

Bijlagen bij hoge resolutie monitoring als basis voor integraal grondwater(kwaliteits)beheer in stedelijke gebieden

(behorend bij SKB-rapport SV-210)

INHOUD

Bijlage	A	TOELICHTING OP WATERSTAD 2000	1
	A1	Inleiding	1
	A2	Achtergrond en aanleiding	1
	A3	Doelstelling en reikwijdte	2
	A3.1	Doelstelling	2
	A3.2	Reikwijdte	2
	A4	Aanpak, te verwachten resultaten en risico's	2
	A5	Kansen en bedreigingen	3
Bijlage	B	OVERZICHTSKAART MET GRONDWATERMEETPUNTEN	4
Bijlage	C	VERSLAG VAN DE EERSTE (INTERNE) WORKSHOP	6
Bijlage	D	VERSLAG VAN DE TWEEDE (INTERNE) WORKSHOP	13
Bijlage	E	POSTER WERELD WATER FORUM	18
Bijlage	F	OVERWEGINGEN TEN AANZIEN VAN DATASTRUCTUUR, MEET- REEKSBEHEER EN INRICHTING VAN HET MEETSYSTEEM	20
	F1	Datastructuur	20
	F1.1	Meetlocaties	20
	F1.2	Correctie van grondwaterstandsmetingen	20
	F1.3	Stroomschema	22
	F1.4	Bestanden	24
	F2	Meetreeksbeheer	26
	F2.1	Eisen aan de meetreeksen	26
	F2.2	Gevolgen voor het meetreeksbeheer	26
	F2.3	Identificatie van 'foutieve waarden'	28
	F2.4	Ontbrekende waarden	30
	F3	Inrichting van het meetsysteem	30
	F3.1	Ruimtelijke en temporele samenhang	31
	F3.2	Samenhang met andere parameters	32
	F3.3	Steekproefbenadering	32
	F3.4	Vaststellen van de meetfrequentie	33
Bijlage	G	CASE 1: HRM IN DELFT ALS GEHEEL	37
	G1	Doelstelling van case 1	37
	G2	Gegevensbewerking van case 1	37
	G3	Analyse van de metingen	38
	G3.1	Karakteristieken van meetreeksen	38
	G3.2	Grafische presentatie en toepassing	39
	G3.3	Gemiddelde grondwaterstand	39
	G3.4	Variatie van de grondwaterstand	42
	G3.5	Richting van de grondwaterstroming	43
	G4	Conclusies	43

Bijlage	H	CASE 2: HRM BIJ BODEMVERONTREINIGING	61
	H1	Doelstelling	61
	H1.1	Algemene doelstelling van HRM voor monitoring van grondwaterverontreiniging	61
	H1.2	Doelstelling van case 2	61
	H2	Beschrijving van de locatie	61
	H2.1	Historie	61
	H2.2	Bodemopbouw	61
	H2.3	Aanpak van de sanering 1997 - 1999	62
	H2.4	Nalevering van de verontreiniging: begin 2000	62
	H2.5	Regulier monitoringsprogramma	62
	H2.6	Sanering: 2000	63
	H2.7	HRM-project	63
	H3	Beschrijving van het meetnet	63
	H4	Analyse van de metingen	64
	H4.1	Toetsing van de gemeten grondwaterstanden	64
	H4.2	Toetsing van de gemeten geleidbaarheid	64
	H4.3	Toetsing van de gemeten temperatuur	66
	H5	Conclusies en aanbevelingen	67
Bijlage	H-1	CERTIFICATEN VAN DE CHEMISCHE ANALYSES BIJ CASE 2 (BODEMVERONTREINIGING)	82
Bijlage	I	CONCLUSIES OVER ASPECTEN DIE DE TECHNISCHE INZET-BAARHEID VAN EEN HRM-MEETSYSTEEM BEPALEN	87
Bijlage	J	KOSTEN VAN HRM VERSUS TRADITIONEEL METEN	89

TOELICHTING OP WATERSTAD 2000

A1 Inleiding

Het project Waterstad 2000 is een grootschalig proefproject om een recent ontwikkeld innovatief meetsysteem voor integraal waterbeheer te implementeren.

De gegevens, die door instrumenten in het veld worden verkregen en opgeslagen, worden via radiotelemetrie doorgegeven naar een webserver. De gegevens zijn dan via internet uitleesbaar. Ook zijn de instellingen van het meetinstrument via internet te wijzigen.

Het project is een modelvoorbeeld van samenwerking tussen wetenschap, overheid en bedrijfsleven. Het verkrijgen van managementinformatie voor integraal waterbeheer via internet kan een belangrijke doorbraak zijn voor de waterwereld.

A2 Achtergrond en aanleiding

Tot op heden wordt bij het meten van water nog voor een groot deel gebruikgemaakt van mense-lijke tussenkomst: meten met een meetlint, het nemen van monsters en laboratoriumanalyse. Met moderne sensortechnologie, dataopslag en informatie- en communicatietechnologie is het nu mogelijk geworden frequenter, nauwkeuriger, sneller en gemakkelijker te meten zonder mense-lijke tussenkomst.

Een viertal initiatiefnemers, het Nederlands Instituut voor Toegepaste Geowetenschappen TNO-NITG, KPN Research, Siemens Nederland en Van Essen Instruments hebben een innovatief technologisch hoogstaand systeem ontwikkeld om veranderingen in kwantiteit en kwaliteit van regenwater, rioolwater, oppervlaktewater, grondwater en grond(water)vervuiling op een moderne manier te volgen. Hierbij wordt gebruikgemaakt van sensoren, dataloggers, telemetrie met behulp van radiocommunicatie en internettechnologie.

Wereldwijd wordt Nederland erkend als autoriteit op het gebied van waterbeheer. Delft is binnen Nederland het onbetwiste kenniscentrum op het gebied van de kennis van water. Delft Kennisstad heeft derhalve het proefproject 'Waterstad 2000' geadopteerd. Delft is door zijn communicatie-infrastructuur in staat de Nederlandse waterwereld te bundelen in deze unieke samenwerkings-vorm van overheid, wetenschap en bedrijfsleven. Het systeem wordt om die reden ook in de regio Delft getest en geïmplementeerd.

Een geautomatiseerd meetsysteem biedt sneller toegang tot actuele gegevens over de onderde-len van de waterkringloop. Waterbeheerders hebben daardoor meer inzicht in actuele ontwikke-lingen in de waterstromen. Hierdoor kunnen zij beter voorspellen, eerder waarschuwen en beter onderbouwde beleidsadviezen geven. Vooral het tijdig signaleren van problemen, zoals bij stijging van het waterpeil of waterverontreiniging, is van cruciaal belang om zo snel mogelijk maatregelen te (laten) treffen.

Een integraal meetsysteem voor ons waterbeheer biedt de mogelijkheid de relatie tussen de af-zonderlijke onderdelen van de waterkringloop, regen-, riool-, grond- en oppervlaktewater, inzicht-lijk te maken. Snel, efficiënt, voor iedereen zichtbaar en controleerbaar en tegen verantwoorde kosten.

Integraal waterbeheer draagt bij tot:

- een verantwoorde afvoer van overtollig water;
- het beschikbaar hebben van voldoende (schoon) water;
- het voorkomen van verdroging en/of vernatting van de bodem;
- een duurzaam (water)milieu.

A3 Doelstelling en reikwijdte

A3.1 Doelstelling

Het proefproject 'Waterstad 2000' heeft tot doel een innovatief, technologisch hoogstaand meet-systeem voor integraal waterbeheer te testen en te implementeren in de regio Delft. Het proefproject is erop gericht om informatie over kwaliteit en kwantiteit van de afzonderlijke waterstromen in de waterkringloop door middel van moderne technieken inzichtelijk en toegankelijk te maken, zodat integraal waterbeheer mogelijk wordt.

Hiervan afgeleide doelstellingen van het project zijn:

- aantonen van de meerwaarde van telemetrisch meten in de waterkringloop;
- aantonen van de haalbaarheid, betaalbaarheid en toepasbaarheid van telemetrisch meten;
- samenbrengen van de partijen die verantwoordelijk zijn voor de afzonderlijke waterstromen;
- mogelijk maken van een werkelijk integrale benadering van de waterkringloop;
- verhogen van het kennisniveau in Nederland over de integrale benadering van de waterkringloop;
- stimuleren van Nederland als leidend land in het watermanagement en het opleveren van een breed pallet aan exportartikelen in de vorm van een beleidsinstrumentarium op het gebied van integraal watermanagement, kennis en adviesvaardigheden op dit gebied, de technologie om het mogelijk te maken;
- bij succesvol verloop de proef opschalen naar nationaal niveau.

A3.2 Reikwijdte

Het proefproject zal ingericht worden in het gebied van het Hoogheemraadschap Delfland. In een straal van 10 kilometer rondom de Delftse toren worden uiteindelijk in totaal tussen de 500 en 1.000 meetpunten ingericht.

A4 Aanpak, te verwachten resultaten en risico's

Om het systeem op zijn praktische toepasbaarheid te testen zal een meetnetwerk moeten worden ingericht. Naast bestaande meetpunten zullen ook nieuwe punten worden bevestigd, die uitgerust worden met nieuwe instrumenten.

Daarnaast wordt op de Delftse toren een zogenaamde DCU geplaatst. Een DCU (data collecting unit) dient binnen het systeem voor de communicatie met de instrumenten in de meetpunten. Daarnaast zorgt de DCU ervoor dat de data wordt verzameld, waarna deze op internet gezet kan worden.

Alvorens de meetpunten in te richten zullen vijf werkgroepen worden ingesteld die verantwoordelijk worden voor de organisatie en inrichting van meetpunten ten behoeve van het project. Daarnaast hebben de werkgroepen tot taak onderzoek te doen om te komen tot het gewenste kennisniveau.

Deze werkgroepen worden samengesteld naar analogie van de vier afzonderlijke waterstromen en één werkgroep krijgt een coördinerende en integrerende rol.

De volgende werkgroepen zijn opgericht:

- werkgroep Bodem;
- werkgroep Grondwater;
- werkgroep Oppervlaktewater;
- werkgroep Rioolwater;
- werkgroep Integraal Waterbeheer (coördinatie).

In deze werkgroepen kunnen organisaties en personen plaatsnemen die direct of indirect betrokken zijn bij het waterbeheer in Nederland en daarom een meerwaarde kunnen betekenen voor het behalen van de doelstellingen van het project.

A5 Kansen en bedreigingen

Het project 'Waterstad 2000' biedt de mogelijkheid om, door de inrichting van het grote aantal meetpunten, in de toekomst een veldlaboratorium voor waterbeheer te worden. Door meetpunten in te richten voor de verschillende waterstromen kunnen proeven worden genomen die nu nog erg moeilijk te realiseren zijn.

Het project is opgezet als een proefproject om de haalbaarheid van de nieuwe technologie in de praktijk te toetsen. Dit betekent dat er problemen zouden kunnen optreden met de nieuwe technologie. Voor het eerst worden tijdens een dergelijk grootschalig proefproject de meetgegevens van verschillende waterstromen geïntegreerd. Dit biedt grote kansen voor de beleidsmakers bij het vormgeven van Integraal Watermanagement.

BIJLAGE B

OVERZICHTSKAART MET GRONDWATERMEETPUNTEN



— begrenzing deelgebied
23-102 peilbuis grondwatermeetnet
23-101 peilbuis bovenste watervoerend pakket en tussenzandlaag



A		25-05-2000		LBe		ICa	Erdb
Versie		Datum		Omschrijving			
Opdrachtgever		SKB, Project SV-210					
Project		Hoge resolutie monitoring als basis voor integraal grondwater (kwaliteit) beheer in stedelijke gebieden					
Omschrijving		Overzicht grondwatermeetpunten (bron: WARECO)					
Formaat	Schaal	AutoCAD release	Deisor	Tekeningnummer	Figuur		
A1	1 : 7500	2000	A0	19957 - S - 001	1		

IWACO
Adviesbureau
voor water en milieu

Vestiging West
Postbus 8520
3008 AM Rotterdam

VERSLAG VAN DE EERSTE (INTERNE) WORKSHOP

Consortium SKB HRM Waterstad 2000

Aanwezig: Jaap Tuit (gemeente Delft)
Mela Splinter (gemeente Arnhem)
Maarten Noordhuis (gemeente Haarlem)
John Veldhoven (provincie Zuid-Holland)
Bert Satijn (SKB)
Aris Lourens en Rolf Hetterschijt (TNO-NITG)
Yvo Veenis (Groundwater Technology)
Floris Verhagen (GeoDelft)
Peter de Vries en Koen Weytingh (TTE)
Ronald van de Vliet, Timo Heimovaara en Ewoud van den Berg (IWACO, thans Royal Haskoning)

Afwezig: Susanne Baas (gemeente Delft)
William Slotboom (SKB)
Edwin van der Wel (gemeente Hilversum)

Verslag: Ewoud van den Berg
Datum: 13 maart 2000
Tijd: 13.00 - 17.00 uur

1. Toelichting op het project

Ewoud van den Berg geeft een toelichting op het project. Na een kort kennismakingsrondje krijgen de gemeenten en provincies het woord.

2. Eerste reactie van gemeenten en provincie

Ter voorbereiding op de workshop hebben alle gemeenten en de provincie nagedacht over wat ze met een HRM-systeem (hoge resolutie monitoring) willen. Dit levert in een eerste reactie dan ook al veel ideeën en aandachtsgebieden op waarin ze geïnteresseerd zijn.

Onderstaand zijn de reacties puntsgewijs samengevat:

Provincie Zuid-Holland:

- Vooral geïnteresseerd in de lange termijn.
- Invloed van grondwateronttrekkingen op NA.
- Beheersing/afbraak.
- Uitdamping (andere grondwaterstand geeft andere risico's): Een goed voorbeeld van de mogelijkheden van (kwantitatieve) metingen met HRM om de kwaliteit te monitoren is een pluim van vinylchloride in het grondwater onder kruipruimten. Zolang het grondwater diep staat is het gevaar van uitdamping gering. Op het moment dat het grondwater (ook al is het maar korte tijd) stijgt en kruipruimten vollopen, ontstaat gevaar van uitdampen. Door de hoogfrequente metingen uit het meetnet te koppelen met de harde randvoorwaarde van de onderkant van de kruipruimten is een on line monitoring/signalering mogelijk.
- Verzekeringstechnisch oogpunt (bijvoorbeeld: hoe groot is de schade of wie is verantwoordelijk).
- Gericht op macroparameters, met name gebruiken voor monitoring/signalering (als een macro 'reageert', is dat aanleiding tot het meten van de 'echte verontreiniging'.

