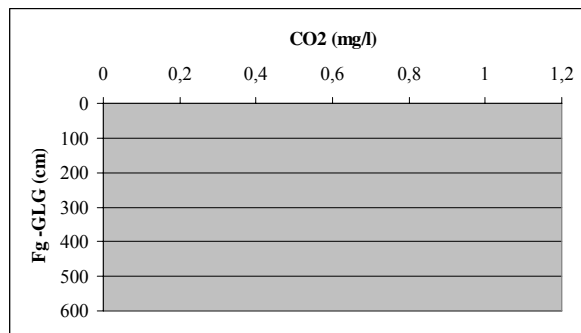
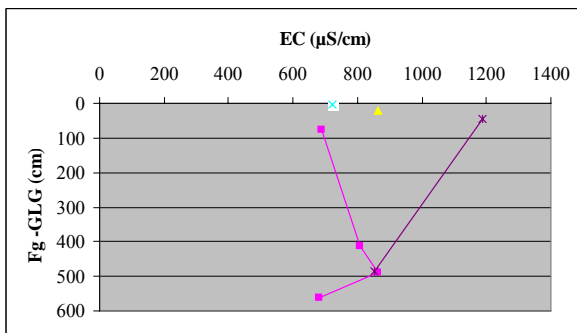
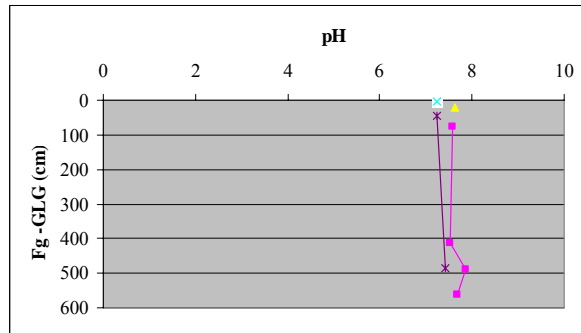
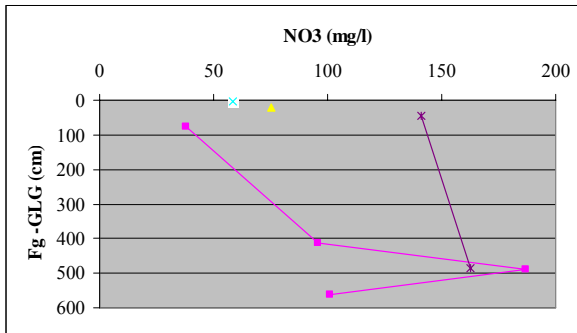
- ◆ Multi-Channel Well (EC) ■ Direct Well (ED) ▲ Uitschuifbare Punt (EU)
- * Van der Staay-methode (US) x LMM-methode (RL)

Veldmetingen, Spankeren, locatie 1/33G0415, Ronde 1



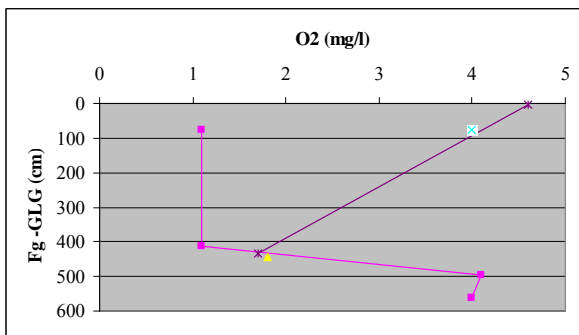
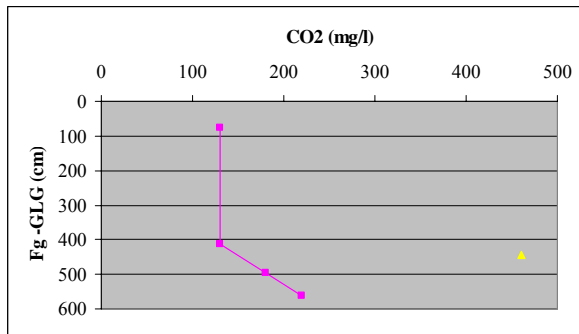
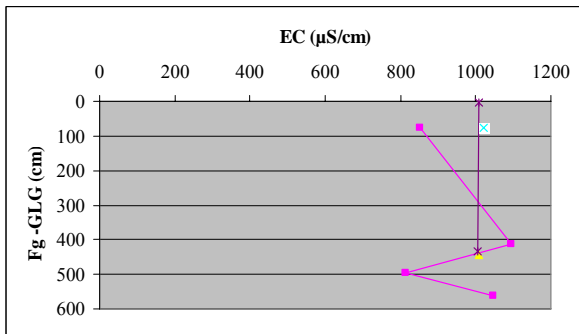
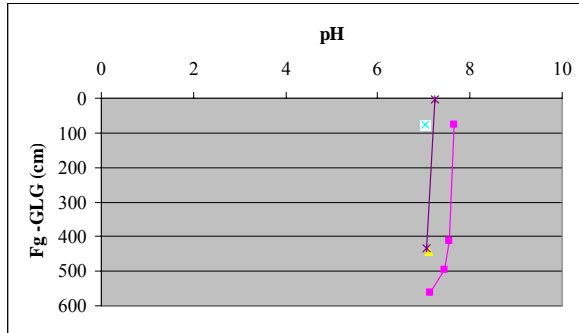
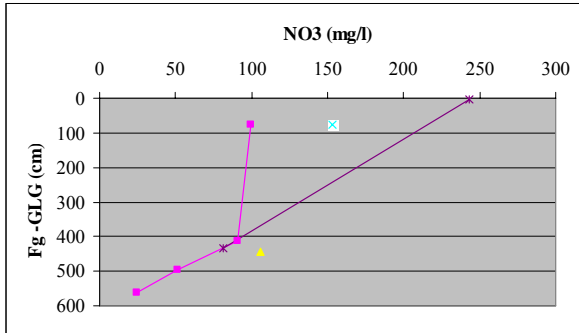
- ◆ Multi-Channel Well (EC) ■ Direct Well (ED) ▲ Uitschuifbare Punt (EU)
- * Van der Staay-methode (US) x LMM-methode (RL)