- Omgaan met grote datareeksen en ook de betrouwbaarheid van de reeksen. Zowel de betrouwbaarheid van de metingen zelf als de verandering daarin in de tijd. Blijft een diver 10 jaar lang betrouwbaar meten?
- Inzicht krijgen in de natuurlijke fluctuaties van het systeem (kwantitatief en kwalitatief).
- De mogelijkheid hebben om eerder en beter bij te kunnen sturen.
- Op basis van langere meetreeksen kan worden afgelezen of een verhoging wel of niet incidenteel is.

Gemeente Arnhem:

- Binnen de gemeente krijgt het grondwater een grotere rol. Het grondwater in Arnhem staat sterk onder invloed van de rivier (hogere waterstanden) en het stuwwalgebied. HRM kan inzicht leveren in de invloed van het oppervlaktewaterpeil op de grondwaterstand.
- Op dit moment heeft de gemeente al meetpunten in het riool, neerslag en gemalen. Meetpunten in het grondwater worden overwogen.
- De gemeente wil zich eerst richten op de kwantitatieve aspecten, daarna op de kwalitatieve aspecten.
- Problemen worden verwacht bij parkeergarages.
- Beïnvloeding van saneringen.
- De gemeente is bezig met GIS, waarbij een sanering in kaart wordt gebracht.
- Wat is de rol van gestuwde lagen (maakt het interpoleren tussen meetpunten lastiger)?
- Tot welke diepte wordt gemeten: nu voornamelijk ondiep, hoe dieper hoe hoger de kosten. Voorlopig alleen kwantiteit.
- Belangrijk van een HRM-meetsysteem is dat alle gebruikers over dezelfde dataset beschikken. Gebruikers zijn dan niet alleen gemeente en provincie, maar ook derden.

Gemeente Delft:

- Belangrijk in Delft is de grote grondwateronttrekking van Gist Brocades. Als deze wordt verminderd is er kans op wateroverlast.
- Delft ziet mogelijkheden voor een centraal meetsysteem voor water (integraal meetnet).
- Meer geïnteresseerd in kwantitatieve aspecten dan in kwaliteit.
- Problemen met de riolering.
- Mogelijkheden voor signalering.
- Mogelijkheden van afkoppelen van verhard oppervlak. Bijvoorbeeld de mate waarin in de bodem nog berging van neerslag kan plaatsvinden (real time/actief monitoren en sturen kan noodzakelijk zijn).
- Met HRM komt informatie beschikbaar voor de (grond)waterbalans.
- Meerwaarde voor de combinatie van metingen met de situering van verontreinigingen.
- De gegevens van het meetnet kunnen de input vormen voor een grondwatermodel.

Gemeente Haarlem:

- De verminderde grondwateronttrekking in de duinen kan wateroverlast in de stad veroorzaken.
- HRM is bruikbaar voor (grote) saneringen: FEB en NA.
- Meetnetoptimalisatie.
- De verantwoordelijkheden worden steeds meer gedecentraliseerd en daarmee komt steeds meer op het bordje van de gemeenten te liggen. Goed inzicht en grip op het systeem is dan noodzakelijk.
- Ook afkoppelen van verhard oppervlak maakt inzicht in het grondwatersysteem nodig.
- Verder nog opmerkingen die al genoemd zijn door de andere gemeenten.

Algemene opmerkingen:

- HRM biedt de mogelijkheid gericht voorschriften te maken.
- Er is behoefte aan integraal en regionaal inzicht.
- Problematiek van het uitdampen van VOCI. Bij een verhoogde grondwaterstand levert dat meer risico. Met een HRM-meetnet valt dat beter te onderbouwen.
- Het monitoren van effecten wordt verbeterd.
- Er komt een dataset voor toetsing beschikbaar.

3. Voorbeelden van de mogelijkheden van HRM

Aan de hand van enkele sheets geven Yvo, Floris, Ronald en Peter voorbeelden van toepassing van methoden en technieken voor het verwerken van meetreeksen die met HRM kunnen worden verzameld.

Een korte beschrijving van ieder voorbeeld:

- Yvo licht tijdens de workshop het voorbeeld over het temperatuurverloop bij een sanering toe. Door monitoring en ruimtelijke weergave (na interpolatie) van de temperatuur wordt goed inzicht verkregen in het verloop van natuurlijke afbraak bij een in situ sanering. Dit is één van de meest eenvoudige voorbeelden van de toepassing van gegevens uit een hoge resolutie meetnet. Hierbij wordt de data verzameld en ruimtelijk weergegeven.
- Floris geeft een voorbeeld over een verschilberekening tussen tijdreeksen in twee filters onder en boven een scheidende laag: hieruit wordt informatie over de kwel verkregen. Een ander voorbeeld gaat over een trendanalyse op basis van een regionaal meetnet waaruit informatie wordt afgeleid over de gemiddelde grondwaterstand, de standaarddeviatie (geeft inzicht in de dynamiek van het systeem) en de verandering in de loop van een tiental jaren. Dit is een voorbeeld waarbij de data statistisch bewerkt wordt voordat het ruimtelijk wordt weergegeven.
- Ronald licht twee voorbeelden toe over de mogelijkheden van transferruis-analyse:
 1. Een randsloot in Den Haag veroorzaakt een verhoging van de grondwaterstand en daarmee wateroverlast. Welk deel van de wateroverlast wordt nu veroorzaakt door de sloot, welk deel door een nabijgelegen grondwaterwinning en welk deel door de neerslag? Met transferruis-analyse worden de meetreeksen uit elkaar gerafeld en kan de bijdrage van de sloot worden bepaald. Dit is een voorbeeld van gebruik van de meetnetdata bij een analyse achteraf.
 2. Aan de rand van de duinen bij Castricum blijkt in oktober 1998 uit lange meetreeksen dat de grondwaterstand hoger staat dan normaal. Door verschillende scenario's te bepalen (rekening houdend met een droge, normale en natte winter) blijkt dat de winter van 1998 - 1999 waarschijnlijk zal leiden tot wateroverlast. Dit is een voorbeeld van een voorspelling vooraf over toekomstige waterstanden/grondwaterstroming.Bij deze transferruis-analyses wordt de data van het meetnet nog verder bewerkt en in een model opgenomen om er meer ingewikkelde analyses en voorspellingen mee te kunnen verrichten.
- Tot slot licht Peter een voorbeeld toe van een neurale netwerk toegepast op een situatie met riooloverstorten. Naast neerslagmetingen worden in een aantal rioolbuizen metingen verricht, evenals bij pompen en overstorten. Dit vormt de invoer voor een neurale netwerk waarmee voorspellingen van debieten tijdens overstorten kunnen worden opgesteld. Een neurale netwerk is te gebruiken voor veel verschillende simulaties. Ook koppeling van peilbuizen uit een meetnet voor analyse van het grondwatersysteem zou mogelijk kunnen zijn. Neurale netwerken worden nog niet veel toegepast en zijn waarschijnlijk ook één van de meer geavanceerde methoden om de datareeksen te verwerken.

Een algemeen voordeel van hoge resolutie in ruimte is dat met het meetnet een gebieds-dekkend beeld wordt verkregen dat ook als kapstok kan fungeren waaraan meetnetverdichtingen kunnen worden opgehangen. Voordeel van een hoge meetfrequentie is dat de dynamiek van het systeem (ook van de omgeving) goed naar voren komt. Dit levert nieuwe inzichten en randvoorwaarden voor toekomstige ingrepen.

4. **Discussie in groepen**

In kleinere groepen is verder gediscussieerd. Dit levert de volgende mogelijkheden, kansen en bedreigingen:

Groep 1 (Floris, Maarten, Rolf en Bert):

- Controle/beheersing van saneringen:
 - Bij een verandering in de randvoorwaarden kunnen groene, oranje en rode lampjes fungeren als signalering. Bijvoorbeeld een gebiedsdekkende kaart van een stad, verdeeld in een aantal deelgebieden. Zolang de randvoorwaarden (grondwaterstroming, temperatuur, zuurstofgehalte enz.) in een deelgebied niet veranderen, heeft het deelgebied de kleur groen. Als er een verandering of trend optreedt, kan als waarschuwing het deelgebied een oranje kleur krijgen. Bij significante veranderingen, die vooraf instelde waarden overschrijden, krijgt het deelgebied een rode kleur ten teken dat er iets mis is. Nadere analyse moet de mate en oorzaak van afwijking vaststellen.
 - Lokale verdichtingen in het meetnet ten behoeve van een sanering kunnen worden 'opgehangen' aan de langjarige meetreeksen uit het bestaande grovere meetnet.
- Een vooruitblik naar de mogelijkheden van een HRM-meetsysteem in bijvoorbeeld 2005, waarbij met de 'lessen van vandaag' in de toekomst meer efficiënte meetnetten kunnen opzetten:
 - Wat is de dynamiek van het systeem, niet alleen voor de parameters stijghoogte, temperatuur, geleidbaarheid en zuurstof, maar mogelijk ook voor andere 'verontreinigingen'/kwaliteitsparameters?
 - Wat is een goede signaalwaarde?
 - Wat is een goede meetfrequentie?

Groep 2 (Peter, Jaap, Yvo en Timo):

- Er is directe informatie nodig om schade te voorkomen of bijvoorbeeld om regenwaterafvoer te kunnen afkoppelen.
- Er is behoefte aan methoden voor integrale verwerking van gegevens van verschillende aard.
- Een doorkijk van de mogelijkheden op korte en meer lange termijn geeft:
 - inzicht in de uitgangssituatie (en dan niet alleen het gemiddelde op $t = 0$, maar juist ook een variatie over een voorliggende periode: de 'dynamiek');
 - als vervolgstap mogelijkheden voor signalering van trends en van effecten van (eenmalige) activiteiten;
 - tot slot mogelijkheden tot het voorspellen van effecten op basis van dezelfde meetreeksen.

Groep 3 (Aris, Mela, John en Koen):

- Verantwoordelijkheden moeten worden gedefinieerd.
- Het opbouwen van een historie van metingen is noodzakelijk voordat het meetnet optimaal functioneert.

- Mogelijkheden voor specifieke (gefilterde) signalering.
- Inzicht in grondwater(stroming) ten behoeve van kwaliteit.
- Interactie van ingrepen kunnen zichtbaar worden gemaakt.
- Data-eigendomsproblemen moeten worden opgelost.

Bert geeft aan dat SKB als toepassing voor HRM ook nog dacht aan de mogelijkheid om restverontreinigingen te 'beheren'. De grondwaterstroming kan zodanig worden ingericht dat de verontreiniging wordt beheerst en in ieder geval niet op de verkeerde plek terechtkomt. Met HRM kan de opgelegde stroming in de gaten worden gehouden om het resultaat te controleren.

Ook is nog gesproken over de kosten van HRM (en meer in het bijzonder de divers) in relatie tot de opbrengsten voor het bodem- en grondwaterkwaliteitsbeheer. Een meetnet financieren alleen vanuit het oogpunt van bodem- en grondwaterkwaliteit lijkt niet haalbaar. Bij deze discussie is van belang dat het er in dit stadium nog niet primair om gaat de kosten af te wegen. We proberen nu eerst de mogelijkheden van HRM in beeld te brengen.

Een meetnet voor HRM zal ook nooit alleen in het kader van bodem- of grondwaterkwaliteitsbeheer worden aangelegd. Er zal naast een vraag vanuit het kwaliteitsbeheer altijd een behoefte (moeten) bestaan vanuit het grondwaterkwaliteitsbeheer, vanuit het rioolbeheer en vanuit het oppervlaktewaterbeheer (Hoogheemraadschap). Als in het kader van deze toepassingsgebieden een meetnet wordt aangelegd, speelt op een gegeven moment de vraag hoeveel profijt bodem- en grondwaterkwaliteit heeft bij een meetnet. Het lijkt logisch om de kosten van een aan te leggen meetnet uiteindelijk te verdelen over de verschillende partijen naar rato van gebruik.

5. **Afspraken voor volgende overleggen**

- Maandag 10 april 2000, 13.00 - 17.00 uur, IWACO-kantoor te Rotterdam.
(ontwikkelteam + werkgroep Bodem).
Verdeling taken en voorbereiding overleg met consortium.
- Dinsdag 9 mei 2000, 14.00 - 17.00 uur, gemeentehuis Delft.
(Hele consortium: ontwikkelteam, werkgroep Bodem, Klankbordgroep en SKB).
Overleg met het hele consortium over onder andere de prioritering van uit te werken vragen en de selectie van bijbehorende technieken.
- Maandag 26 juni 2000, 14.00 - 17.00 uur, IWACO-kantoor te Rotterdam?
(Hele consortium: ontwikkelteam, werkgroep Bodem, Klankbordgroep en SKB).
Stand van zaken halverwege de tweede fase, hoever staat het met de uitwerking van de vragen en methoden en technieken.
- Dinsdag 5 september 2000, 14.00 - 17.00 uur, IWACO-kantoor te Rotterdam?
(Hele consortium: ontwikkelteam, werkgroep Bodem, Klankbordgroep en SKB).
Bespreking voorlopige resultaten van het project.

Samenvatting en structurering resultaten

De discussies tijdens de workshop vragen om een structurering (en daarmee ook een definitie van uitgangspunten). Hiervoor wordt onderstaand een aanzet gedaan:

- Primair richten we ons op de mogelijkheden van HRM bij bodem- en grondwaterkwaliteitsbeheer. De 'grenzen' van het project zijn in figuur C1 weergegeven. De doelstelling van het project is de toepassingen van HRM blootleggen en de daarvoor benodigde methoden en technieken aanreiken. De nevendoelstelling is verder het leren van de mogelijkheden van zo'n systeem.
- De mogelijkheden van HRM kunnen in drie aandachtsgebieden worden onderverdeeld:
 - **Controlerende insteek** (presenteren, signaleren, monitoren, alarmeren):
 - * algemene verandering van het systeem signaleren (groene, oranje, rode lampjes);
 - * invloed van grondwateronttrekking, aanleg van parkeergarages, tunnels of ander ondergronds ruimtegebruik op verontreinigingen, saneringen, NA- of FEB-systemen en dergelijke;
 - * interactie van ingrepen zichtbaar maken;
 - * uitdampen van vinylchloride;
 - * macro's gebruiken als signalering;
 - * beheren 'restverontreiniging'.
 - **Defensieve insteek** (analyse achteraf, bijsturen, verzekering):
 - * na het afgaan van een alarm (bijvoorbeeld onverwachte verspreiding van verontreinigingen of wateroverlast) kan achteraf geanalyseerd worden wat de oorzaak is geweest en eventueel bijgestuurd worden;
 - * inzicht in de (dynamiek van de) nulsituatie;
 - * in aansluiting hierop kan gesproken worden over schade, schuld en andere verzekeringstechnische aspecten.
 - **Offensieve insteek** (leren van het systeem en voorspellen van effecten van ingrepen):
 - * inzicht in (de dynamiek van) het (grond)watersysteem (integraal, regionaal);
 - * verder bijvoorbeeld de invloed van oppervlaktewater op het grondwatersysteem of de rol van gestuwde bodemlagen;
 - * mogelijkheden van een goede (grond)waterbalans gebruiken;
 - * mogelijkheden voor afkoppelen van verhard oppervlak;
 - * gegevens als input voor een grondwatermodel of ander instrumentarium om effecten te voorspellen;
 - * signaleren van trends en die doorvertalen.
- Daarnaast wordt nog aspecten gesignaleerd die geschaard kunnen worden onder een meer algemene insteek van het project:
 - Hoe omgaan met grote datareeksen.
 - Hoe zit het met de betrouwbaarheid in de tijd.
 - Uniforme datasets.
 - Nu leren om straks meetnet effectief op te zetten (dynamiek van een systeem, signaalwaarden, meetfrequentie, meetnetoptimalisatie).
 - Dataset voor toetsing, historie opbouwen.
 - Hoe omgaan met verantwoordelijkheden.
 - Hoe zit het met data-eigendom.

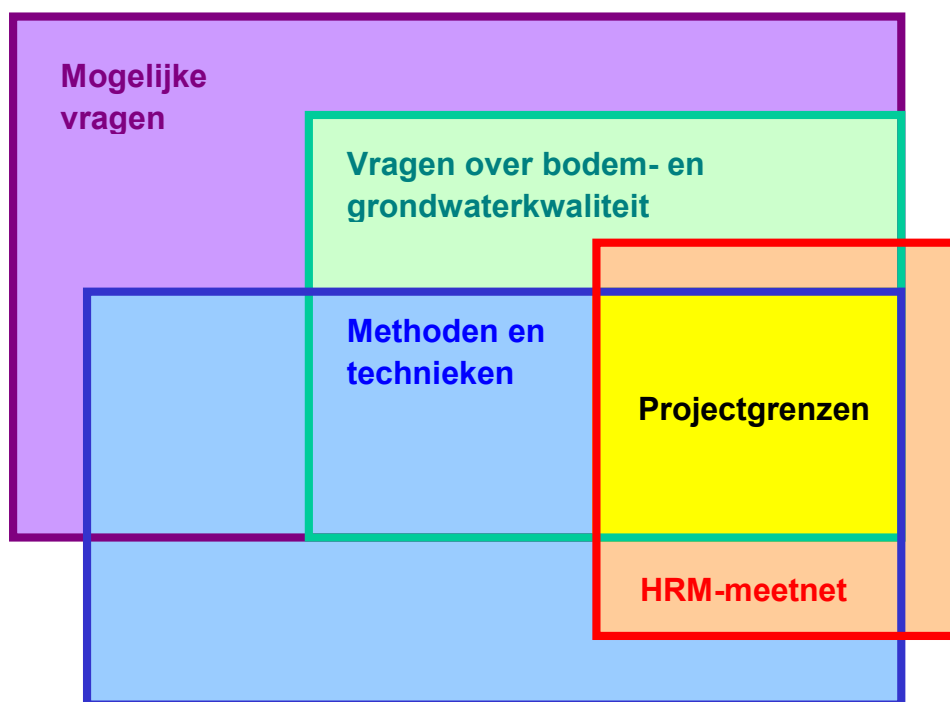


Fig. C1. Projectgrenzen.

VERSLAG VAN DE TWEEDE (INTERNE) WORKSHOP

Consortium SKB HRM Waterstad 2000

Aanwezig: Susanne Baas (gemeente Delft)
Maarten Noordhuis (gemeente Haarlem)
Piet Jan Boegem (gemeente Hilversum)
John Veldhoven (provincie Zuid-Holland)
William Slotboom (SKB)
Aris Lourens (TNO-NITG)
Floris Verhagen (GeoDelft)
Koen Weytingh (TTE)
Ronald van de Vliet, Timo Heimovaara en Ewoud van den Berg (IWACO, thans Royal Haskoning)

Afwezig: Jaap Tuit (gemeente Delft)
Mela Splinter (gemeente Arnhem)
Yvo Veenis (Groundwater Technology)
Peter de Vries (TTE)
Rolf Hetterschijt (TNO-NITG)

Verslag: Ewoud van den Berg
Datum: 9 mei 2000
Tijd: 14.00 - 17.00 uur

1. Toelichting op programma + doel van de middag

Het doel van de middag is om een keuze te maken voor 2 uit te werken cases en om de onderzoeksvragen per case verder te detailleren en prioriteren.

2. Terugblik op eerste workshop (13 maart 2000)

Ewoud geeft een korte terugblik op de eerste workshop.

Er zijn geen aanvullende opmerkingen op de tijdens de vorige workshop geïnterviewde toepassingsgebieden voor hoge resolutie monitoring.

William vraagt naar de planning voor de externe workshop zoals beschreven in het basis-projectplan. Tijdens de vorige workshop is besloten (op aangeven van Bert Satijn) om deze workshop niet aan het eind van de fase 1 te houden, omdat in deze periode door SKB al veel workshops worden georganiseerd. In plaats daarvan zal in september/oktober een externe workshop worden georganiseerd over de resultaten van het project. De workshop blijft dus wel op de planning staan, maar wordt alleen in de 2^e in plaats van in de 1^e fase uitgevoerd.

Voor een grove indeling van de toepassingsgebieden is nu gekozen voor een offensieve, controlerende en defensieve insteek. William oppert dat vanuit de visie van de gemeenten ook gekozen kan worden voor een indeling in beheren en ontwikkelen. Dat wij nu kiezen voor de eerstgenoemde indeling hangt mede samen met het feit dat we ons specifiek richten op de gebruiksmogelijkheden van het HRM-meetnet. Verder merkt William op dat hij verast is dat er zo veel toepassingen naar boven zijn gekomen.

Timo geeft nog een korte toelichting op het Wereld Water Forum (16 - 21 maart 2000) waar we in de stand van Waterstad 2000 hebben gestaan om het project toe te lichten (onder

andere aan de hand van een poster en een demo). Interessante reacties waren vooral gericht op het integrale van het meetnet. Door samen met waterschap, gemeente, provincie en andere belanghebbenden een meetnet in te richten worden de kosten gespreid. Indien iedereen een deel (evenredig naar belang/gebruik) voor zijn rekening neemt, kan een meetnet financieel haalbaar zijn.

3. Toelichting op 2 cases

CASE 1: 'HRM IN DELFT ALS GEHEEL'

Timo geeft een toelichting op het doel en de aanpak van de eerste case:

- We willen ervaring opdoen met databeheer, -verwerking en -visualisatie alsmede met verwerking van meetreeksen met statistische technieken of modelmatig.
- In deze case zullen we vooral de offensieve en controlerende insteek en in mindere mate de defensieve insteek kiezen.
- Het gaat bij de offensieve insteek bijvoorbeeld om de dynamiek in het grondwater per peilbuis, een ruimtelijk beeld van de dynamiek, een ruimtelijk beeld van de stijghoogten, de isohypsen/stroming en de bepalende factoren daarbij.
- Bij de controlerende insteek is het ons te doen om 'het bewaken van het grondwatersysteem'. Bijvoorbeeld het op vlak niveau controleren of het grondwatersysteem van karakter verandert. Of de gewenste grondwaterstand per vlak monitoren.
- Bij de defensieve insteek willen we 'de gegevens achteraf (her)gebruiken'. We denken dan bijvoorbeeld aan het uitvoeren van een grondwatermodellering ten behoeve van het ondergronds bouwen of het vaststellen van marges in grondwaterstand ten behoeve van het beoordelen van schadeclaims.

Naar aanleiding van de toelichting en met name het grote aantal uit te werken voorbeelden dat genoemd wordt, komen vragen naar voren zoals hoe ver we zullen gaan met de uitwerking? Wordt er geprogrammeerd (nee, in principe niet)? Hoeveel tijd kost het uitwerken van een vraag, en hoeveel tijd hebben we? Schatting is dat als we erg in detail gaan, er slechts tijd is voor het uitwerken van hooguit 1 vraag. Indien uitgegaan wordt van een conceptueel niveau kunnen waarschijnlijk enkele vragen uitgewerkt worden. In eerste instantie is dit laatste de bedoeling. We willen nu een lijst maken met vragen en een volgorde voor uitwerking. Mogelijk kunnen we bij het volgende overleg, als we meer inzicht hebben in de cases, de definitieve beslissing nemen over het niveau waarop een en ander wordt uitgewerkt.

Een andere vraag was in hoeverre nu al kennis beschikbaar is (bijvoorbeeld over divermetingen) die gebruikt kan worden binnen dit project. Aangeven wordt dat op verschillende onderdelen nu al kennis aanwezig is. In dit project wordt deze kennis meegenomen, gecombineerd en aangevuld. Bijvoorbeeld divermetingen met een hoge frequentie zijn sinds enige tijd beschikbaar (en al eens geanalyseerd), maar nog niet in zulke grote aantallen in een zo verdicht en uitgestrekt meetnet.

CASE 2: 'HRM BIJ BODEMVERONTREINIGING'

Floris geeft een toelichting op 2 bodemverontreinigingslocaties die in aanmerking kunnen komen om uit te werken in dit project. Vanuit het ontwikkelteam gaat de voorkeur uit naar een case op een voormalig industrieterrein, waar VOCI-verbindingen in de bodem zijn gezakt (zie fig. D1). Het betreft een ondiepe verontreiniging met per- en trichlooretheen wat in de bodem is afgebroken tot onder andere cis-1,2-dichlooretheen en vinylchloride. De verontreiniging is doorgedrongen tot in de holocene zandlaag, de holocene kleilaag en in lage concentraties tot in het eerste watervoerende pakket. De verontreiniging is gesaneerd

met behulp van onttrekking van grondwater met drains en bovengrondse zuivering van het water. De sanering is eind 1999 afgesloten. De verontreinigingsgraad is in twee jaar gedaald van meer dan 100.000 µg/l tot enkele honderden µg/l. Van de locatie zijn inmiddels lange meetreeksen beschikbaar. Controle van verspreiding van de verontreinigingen wordt in 2000 uitgevoerd door het bureau De Straat (bemonstering 1 à 3/jaar). Op de locatie bevinden zich thans woningen en de gemeente Delft is bevoegd gezag.

Binnen deze case zou het zinvol kunnen zijn om zuurstof te meten, wellicht is het ook noodzakelijk enkele aanvullende analyses uit te voeren. Deze case willen we voornamelijk vanuit een offensieve en controlerende insteek benaderen, maar daarover moet de aansluitende discussie (agendapunt 4/5) uitsluitsel geven.



Fig. D1. Schematische weergave van een locatie met VOCL-verontreiniging.

4./5. Uitdiepen van de uit te werken vragen per case

CASE 1: 'HRM IN DELFT ALS GEHEEL'

Type monitoring: Vooral offensief (leren van het grondwatersysteem) om te komen tot controlerende en defensieve toepassingen. Bij het leren van het grondwatersysteem zullen relevante en concrete vragen worden geïdentificeerd?

Doelstellingen

1. Ervaring op doen met het HRM-systeem. Hierbij gaat het in eerste instantie om data-beheer en datacorrectie (ook van belang voor case 2). Databeheer ligt in eerste instantie bij de meetneteigenaar. Datacorrectie enzovoorts vindt plaats bij de data-interpretatie (de gebruiker). Punten die nader aandacht behoeven zijn bijvoorbeeld het bijhouden van een instrumentlogboek en dergelijke. Uit de laatste informatie blijkt dat hierin al voor een groot gedeelte is voorzien.
2. Nadat de gegevens gecorrigeerd zijn kunnen ze worden geïnterpreteerd. In eerste instantie zullen de metingen gevisualiseerd moeten worden. Op welke wijze kan dit, welke wijze is relevant enzovoorts. Het gaat hierbij om zowel een temporele als een ruimtelijke visualisatie.

Uitwerking

Eerste uitwerking

Als de eerste tijdreeksen binnen zijn, wordt eerst gekeken op welke wijze de gegevens gecorrigeerd moeten worden. Het gaat daarbij om een barometercorrectie, een uitbijteranalyse en eventueel corrigeren voor inmeetfouten enzovoorts.

Zijn de tijdreeksen gevalideerd, dan worden de tijdreeksen statistisch gekarakteriseerd en gevisualiseerd. Hierbij moet worden gedacht aan verschillende soorten gemiddelden, standaarddeviaties, verschillen in de tijd enzovoorts. Typen informatie, die hieruit afgeleid kunnen worden, zijn patronen in de dynamiek, trage versus snelle systemen, enzovoorts.

De gemeten tijdreeksen kunnen ook worden gemiddeld over de ruimte. Geostatistische interpolatietechnieken kunnen gebruikt worden om kaartjes van gebieden te maken. De meetdichtheid van de peilbuizen is nog vrij grof (gemiddeld 300 m spreiding). In Delft is echter bijzonder veel oppervlaktewater met een vastgesteld peil aanwezig. Dit resulteert in een aanzienlijke verdichting van de meetdichtheid.