Veldmetingen, Spankeren, locatie 2/33G0412, Ronde 1



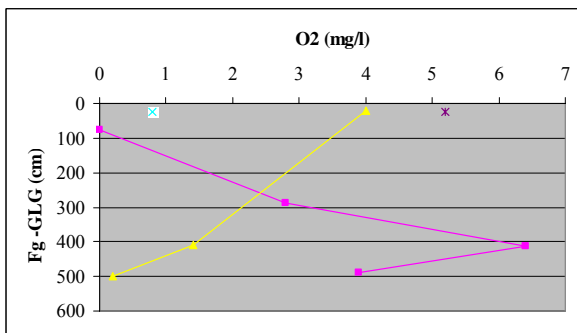
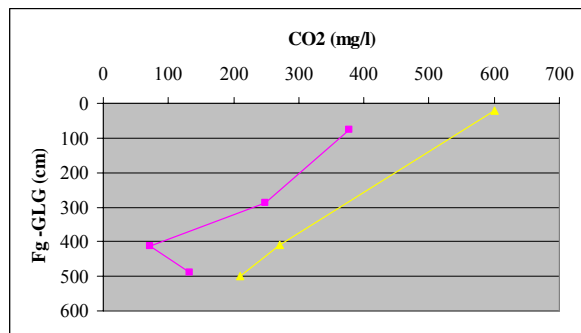
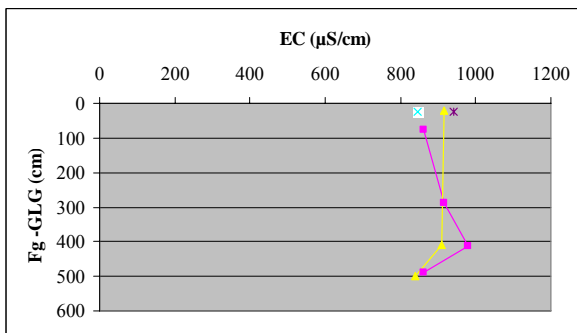
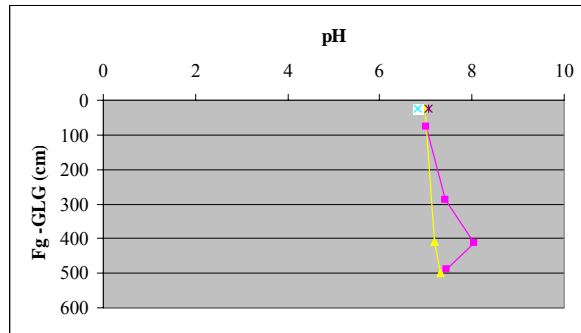
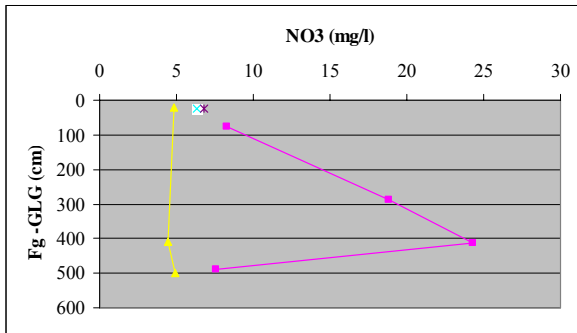
- ◆ Multi-Channel Well (EC) ■ Direct Well (ED) ▲ Uitschuifbare Punt (EU)
- * Van der Staay-methode (US) x LMM-methode (RL)

Veldmetingen, Spankeren, locatie 3/33G0413, Ronde 1



◆ Multi-Channel Well (EC) ■ Direct Well (ED) ▲ Uitschuifbare Punt (EU)
* Van der Staay-methode (US) x LMM-methode (RL)

Veldmetingen, Spankeren, locatie 4/33G0414, Ronde 1



- ◆ Multi-Channel Well (EC) ■ Direct Well (ED) ▲ Uitschuifbare Punt (EU)
- * Van der Staay-methode (US) x LMM-methode (RL)