Tweede uitwerking

Om naar een controlerende monitoring te gaan moeten criteria worden vastgesteld waaraan de waarnemingen moeten voldoen. Deze criteria kunnen direct komen uit de bovengenoemde statistische analyse, maar deze kunnen ook komen uit een meer modelmatige beschouwing van de tijdreeksen. Centraal bij een controlerende monitoring staat het stellen van een verwachte meetwaarde en de toetsing van de meting aan deze verwachting.

Dit deel van het project is een verkenning naar mogelijke acties die uitgevoerd moeten worden om tot een controlerende monitoring te komen.

Vragen die aan bod kunnen komen zijn:

- Welke randvoorwaarden bepalen het freatisch grondwaterpeil in Delft?
- Is neerslag een belangrijke variabele? Reageert het freatisch grondwater traag op neerslag of wordt het water zo snel afgevoerd naar het oppervlaktewater dat het peil van het oppervlaktewater de primair bepalende randvoorwaarde is?
- Op welke wijze worden de verwachtingen bepaald?

Doel van dit onderzoek is een vertaling te zoeken naar zoveel mogelijke concrete toepassingen. Bijvoorbeeld de vraag: Hoe hoog staat het grondwater over een week als er binnen 24 uur 30 mm regen valt? Of het maken van kwetsbaarheidskaarten. Door koppelingen van grondwaterstanden met kelderdiepten of koppeling van stromingsrichtingen met vuilpluimen kan monitoring plaatsvinden.

CASE 2: 'HRM BIJ BODEMVERONTREINIGING'

Algemene doelstelling : het nut aantonen van HRM-metingen ten opzichte van het reguliere meetprogramma.

Toepassingen waarop we ons in case 2 toespitsen zijn:

1. De HRM-metingen worden gebruikt voor de toetsing of er sprake is van een stabiele eindsituatie. Een stabiele eindsituatie wordt bereikt als de mate van verspreiding door het grondwater in evenwicht is met de afbraak. HRM-metingen kunnen gebruikt worden bij een beter begrip van bovenstaande processen.

Daarom worden de volgende metingen uitgevoerd:

- a. HRM-metingen van stijghoogten in het holocene zandpakket. Hiermee kan een inschatting gemaakt worden van het (mogelijk dynamische) advectieve transportgedrag.
 - b. HRM-metingen van de temperatuur. Hiermee kan een beeld verkregen worden van mogelijke afbraak. De concentraties bronstoffen zijn relatief laag. Daarom zal gebruik worden gemaakt van referentietemperatuurmetingen in de omgeving voor een goede correctie van seizoensinvloeden.
 - c. Zuurstofmetingen worden *niet* gebruikt. Thans bestaat er nog onzekerheid over de betrouwbaarheid van de metingen in open peilbuizen. Aangeraden wordt om de uitkomsten van ander onderzoek naar het wegdrukken van zuurstofsondes eerst af te wachten. Inzet van (relatief dure) sensoren geeft nu waarschijnlijk meer discussie (die niet tot de doelstelling van het project behoort) dan nieuwe inzichten.
2. HRM-metingen worden gebruikt voor het beter inschatten van het uitdampingsgevaar van vinylchloride naar de lucht (kruipruimten). Het uitdampingsgevaar wordt bepaald door de hoogte van de grondwaterstand en de concentraties vinylchloride in het grondwater. Met HRM-metingen wordt een beter beeld verkregen van het blootstellingsrisico over de tijd. Daarom worden de volgende metingen uitgevoerd:
- a. HRM-meting van de grondwaterstand.
 - b. HRM-meting van de grondwaterkwaliteit. Mogelijk kunnen hier geleidbaarheidsmetingen worden gebruikt voor een karakterisering van het grondwatertype ('schoon' geïnfiltreerd regenwater of 'oud' verontreinigd grondwater).
3. In het eindrapport worden aanbevelingen gedaan over het algemeen gebruik van HRM-metingen bij saneringslocaties. Deze aanbevelingen kunnen gebruikt worden voor het opzetten van een geautomatiseerd bewakingssysteem (bijvoorbeeld in een BIS) voor andere gemeenten of provincies.

ALGEMEEN

Tijdens de workshop werd geconcludeerd dat de vragen en toepassingen die voor case 1 uitgewerkt worden nog concreter gemaakt kunnen worden. Bij het opstellen van de eindrapportage van fase 1 en het gedetailleerde basisprojectplan voor fase 2 zal deze concretisering plaatsvinden. Voor case 2 zijn de vragen al wel dermate concreet dat ze direct tot toepassingen leiden.

6. Vooruitblik

De projectovereenkomst met SKB is getekend en de samenwerkingsovereenkomst tussen de consortiumpartijen wordt de komende weken voor ondertekening rondgestuurd.

De komende weken wordt de eindrapportage van de eerste fase opgesteld evenals een beknopt gedetailleerd basisprojectplan voor fase 2. Dit kan voor akkoord naar de toetsingscommissie van SKB (week 21/22).

Geplande overleggen

- Maandag 26 juni 2000, 14.00 - 17.00 uur, IWACO-kantoor te Rotterdam.
(Hele consortium: ontwikkelteam, werkgroep Bodem, Klankbordgroep en SKB).
Stand van zaken halverwege de tweede fase, hoever staat het met de uitwerking van de 2 cases.
- Dinsdag 5 september 2000, 14.00 - 17.00 uur, IWACO-kantoor te Rotterdam.
(Hele consortium: ontwikkelteam, werkgroep Bodem, Klankbordgroep en SKB).
Bespreking voorlopige (eind)resultaten van het project.

BIJLAGE E

POSTER WERELD WATER FORUM

High Resolution Monitoring for Integrated Groundwater quality management in Urban Areas

The initiative for this project is taken by the foundation 'Waterstad 2000'. The project is partly funded by the research foundation SKB and is carried out by the cities of Delft, Haarlem, Arnhem and Hilversum, the province of Zuid-Holland, NITG-TNO, GeoDelft, TTE, Groundwater Technology and IWACO.

Within Waterstad 2000 approximately 250 water measurement points have been installed in the city of Delft. The measurements concern surface water and groundwater levels, sewer levels, precipitation and water quality (electrical conductivity, temperature and oxygen concentration). Each of these points can be read and controlled over internet, using technology currently being demonstrated in stand 35 (Waterstad 2000).

Study goals:

Cities and provinces have to cope with problems concerning groundwater (quality) management. High resolution monitoring in space and time can help solve some of these problems. To define which, is the goal of this project.

Many data analyses methods and techniques are available. The project aims to combine techniques and problems, in order to develop easy applicable solutions.

Technology Demonstration

Urban Integrated Water plan

Opportunities ?

Realisation & Demonstration

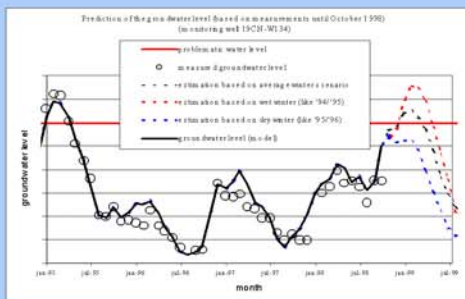
Supervision & Observation

- on-line
- green → ok
- orange → be warned
- red → alarm!



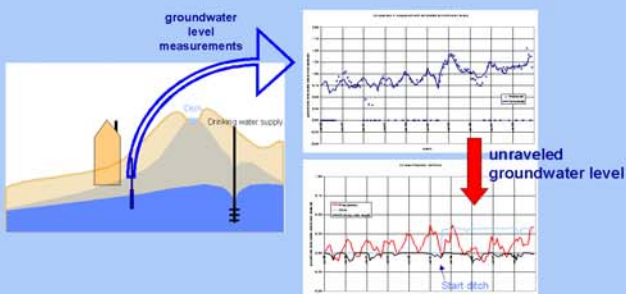
Offensive Monitoring

- learning
- predicting



Defensive Monitoring

- analyse
- insurance



OVERWEGINGEN TEN AANZIEN VAN DATASTRUCTUUR, MEETREEKSBEHEER EN INRICHTING VAN HET MEETSYSTEEM

F1 **Datastructuur**

F1.1 *Meetlocaties*

In het veld zijn meetlocaties gedefinieerd. Een meetlocatie is hier gedefinieerd als een x-, y-, z-locatie waar verschillende parameters gemeten kunnen worden. Een put met meerdere filters bevat dus meerdere meetlocaties. De meetlocatie bestaat uit een buis in de grond om grondwaterparameters te meten of is een locatie waar luchtdruk gemeten wordt. Deze locatiedefinities zijn van belang voor het gebruik van de gegenereerde tijdreeksen. Dat wil zeggen: men wil gebruikmaken van een tijdreeks die aan een meetlocatie hangt en niet van een tijdreeks die aan een meetinstrument hangt. De metingen kunnen gedaan worden als handmetingen of door middel van 'divers'. In de loop van de tijd kan er echter op één meetlocatie gebruik worden gemaakt van meerdere divers en dezelfde diver kan op meerdere locaties worden ingezet. De datastructuur moet daarin voorzien.

F1.2 *Correctie van grondwaterstandsmetingen*

In deze paragraaf worden de gebruikte berekeningen beschreven. In paragraaf F1.3 wordt, met behulp van figuur F1, de plaats van de verschillende berekeningen in de datastroom aangegeven.

Gebruikte symbolen

$p_{s,t}$	drukmeting van grondwaterstanden op tijdstip t
$p_{l,t}$	drukmeting van luchtdruk op tijdstip t
$h_{g,t}$	voor luchtdruk gecorrigeerde grondwaterstandsmetingen op tijdstip t
h_t	grondwaterstandsmeting ten opzichte van het meetpunt
h_t^{NAP}	grondwaterstandsmeting ten opzichte van NAP
m_t	handmeting van de grondwaterstand ten opzichte van het meetpunt
n_t	NAP-hoogte van het meetpunt
c_t	correctiefactor bepaald aan de hand van handmetingen waarmee de divermeting omgerekend wordt naar een meting ten opzichte van het meetpunt
t	tijdstip van de meting
τ	breedte van het interpolatie/toeken-interval; per interpolatie soort/formule wordt hiervoor een waarde vastgesteld
t^-	tijdstip van de meting voorafgaand of gelijk aan tijdstip t $t - \tau \leq t^- \leq t$
t^+	tijdstip van de meting eerstvolgend na of gelijk aan tijdstip t $t \leq t^+ \leq t + \tau$
$[t_{\min}, t_{\max}]$	periode waarbinnen de grondwaterstandsdiver een ongewijzigde positie in de peilbuis heeft
*	asterisk index: geïnterpoleerde of toegekende meting naar tijdstip t

In formule (1) wordt een luchtdruk berekend voor het tijdstip van de grondwaterstandsdivermeting om de luchtdrukcorrectie uit te voeren met behulp van formule (2). Wanneer er geen volgende of vorige luchtdrukmeting bekend is, worden respectievelijk de formules (1c) en (1d) gebruikt. Formule (1b) is een verbijzondering van formule (1a), daar valt het tijdstip van de luchtdrukmeting samen met het tijdstip van de waterstandsmeting. Bij het gebruik van formule (2) om de luchtdrukcorrectie uit te voeren, moet wel een kanttekening worden geplaatst. Voor ondiepe grondwater-

standen zal deze formule voldoen, maar voor diepere stijghoogten zal de correctie p^* kleiner moeten zijn of vertraagd. Dit is analoog aan het gebruik van een 'barometrische efficiëntie' bij pompproeven.

$$p_{l,t}^* = (p_{l,t^+} - p_{l,t^-}) \cdot \frac{(t - t^-)}{(t^+ - t^-)} + p_{l,t^-} \quad \text{als } t^- \neq t^+ \quad (1a)$$

$$p_{l,t}^* = p_{l,t} \quad \text{als } t^- = t^+ \quad (1b)$$

$$p_{l,t}^* = p_{l,t^-} \quad \text{als } t^+ = \text{onbekend} \quad (1c)$$

$$p_{l,t}^* = p_{l,t^+} \quad \text{als } t^- = \text{onbekend} \quad (1d)$$

$$h_{g,t} = p_{s,t} - p_{l,t}^* \quad (2)$$

Met behulp van formule (4) wordt de correctiefactor berekend om de waarden uit formule (2) om te rekenen naar waarden ten opzichte van het meetpunt van de meetlocatie. Indien op het tijdstip van de handmeting geen divermeting aanwezig is, kan met behulp van formule (3) een divermeting worden geïnterpoleerd. Voor de formules (3) geldt dat de tijdstippen t , t^- en t^+ allemaal in hetzelfde interval $[t_{\min}, t_{\max}]$ moeten vallen:

$$h_{g,t}^* = (h_{g,t^+} - h_{g,t^-}) \cdot \frac{(t - t^-)}{(t^+ - t^-)} + h_{g,t^-} \quad \text{als } t^- \neq t^+ \quad (3a)$$

$$h_{g,t}^* = h_{g,t} \quad \text{als } t^- = t^+ \quad (3b)$$

$$h_{g,t}^* = h_{g,t^-} \quad \text{als } t^+ = \text{onbekend} \quad (3c)$$

$$h_{g,t}^* = h_{g,t^+} \quad \text{als } t^- = \text{onbekend} \quad (3d)$$

$$c_t = m_t + h_{g,t}^* \quad (4)$$

Met behulp van formule (5a) wordt de driftcorrectie van de diver berekend door middel van lineaire interpolatie van de correctiefactor. Indien de diver geen drift kent, zou het voldoende zijn om de laatst bekende voorgaande correctiefactor te gebruiken. In de praktijk zal de driftcorrectie echter niet plaatsvinden, omdat bij het 'on line' waarnemen in het algemeen geen handmeting bekend is na de divermeting. Het is wel mogelijk om in eerste instantie de correctie toe te passen aan de hand van de laatst bekende handmeting (formule (5c)) en op een later tijdstip, wanneer nieuwe handmetingen beschikbaar zijn, de reeds gecorrigeerde waarden opnieuw te corrigeren maar dan ook voor drift. Het is dus belangrijk om een handmeting te doen wanneer er werkzaamheden gedaan worden bij een meetlocatie, zowel direct voor als na de werkzaamheden.

Aan de hand van formule (6) wordt de waterstand ten opzichte van het meetpunt uitgerekend. Een voorwaarde voor het corrigeren van de divermetingen naar metingen ten opzichte van het meet-

punt is dat er minimaal één handmeting beschikbaar is in een periode waarin de positie van de diver in de buis niet gewijzigd is.

Voor de formules (5) geldt dat de tijdstippen t , t^- en t^+ allemaal in hetzelfde interval $[t_{\min}, t_{\max}]$ moeten vallen:

$$c_t^* = (c_{t^+} - c_{t^-}) \cdot \frac{(t - t^-)}{(t^+ - t^-)} + c_{t^-} \quad \text{als } t^- \neq t^+ \quad (5a)$$

$$c_t^* = c_t \quad \text{als } t^- = t^+ \quad (5b)$$

$$c_t^* = c_{t^-} \quad \text{als } t^+ = \text{onbekend} \quad (5c)$$

$$c_t^* = c_{t^+} \quad \text{als } t^- = \text{onbekend} \quad (5d)$$

$$h_t = c_t^* - h_{g,t} \quad (6)$$

Met behulp van formule (7) wordt de grondwaterstand ten opzichte van het meetpunt omgerekend naar NAP-hoogte:

$$h_t^{\text{NAP}} = n_{t^-} - h_t \quad (7)$$

F1.3 *Stroomschema*

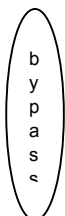
In figuur F1 is het stroomschema van de data weergegeven. De volgende symbolen zijn te onderscheiden:



Een bestand/file met de naam van het bestand.



Een bewerking waarbij uit één of meerdere bestanden een nieuw bestand ontstaat.



De 'bypass'bewerking zorgt ervoor dat alle niet-grondwaterstandsgegevens om een bewerking heen geleid worden.

Alle gebruikte bestanden worden beschreven in paragraaf F1.4.

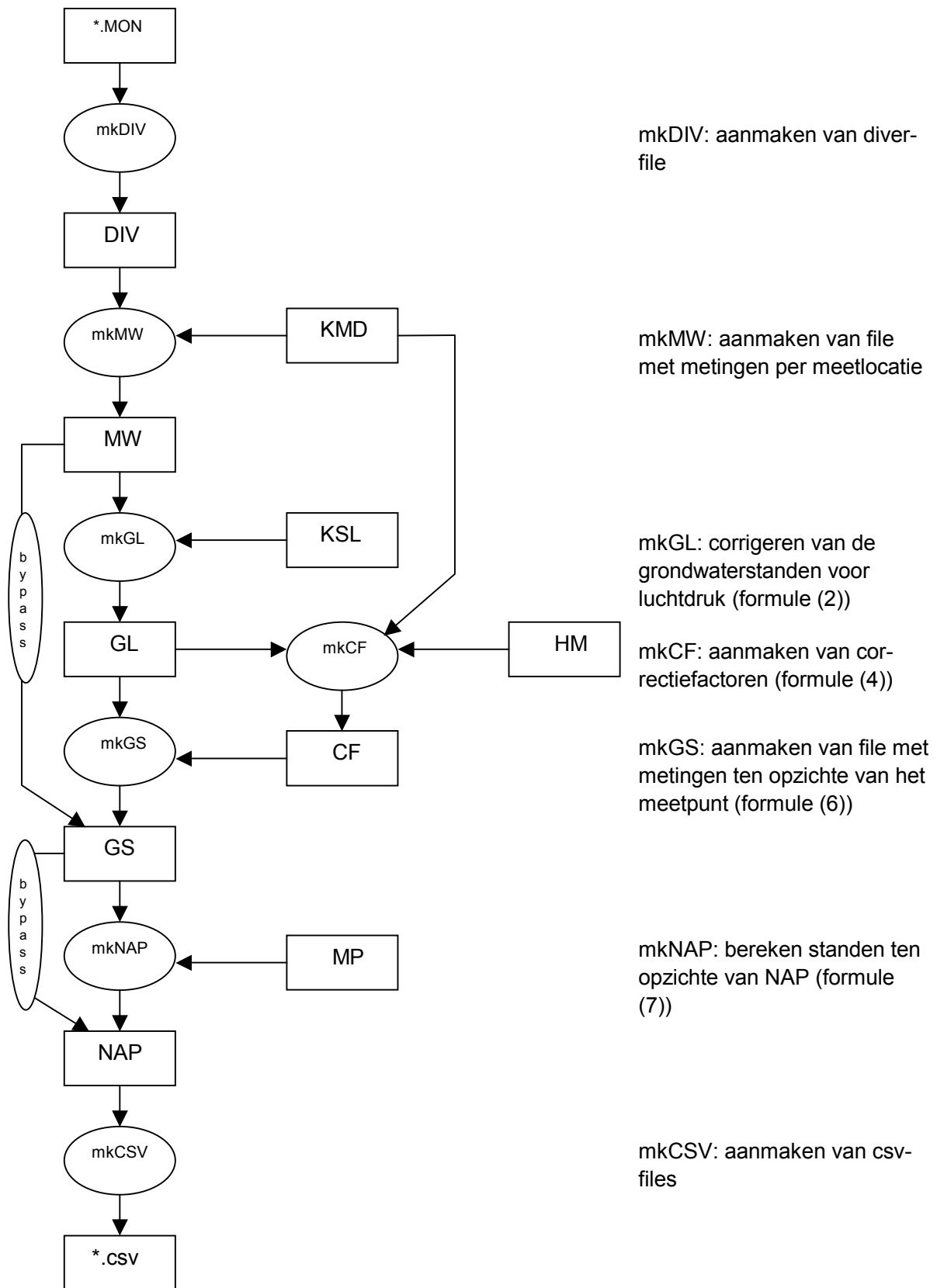


Fig. F1. Stroomschema voor het omwerken van diverdata.

F1.4 Bestanden

In de beschrijvingen van de bestanden wordt hieronder de recordstructuur van de benodigde bestanden beschreven. Elk bestand wordt door middel van een afkorting aangeduid waarmee er later aan gerefereerd kan worden.

Alle bestanden worden als ASCII-files opgeslagen. De redenen hiervoor zijn dat ASCII-files makkelijk uitwisselbaar zijn tussen verschillende platformen in tegenstelling tot binaire files. Het gebruik van een DBMS heeft als voordeel dat de data makkelijk beheerd kan worden maar als nadeel dat er altijd specifieke software noodzakelijk is. Het uitwisselen van de bewerkte data gebeurt via zogenaamde csv-files.

***.mon**

ASCII-bestanden uit enviromon. Dit is de ruwe data zoals die uit de divers komt. Wanneer in een later stadium de divers via zenders uitgelezen kunnen worden is het waarschijnlijk dat de ruwe data in een ander formaat aangeleverd wordt.

DIV

Diverbestand. Deze gegevens komen rechtstreeks uit de divers en zijn in een praktisch bruikbaar formaat gegoten.

did diver identificatie, dit is het nummer dat zich in de diver bevindt;
dt datum/tijd waarde;
type data type, E (Ec), O (zuurstof), T (temperatuur), P (druk, zowel voor grondwaterstanden als voor luchtdruk);
dv diver waarde, de waarde die rechtstreeks door de diver geleverd wordt.

KMD

Koppeling meetpunt-diver. Hier wordt aangegeven voor welke perioden [bdt,edt> welke divers voor welke meetlocatie meet. Per meetlocatie identificatie mag er geen overlap bestaan tussen de datumintervallen van verschillende records. Voor elke periode tussen twee momenten dat er iets met de diver is gebeurd (b.v. uitlezen), waardoor het niet zeker is dat de diver nadien op exact dezelfde hoogte hangt, moet er een record aan deze file toegevoegd worden. Dit is onder andere noodzakelijk om de correctiefactoren juist te kunnen berekenen. Dit bestand moet handmatig onderhouden worden.

mid meetlocatie identificatie;
bdt begin datum/tijd;
edt eind datum/tijd, in de periode tussen bdt en edt meet de diver did voor de meetlocatie mid;
did diver identificatie.

MW

Meetlocatiewaarden. In dit bestand zijn de divergegevens per meetlocatie samengevoegd. Het verschil met het bestand DIV is dat de identificatie de meetlocatie bevat en niet de diver identificatie. Dit hoeft geen 1:1 vertaling te zijn.

mid meetlocatie identificatie;
dt datum/tijd waarde;
type data type, E (Ec), O (zuurstof), T (temperatuur), P (druk, zowel voor grondwaterstanden (P_s) als voor luchtdruk (P_l));
dv diver waarde, de waarde die rechtstreeks door de diver geleverd wordt.

KSL

Koppeling standen-luchtdruk. Hier wordt aangegeven aan de hand van welke luchtdrukmeetlocatie een grondwaterstandsmeetlocatie gecorrigeerd moet worden. De correctie vindt dus niet plaats aan de hand van een luchtdrukdiver maar aan de hand van een luchtdrukmeetlocatie. Per meetlocatie identificatie mag er geen overlap bestaan tussen de datumintervallen van verschillende records. Dit bestand moet handmatig onderhouden worden.

mids	meetlocatie identificatie standen;
bdt	begin datum/tijd;
edt	eind datum/tijd, in de periode. Dit veld mag een 'oneindige waarde' bevatten wanneer dit het laatste record is voor de betreffende identificatie;
midl	meetlocatie identificatie luchtdruk.

GL

Op luchtdruk gecorrigeerde standen. Dit bestand bevat alleen grondwaterstanden, daardoor is er geen aanduiding van de datatype nodig.

mid	meetlocatie identificatie;
dt	datum/tijd van de handmeting;
stand	gecorrigeerde stand.

HM

Handmetingen. Bestand met grondwaterstandshandmetingen per grondwaterstandsmeetlocatie. Aan de hand van de handmetingen worden de correctiefactoren berekend. Deze correctiefactoren zijn geldig voor het tijdsinterval uit het bestand KMD waarbinnen het tijdstip van de handmeting (dt) valt. Het is dus noodzakelijk dat binnen ieder tijdsinterval van het KMD-bestand minimaal één handmeting beschikbaar is. Dit bestand moet handmatig onderhouden worden.

mids	meetlocatie standen;
dt	datum/tijd waarde;
stand	grondwaterstand ten opzichte van het meetpunt.

CF

Correctiefactoren. De correctiefactoren zijn voor een bepaalde periode geldig. Dit is de periode waarin de diverophanging niet gewijzigd is. In de gebruikte omrekening is de periode uit het KMD-bestand gebruikt. De begin en eind datum/stand zijn daaruit overgenomen.

mid	meetlocatie identificatie;
dt	datum/tijd van de handmeting;
bdt	begin datum/tijd;
edt	eind datum/tijd, in de periode;
midl	meetlocatie identificatie luchtdruk.

GS

Gecorrigeerde standen, definitief bestand met alle waarnemingen. De grondwaterstanden zijn hier bekend ten opzichte van het meetpunt. Aangezien dit een 'definitief' bestand is worden alle typen data erin opgeslagen. Indien op een later tijdstip nieuwe handmetingen beschikbaar komen, kan het noodzakelijk zijn dat een deel van de grondwaterstanden opnieuw berekend moet worden.

mid	meetlocatie identificatie;
dt	datum/tijd waarde;
type	data type, E (Ec), O (zuurstof), T (temperatuur), P (grondwaterstand ten opzichte van het meetpunt), P _l (luchtdruk);
val	waarde van de meting.

MP

Meetpunthoogten van de grondwaterstandslocaties/filters. Dit bestand moet handmatig onderhouden worden.

mid	meetlocatie identificatie;
bdt	begin datum/tijd;
edt	eind datum/tijd, in de periode. Dit veld mag een 'oneindige waarde' bevatten wanneer dit het laatste record is voor de betreffende identificatie;
mv	maaiveldhoogte ten opzichte van NAP;
mp	meetpunthoogte ten opzichte van NAP.

NAP

Gecorrigeerde standen, afgeleid bestand met alle waarnemingen. De grondwaterstanden zijn hier bekend ten opzichte van NAP. Verder is dit bestand gelijk aan GS.time.

mid	meetlocatie identificatie;
dt	datum/tijd waarde;
type	data type, E (Ec), O (zuurstof), T (temperatuur), P (grondwaterstand ten opzichte van het meetpunt), P _l (luchtdruk);
val	waarde van de meting

*.csv

Per meetreeks een csv-file.

- regel 1: identificatie;
regel 2: data type;
regel 3: ev: datum/tijd, dagnummer, waarde.

Het dagnummer is een reëel getal waarbij als nulput 1 januari 2000 gekozen is.

F2 Meetreeksbeheer

F2.1 *Eisen aan de meetreeksen*

Meetreeksen moeten voor zoveel mogelijk toepassingen kunnen worden gebruikt, waaronder óók voor toepassingen die nu nog niet zijn voorzien maar die in de toekomst van belang blijken te zijn. Daarnaast moeten de meetreeksen zo uniform mogelijk zijn, dat wil zeggen dat iedere gebruiker over dezelfde basisgegevens beschikt.

F2.2 *Gevolgen voor het meetreeksbeheer*

Voor een specifieke toepassing moeten meetreeksen vaak worden voorbewerkt om een zo goed mogelijke aansluiting te krijgen bij de probleemstelling. Zo kan de variatie in de tijd bijvoorbeeld worden teruggebracht naar een relevante variatie door de meetwaarden binnen perioden van relevante duur uit te middelen.

Dit is geïllustreerd aan de hand van een meetreeks van grondwaterstanden in figuur F2. Hierbij gaat echter een deel van de informatie verloren, namelijk die van de variatie binnen de gekozen periode. Presentatie van de meetreeks in de bewerkte vorm kan toepassing voor andere probleemstellingen dan onmogelijk maken.

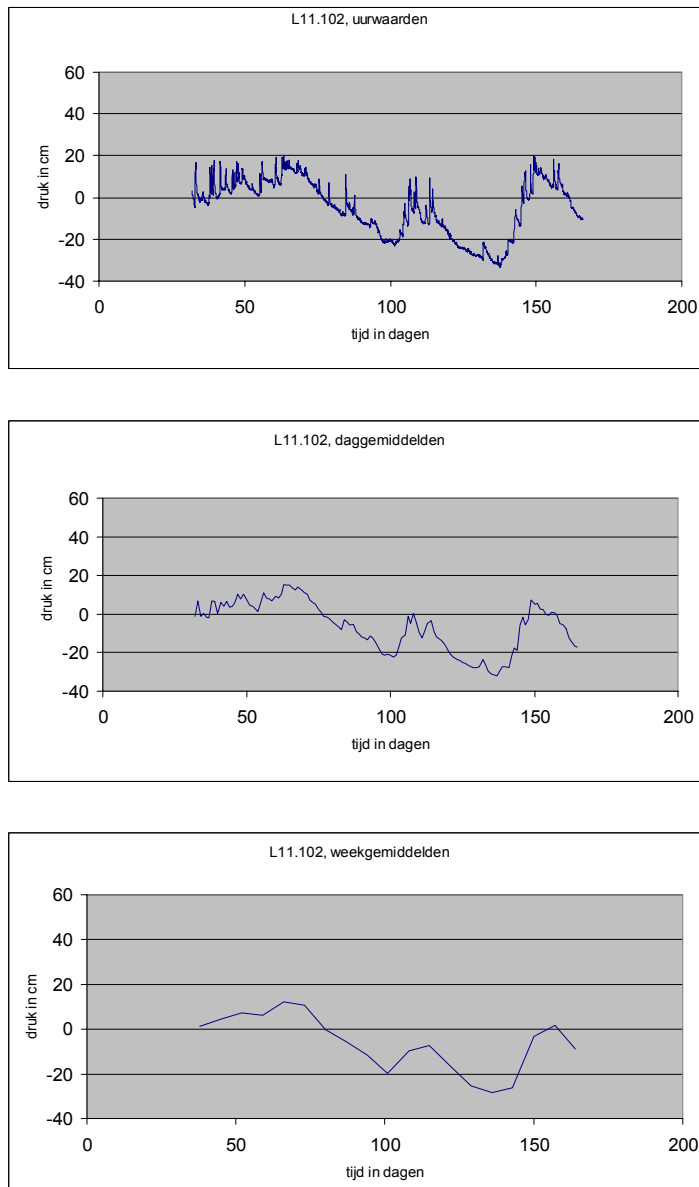


Fig. F2. Presentatie van eenzelfde meetreeks op basis van uurgemiddelde, daggemiddelde en weekgemiddelde waarden.

Evenzo worden meetreeksen vaak vertaald naar reeksen van een andere grootheid dan is gemeeten. Veel concentratiereeksen zijn feitelijk slechts millivoltagereeksen. Wanneer deze via een ijkreeks aan bijbehorende concentraties zijn gerelateerd, is presentatie als concentratiereeks op zich niet zo'n probleem. Wanneer in de vertaling echter ook correctiefactoren voorkomen, bijvoorbeeld voor invloeden van de bodemmatrix op het millivoltage, kunnen andere of toekomstige toepassingen worden gehinderd indien deze correctiefactoren toch niet zo eenduidig zijn als aanvankelijk is verondersteld.

Het beheer van de meetreeksen moet daarom zijn gericht op een zo oorspronkelijk mogelijke presentatie van de gegevens, dat wil zeggen dat daarin geen voorbewerkingen, transformaties of correcties zijn verwerkt.

Door diverse belanghebbenden (gemeenten) is aangegeven dat gehecht wordt aan een uniforme gegevensverzameling, zodat iedereen met dezelfde gegevens werkt. In dit kader is het gewenst dat de gegevensreeksen, zoals die worden verstrekt door de gegevensbeheerder, uniform zijn opgeschoond van 'onbetwistbaar foute waarden' en eventueel zijn vervangen door eveneens 'onbetwistbaar juiste waarden'. Het probleem hierin is dat waarden nooit onbetwistbaar fout zijn, laat staan dat deze door een onbetwistbaar juiste waarde kunnen worden vervangen.

Om de foutencorrecties te kunnen uitvoeren gelden de volgende eisen aan een (nieuw) meetnet:

- Bij een nieuw meetnet moet als eerste een luchtdrukdiver worden geïnstalleerd om alle standen te kunnen corrigeren. Verder is het van belang dat de luchtdrukdiver minimaal nog één meetinterval na het uitlezen van de laatste grondwaterstandsdiver uitgelezen wordt.
- Om een juiste correctie te kunnen uitvoeren, moeten handmetingen worden gedaan in een periode dat de diver 'ongestoord' meet. Dit betreft minimaal één meetinterval vóór het ophalen/uitlezen van de diver. De handmeting ligt dan altijd tussen twee divermetingen, waardoor de correctiefactor altijd bepaald kan worden op een geïnterpoleerde divermeting. Ook wordt voorkomen dat de handmeting tussen twee perioden komt te liggen waarin de diver niet volledig ongestoord is.
- Elke periode waarin de diver ongestoord is, dient minimaal één handmeting te bevatten omdat het nooit helemaal zeker is dat de diver op exact dezelfde hoogte teruggehangen wordt. Het tijdstip van de handmetingen dient daarbij altijd exact (op de minuut nauwkeurig) geregistreerd te worden. Tenslotte mogen handmetingen niet direct na het (terug)plaatsen van een diver gedaan worden, aangezien de stand in de buis dan verstoord kan zijn. Normaal gesproken dient hier tientallen minuten tot enkele uren tussen te zitten (minimaal circa 2 maal de meetfrequentie en verder afhankelijk van de doorlatendheid van de bodem).
- Het is van belang dat bekend is of een diver met winter- of zomertijd registreert. Dit is van belang voor het onderling vergelijken van de gegevens, voor het corrigeren op luchtdruk en corrigeren aan de hand van handmetingen. Handmetingen zullen normaal gesproken in lokale tijd (zomer of winter) geregistreerd worden.

F2.3 *Identificatie van 'foutieve waarden'*

Bij handmatige metingen, bijvoorbeeld het peilen van een peilbuis, kunnen menselijke fouten als verwisselingen van divers en verkeerde uitlezing leiden tot foutieve meetwaarden. Bij het gebruik van dataloggers is de kans op het optreden van fouten kleiner. Toch kunnen nog de volgende fouten optreden:

1. installatiefouten (bijvoorbeeld foute waterpassing of foute nulmeting);
2. langzame afwijking van de divers (verloop);
3. uitval van divers.

De meest duidelijke 'foutieve waarden' treden op indien een duidelijke externe oorzaak is aan te geven, dat wil zeggen een oorzaak die buiten de meetreeks zelf ligt. Voorbeelden zijn meters die kapot zijn of waarvan de batterijen leeg zijn. De foute waarden staan dan meestal niet op zichzelf, maar liggen in een reeks die in het algemeen duidelijk opvalt. Het verwijderen van deze waarden staat veelal niet ter discussie, hoewel een duidelijk criterium ontbreekt (zie fig. F3).

Minder duidelijk detecteerbaar zijn alleenliggende, foutieve waarden. Indien deze veroorzaakt zijn door 'haperingen' in het meetsysteem, kenmerken zij zich vaak door een standaard, extreem hoge of extreem lage waarde. In dat geval kunnen de waarden optisch in grafieken, maar ook reken-technisch gemakkelijk worden opgespoord en geëlimeerd.

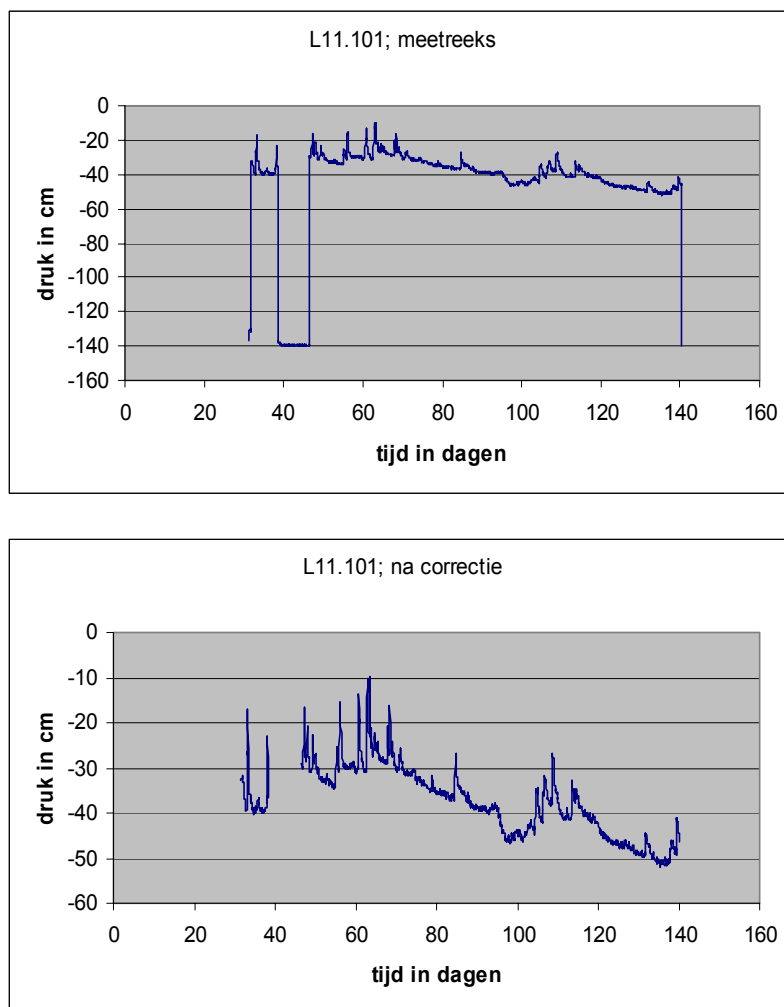


Fig. F3. Opsporen van foutieve waarden en correctie daarop.

In alle andere gevallen zijn foutieve waarden alleen op te sporen door analyse van de meetreeks zélf, eventueel in samenhang met andere meetreeksen. Het oordeel is in deze gevallen echter vrijwel altijd aanvechtbaar. Statistisch gezien gaat het om uitbijterselectie. Uitbijters zijn niet per definitie 'foutieve waarden', maar slechts waarden waarvoor de kans op voorkomen onder enkele, vrij stringente aannamen klein is. De aannamen zijn:

- dat de waarnemingen onafhankelijk zijn;
- dat de waarnemingen afkomstig zijn uit een gedefiniëerde, zich niet-wijzigende (of uitbreidende) populatie.

In meetreeksen waarin periodiciteit en trends een belangrijke rol spelen, kan, zonder correctie, alleen in heel korte reeksen (bij trends), of juist in heel lange reeksen (bij periodiciteit) bij benadering aan deze aannamen worden voldaan. Correctie voor de periodiciteit of voor de trend zou een oplossing kunnen zijn, maar is strijdig met de eerder geformuleerde eis dat de meetgegevens zo min mogelijk moeten worden voorbewerkt. Vanwege de onzekere relatie tussen 'foutieve waarden' en 'extreme waarden' en de slechte aansluiting bij de eisen voor uitbijterselectie, kan uitbijterselectie in de fase van meetreeksbeheer beter niet worden uitgevoerd. Uitbijterselectie kan beter plaatsvinden als eerste werkzaamheid in de interpretatie van de meetreeksen.

F2.4 *Ontbrekende waarden*

Wanneer een waarde als 'foutief' is geïdentificeerd, doet zich de vraag voor of de waarde alleen maar uit de meetreeks moet worden verwijderd óf dat een nieuwe, betere waarde ervoor moet worden ingevuld. Het uitsluitend verwijderen van de foutieve waarden voldoet het beste aan de eerder geformuleerde eis dat meetreeksen zo min mogelijk zouden moeten worden bewerkt ten einde een maximum aan potentiële toepassingen, ook in de toekomst mogelijk te maken. Aan de andere kant kunnen sommige (statistische) verwerkingstechnieken alleen worden toegepast wanneer de waarnemingen gelijkmatig over de reeks zijn verdeeld. Deze verdeling wordt door het wegvallen van de foutieve waarden verstoord.

Het puriteins tegenhouden van het invullen van ontbrekende waarden als zijnde een ontoelaatbare voorbewerking kan worden bestreden met het argument dat over de vervangende waarde eigenlijk geen discussie bestaat en dat deze dus vanuit het oogpunt van gewenste uniformiteit maar het beste in een zo vroeg mogelijk stadium kan worden ingevuld. Dit is met name het geval in situaties met geïsoleerd liggende foute waarden.

De foutieve waarde zal dan in vrijwel iedere toepassing worden vervangen door interpolatie tussen de voorliggende en de eerstvolgende waarde. Dubieuzer wordt dit echter, wanneer er meer waarden in een aansluitend traject moeten worden ingevuld. Het invullen van ontbrekende waarden heeft bovendien als fundamenteel bezwaar dat het weliswaar niet het gemiddelde van de meetreeks beïnvloedt, maar wél de standaardafwijking. Dit effect is bij slechts enkele in te vullen waarden in een lange reeks echter weer verwaarloosbaar.

Een punt van aandacht is wellicht ook de betrouwbaarheid van de waarden die in de buurt liggen van de foutieve waarden, met name indien deze zijn veroorzaakt door storingen in de meetapparatuur. Wanneer ging de meter precies kapot en hoe lang gaf de meter met een bijna lege batterij nog goede waarden? Het lijkt daarom gewenst om de perioden met manco's duidelijk te registreren, zodat bij latere interpretatie eventuele geconstateerde afwijkingen in de buurt van deze perioden alsnog hiermee in verband kunnen worden gebracht. Indien de registratie van de foute waarnemingen gebeurt aan de hand van bijvoorbeeld een lettercode, bestaat niet het gevaar dat door onachtzaamheid tóch met de waarden wordt gerekend.

Het ontbreken van een eenduidig criterium wanneer interpolatie tussen naastliggende waarden wél en niet toelaatbaar is en de wenselijkheid om perioden van niet goed functioneren te kunnen herkennen, leidt ertoe dat het invullen van ontbrekende waarden beter niet in de fase van meetreeksbeheer kan plaatsvinden maar in de fase van gegevensverwerking.

F3 **Inrichting van het meetsysteem**

In hoofdstuk 4 van het hoofdrapport zijn richtwaarden gegeven voor de maximale frequenties en maximale dichtheden van het meetnet in relatie tot specifieke problemen. De werkelijk benodigde frequenties en dichtheden kunnen lager zijn indien:

- er samenhang bestaat tussen waarnemingen op nabijgelegen punten (ruimtelijke samenhang);
- er samenhang bestaat tussen waarnemingen op opeenvolgende tijdstippen (temporele samenhang);
- er samenhang bestaat tussen de waarnemingen op een punt met een andere parameter, zoals regenval of oppervlaktewaterpeil;
- gebruik kan worden gemaakt van een steekproef in plaats van een gebiedsdekkende benadering.

F3.1 Ruimtelijke en temporele samenhang

Indien de vraagstelling een relevant oppervlak definieert van bijvoorbeeld de oppervlakte van een woning maar waarnemingen over veel grotere afstanden gecorreleerd zijn, is het niet nodig om ter plaatse van iedere woning een meting te verrichten. Evenzo behoeft een relevante tijdsperiode van een uur niet automatisch te betekenen dat voor het schatten van het uurgemiddelde ook ieder uur moet worden gemeten indien de waarnemingen op opeenvolgende uren sterk gecorreleerd zijn. De grootte van de correlatie in ruimtelijke en temporele zin, en de daaraan gekoppelde afname in de benodigde meetdichtheid en meetfrequentie kan na afloop van de karakterisatiefase worden bepaald aan de hand van semi-variogrammen en autocorrelogrammen.

In een representatief deel van het onderzoeksgebied kan een meetsysteem worden ingericht zoals is weergegeven in figuur F4. In twee richtingen worden op een afstand van respectievelijk een kwart, de helft, eenmaal, tweemaal, viermaal en eventueel acht- en zestienmaal de wortel uit de relevante oppervlakte divers geïnstalleerd, waarbij metingen worden verricht met een frequentie van viermaal per relevante periode. De meetreeksen kunnen worden verwerkt in semi-variogrammen waarin de toename van de variantie is weergegeven als functie van de afstand tussen de meetpunten in elk van beide richtingen en in autocorrelogrammen waarin de variantie is weergegeven als functie van de tijd tussen de metingen in elk van de meetpunten.

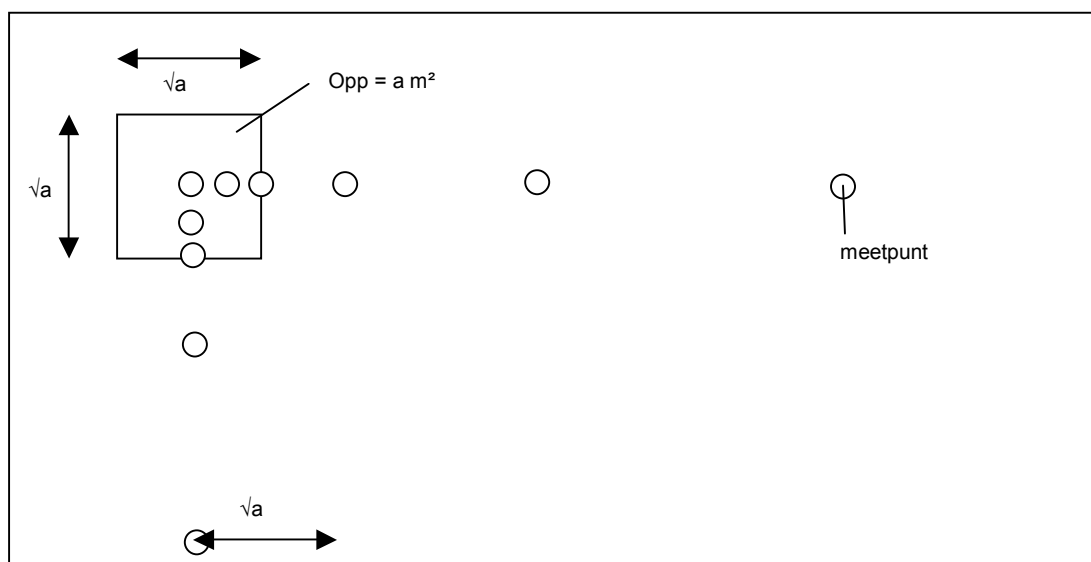


Fig. F4. Meetsysteem.

Uit de semi-variogrammen kan worden afgelezen tot welke afstand metingen (ruimtelijk) afhankelijk van elkaar zijn. Voor een gebiedsdekkend beeld kunnen meetpunten dus maximaal deze afstand van elkaar verwijderd zijn. Uit de autocorrelogrammen kan worden afgelezen wat de tijdsduur is waarbinnen metingen van één meetreeks (temporeel) afhankelijk van elkaar zijn. Voor een periodedekkend beeld kunnen metingen dus maximaal deze periode in tijd verschillen. De betreffende waarden voor meetnetdichtheid in ruimte en tijd kunnen vervolgens worden vertaald naar een efficiëntiebeoordeling van de conventionele meetmethode (het langssturen van een opnemer), het gebruik van een datalogger met handmatige uitlezing en het gebruik van een datalogger met telemetrische uitlezing (zie hoofdstuk 6 in het hoofdrapport).

Twee voorbeelden van een autocorrelogram zijn weergegeven in figuur F5. Uit figuur F5 blijkt dat op meetpunt L11.102 de metingen tot circa 10 dagen sterk afhankelijk zijn van elkaar, want een autocorrelatie hoger dan circa 0,5 geeft aan dat metingen binnen die periode (in dit geval 10 dagen) sterk samenhangen. Daarna is de 'voorspellende' waarde van een meting klein. Op meet-

punt L27.103 hangen de metingen sterker samen, tot circa 16 dagen. Op de wijze waarop aan de hand van autocorrelogrammen de meetfrequentie kan worden geoptimaliseerd, wordt uitvoerig in paragraaf F3.4 ingegaan.

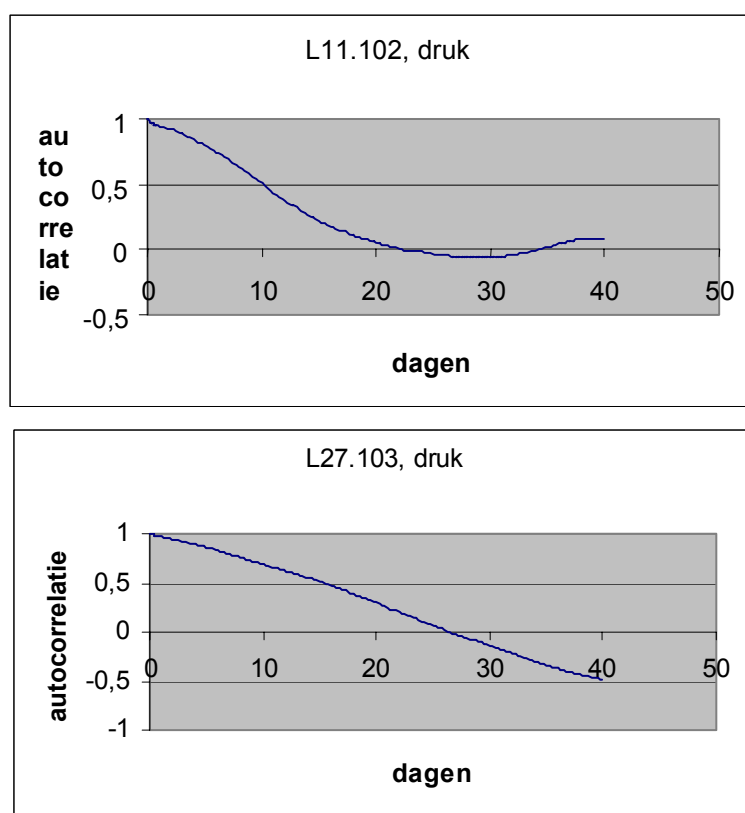


Fig. F5. Autocorrelogrammen voor de meetreeksen van twee meetpunten.

F3.2 *Samenhang met andere parameters*

De effectiviteit van het meten kan sterk worden vergroot indien parameters een sterke samenhang vertonen. Voor grondwaterstanden in het freatisch pakket geldt zo'n samenhang met neerslag en oppervlaktewaterpeilen. Op een vergelijkbare manier als de autocorrelatie de afhankelijkheid van metingen binnen eenzelfde meetreeks aangeeft, kunnen kruiscorrelaties deze geven voor twee verschillende reeksen. Met name van de kruiscorrelatie met de lokale neerslag bestaan hoge verwachtingen, omdat de meetreekspatronen erop duiden dat de grondwaterstand sterk op regenval reageert. Indien de kruiscorrelaties van de grondwaterstand op peilpunten met de neerslag significant is, kan aan de hand van enkel een lokaal gemeten neerslag de grondwaterstand op een groot aantal nabijgelegen meetpunten worden voorspeld. In de monitoringsperiode kan zodoende sterk worden bezuinigd op het aantal meetpunten indien in de karakteriseringsperiode geïnvesteerd is in een lokaal veel dichter meetnet waarmee de benodigde kruiscorrelaties zijn vastgesteld.

F3.3 *Steekproefbenadering*

De mate waarin in een monitoringsperiode een gebiedsdekkend beeld nodig is, hangt af van de ernst van het probleem en van de kans dat dit probleem zich voordoet (het risico). Wateroverlast in kelders en kruipruimten is vervelend maar niet direct 'gezondheidsbedreigend'. Met name in wijken waar de grondwaterstand normaal gesproken ver onder de kelder- of kruipruimtevloer ligt en de schommelingen in grondwaterstand ten opzichte daarvan klein zijn, kan worden volstaan

met een meetnet dat in ruimtelijke zin sterk is uitgedund. Dit meetnet is dan zeker niet gebieds-dekkend en de verkregen meetreeksen moeten als steekproef worden beoordeeld.

Een voorbeeld hiervan is het meetnet in wijk 22 van case 1. De relevant geachte daggemiddelde grondwaterstanden in deze wijk liggen op alle (acht) meetpunten gedurende de gehele meetperiode dieper dan NAP -2 m en ruim beneden de vloer van kelders of kruipruimten. Tevens zijn de schommelingen ruim kleiner dan het verschil tussen de gemiddelde grondwaterstand en de onderzijde van de kelders en kruipruimten. Bovendien vertonen alle meetreeksen hetzelfde patroon. De steekproef duidt er derhalve op dat de grondwaterstand zich in de gehele wijk op eenzelfde wijze gedraagt en dat de daarbij optredende variaties geen aanleiding geven plekken aanwezig te veronderstellen waar zich op enig moment problemen zouden kunnen voordoen (zie ook fig. 8 uit het hoofdrapport).

In wijk 13 daarentegen varieert de grondwaterstand sterk, waarbij de daggemiddelde stand op enkele punten tot vlak onder of zelfs boven het verwachte niveau van kelders en kruipruimten stijgt (zie bijlage G (fig. 3): L13.102, L13.111 en L13.117). Bovendien vertonen enkele meetreeksen een duidelijk afwijkend patroon en is er op deze punten dus duidelijk sprake van afwijkend gedrag (L13.103 en L13.117). Voor het monitoren van de grondwaterstand in deze wijk is het beschikbare aantal meetpunten (vierentwintig) waarschijnlijk onvoldoende om een goed (gebieds-dekkend) beeld voor de wijk te genereren (maar vanwege het ontbreken van semi-variogrammen is dit niet met zekerheid aan te geven).

F3.4 *Vaststellen van de meetfrequentie*

In het HRM-project Waterstad 2000 wordt gemeten met een hoge frequentie van 1 keer per uur. Deze frequentie is niet altijd nodig. Hier wordt uiteengezet hoe statistisch bepaald kan worden wat de minimale monitoringsfrequentie is.

Om te bepalen wat de benodigde meetfrequentie is, zijn twee dingen belangrijk: wat is het meetdoel en welke eigenschappen heeft de te meten tijdreeks.

Wanneer het nodig is om binnen één of enkele uren te reageren op een overschreden niveau dan is het noodzakelijk om ook inderdaad een frequentie van eenmaal per uur of minimaal enkele malen per dag te hanteren. Wanneer echter uit metingen in het verleden is gebleken dat het verloop in het niveau met niet meer dan enkele centimeters per week varieert, behoeft er bij een stand van twintig centimeter onder het interventieniveau nog niet eens eenmaal per week gemeten te worden.

Om doelstelling en meetfrequentie goed op elkaar af te stemmen geeft de autocorrelatie een goede indicatie van de grilligheid van de reeks. De autocorrelatie is een maat voor de gelijkenis van waarnemingen in bijvoorbeeld een tijdreeks op verschillende tijdsafstanden. Waarnemingen die in de tijd dicht bij elkaar liggen, lijken in de regel veel op elkaar en hebben dientengevolge een hoge correlatie en waarnemingen die ver van elkaar af liggen, lijken minder op elkaar en hebben een bijbehorende lagere correlatie. De autocorrelatie is een genormeerde waarde waarbij de waarde altijd tussen 1 en -1 ligt. Daarbij is de autocorrelatie op tijdsafstand 0 altijd gelijk aan 1 (dit is de correlatie van een waarneming met zichzelf) en hebben ongecorreleerde waarnemingen altijd een autocorrelatie van 0. Bij een volledig negatieve correlatie zijn de waarden elkaars tegengestelde ten opzichte van het gemiddelde van de reeks. Dit kan gebeuren bij een cyclische reeks, bijvoorbeeld een zomer-winterfluctuatie. In het gebruik betekent dit dat waarnemingen op een bepaalde tijdsafstand met een hoge correlatie weinig toevoegen aan informatie-inhoud van de tijdreeks, terwijl ongecorreleerde waarnemingen juist veel toevoegen.

In figuur F6 is voor de meetpunten L28.108 en L25.202 de tijdreeks en het bijbehorende autocorrellogram weergegeven.

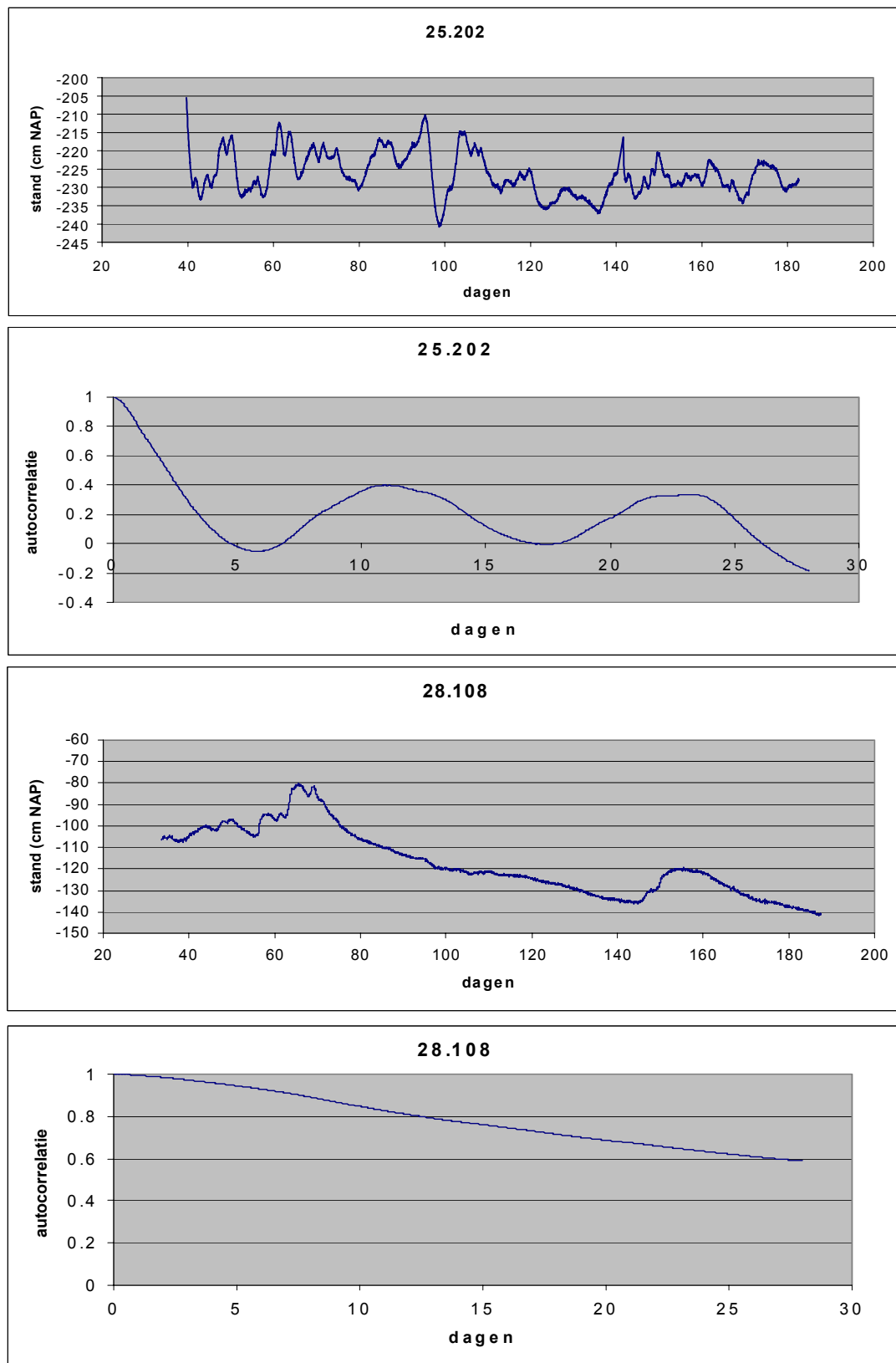


Fig. F6. Voorbeeld van twee meetreeksen met hun autocorrellogram.

Als voorbeeld wordt hier het berekenen van het reeksgemiddelde (bijvoorbeeld de gemiddelde grondwaterstand) gegeven door middel van het doen van waarnemingen in een bepaalde periode. De vraag is dan: welke nauwkeurigheid kan er gehaald worden bij het waarnemen in een bepaalde periode en met welke frequentie moet er waargenomen worden? Als maat voor de nauwkeurigheid kunnen we de variantie gebruiken. Om de variantie vast te kunnen stellen is de volgende formule van toepassing:

$$\text{var}_{\text{gemiddelde}} = \text{var}_{\text{reeks}}/N$$

Hierbij is $\text{var}_{\text{gemiddelde}}$ de variantie van het te bepalen gemiddelde, $\text{var}_{\text{reeks}}$ de variantie van 'de te meten reeks' en N het aantal waarnemingen dat gedaan wordt om het gemiddelde te bepalen. Uit de formule blijkt dat wanneer het aantal waarnemingen naar oneindig gaat het berekende gemiddelde met een variantie van nul berekend kan worden en dus exact is. Een addertje onder het gras is echter dat N het aantal onafhankelijke waarnemingen moet zijn, dus waarnemingen die onderling een correlatie van nul hebben. In een tijdreeks zal dit nooit het geval zijn, tenzij de waarnemingen zo ver uit elkaar liggen dat er geen onderling verband meer aanwezig is. Een dergelijke frequentie is echter geen realistisch doel aangezien een meetinspanning in de regel gedaan wordt om die verbanden in de tijd juist wel te vinden. Om nu toch de bovenstaande formule toe te kunnen passen moet N vervangen worden door $N_{\text{effectief}}$. Dit is het aantal onafhankelijk waarnemingen dat overblijft uit een aantal waarnemingen nadat ze gecorrigeerd zijn voor de onderlinge correlatie. $N_{\text{effectief}}$ kan berekend worden met de volgende formule:

$$N_{\text{effectief}} = N / \sum \sum \text{abs}(\rho_{i,j})$$

Hierbij wordt N gedeeld door de som van de absolute waarde van alle correlaties ($\rho_{i,j}$) tussen de waarnemingen onderling, dit zijn NxN correlaties. In tabel F1 is het aantal effectieve waarnemingen gegeven in reeksen van respectievelijk 672, 336, 168, 84, 28, 14 en 4 waarnemingen binnen een periode van 4 weken om het gemiddelde over deze 4-weekse periode te berekenen. Daarbij komt 672 overeen met één waarneming per uur en 4 komt overeen met één waarneming per week.

Tabel F1. Aantal effectieve waarnemingen voor het vaststellen van het 4-weeksgemiddelde bij verschillende aantallen waarnemingen binnen deze periode.

	672	336	168	84	28	14	4
13.103	1.580	1.580	1.580	1.580	1.580	1.580	1.555
25.202	3.599	3.599	3.599	3.597	3.597	3.522	2.857
25.202org	2.258	2.257	2.257	2.256	2.245	2.209	1.979
28.108	1.159	1.159	1.159	1.159	1.159	1.158	1.150
Ltd2	4.652	4.652	4.652	4.651	4.651	4.510	3.912

Uit tabel F1 is af te lezen dat hoge aantallen waarnemingen nagenoeg niets bijdragen aan $N_{\text{effectief}}$ en daarmee aan de nauwkeurigheid waarmee het verlangde gemiddelde berekend kan worden. Wanneer het gemiddelde nauwkeuriger bekend moet zijn, is de enige oplossing meten over een langere periode dan vier weken. Hoogfrequent meten (meer dan circa 14 waarnemingen per 4 weken) heeft voor bovengenoemde vraagstelling dus geen enkel nut. Dit houdt niet in dat hoogfrequent meten geen zin heeft. Wanneer de doelstelling bijvoorbeeld is om een verandering in het niveau van tien centimeter te detecteren, is in figuur F7 duidelijk te zien dat dan meten met een frequentie van eenmaal per dag noodzakelijk is.

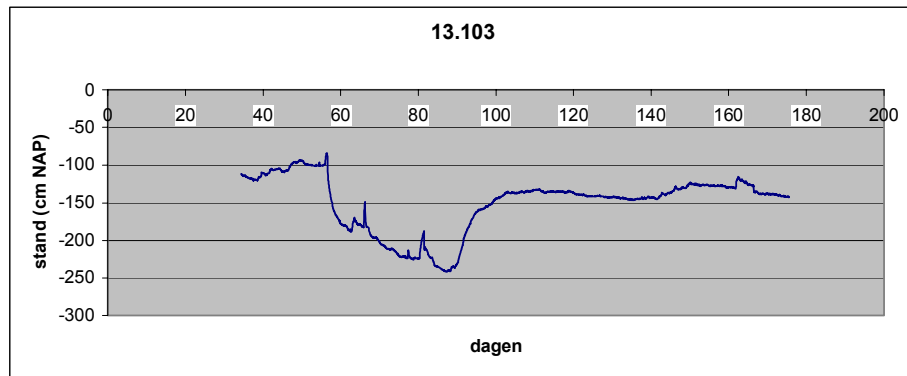


Fig. F7. Voorbeeld van een reeks waarvoor minimaal dagwaarnemingen nodig zijn om een verandering van het niveau van 10 centimeter vast te stellen.

De hier gepresenteerde getallen moeten nog met enige voorzichtigheid gehanteerd worden, omdat deze bepaald zijn op relatief korte meetreeksen van enkele maanden. In het geval van grondwaterstandsreeksen is het in de regel noodzakelijk om minimaal een jaar (alle seizoenen) te meten om de proceskarakteristieken enigszins goed in beeld te krijgen.

CASE 1: HRM IN DELFT ALS GEHEEL

G1 Doelstelling van case 1

De doelstelling van case 1 is tweeledig. Enerzijds worden ervaringen opgedaan met databeheer en datacorrectie van HRM-systemen. De resultaten hiervan zijn uitgewerkt in bijlage F. Anderzijds zijn met behulp van de resultaten van deze case de eerste 3 gestelde stellingen beschouwd:

- Stelling 1: Wateroverlast
HRM is een middel om snel wateroverlast (in kruipruimten) te signaleren.
- Stelling 2: Uitdamprisico
De HRM-metingen kunnen gebruikt worden voor het beter inschatten van het uitdampingsgevaar van vinylchloride naar de lucht (kruipruimten).
- Stelling 3: Verspreiding grondwaterverontreinigingen
HRM is een middel om een verandering in de grondwaterstroming(srichting) te signaleren, waardoor het beheer van grondwaterverontreinigingen wordt verbeterd en sanering en beheerssystemen beter ontworpen kunnen worden.

De beschouwing van de stellingen is uitgewerkt in hoofdstuk 4 van het hoofdrapport.

G2 Gegevensbewerking van case 1

Het HRM-systeem meet met een hoge resolutie in tijd en in ruimte:

- één meting per uur is voor een regionaal meetnet een hoge resolutie vergeleken met de conventionele meetfrequentie van eens per 14 dagen;
- 20 meetpunten in één wijk is een relatief hoge dichtheid ten opzichte van 5 of minder meetpunten per wijk.

De peilbuizen zijn genummerd naar de wijknummering die binnen de gemeente Delft wordt gehanteerd en het watervoerende pakket dat zij bemeten. Zo is peilbuis 13.217 een peilbuis met nummer 17 in wijk 13 in het eerste watervoerende pakket (pakket onder de deklaag). Peilbuis 13.117 ligt op dezelfde locatie, maar meet het freatische grondwater.

Ten behoeve van de uitwerking van case 1 hebben we de wijken opgedeeld in zogenaamde deelwijken. De deelwijkgrenzen vallen samen met polderpeilgrenzen. Op deze wijze zijn min of meer homogene hydrologische systeemgebieden gecreëerd.

De divers zijn in januari tot halverwege de maand februari geïnstalleerd. De meetperiode verschilt daardoor per diver. Alle divers zijn vanaf 15 juni 2000 uitgelezen. Omdat dit als gevolg van het nog niet functioneren van het zendsysteem handmatig moest gebeuren, heeft het uitlezen meer dagen in beslag genomen en zijn er ook aan het einde van de meetperiode verschillen in de lengte van de meetreeksen ontstaan. Ten behoeve van de gegevensverwerking zijn de meetreeksen alleen opgeschoond van waarden die volgens het logboek onjuist moeten zijn. Het betreft uitsluitend waarden vóór het begin van de meetperiode en waarden ten tijde van het uitlezen. De foutieve waarden tijdens het uitlezen zijn het gevolg van het nog niet functioneren van het zendsysteem tijdens de proefperiode. De divers moesten daarom ten behoeve van een handmatige uitlezing tijdelijk worden verwijderd, waardoor de foutieve meetwaarden zijn ontstaan.

Acht divers zijn bovendien op 20 mei 2000 tussentijds uitgelezen om aan de hand van de verkregen meetreeksen alvast enige ervaring op te kunnen doen in de verwerking ervan. Het betreft de meetpunten L11.101, L11.102, L13.101, L13.201, L22.102, L25.202, L27.101 en L27.103. In deze meetreeksen zijn op de betreffende dag een zestal meetwaarden verwijderd en vervangen door een tijdgewogen gemiddelde waarde tussen de laatste nog goede meting en de eerstvolgende weer goede meting. Het invullen van de ontbrekende waarden heeft naar verwachting alleen effect op resultaten die betrekking hebben op perioden die korter zijn dan twee à drie dagen en waarbinnen de aanvullende waarden geheel of gedeeltelijk vallen.

Voor case 1 zijn in totaal 116 meetreeksen geselecteerd uit een totaal van 131 beschikbare meetreeksen. De gebruikte reeksen besloegen ten minste de volledige serie waarnemingen vanaf 14 februari (dag 45) tot en met 12 juni (dag 163). De niet-gebruikte reeksen misten binnen deze periode één of meer gedeelten, waardoor de daardoor veroorzaakte discontinuïteit veel aanpassingen zou vergen bij de statistische verwerking. De eerdergenoemde acht meetreeksen uit het proefbestand van 20 mei zijn in beginsel niet hierin begrepen, omdat voor deze reeksen aanvullende waarden zijn ingevuld. Circa tien meetreeksen hadden extra in bewerking kunnen worden genomen indien de overlappende meetperiode was ingekort met twee weken (vanaf dag 59). De totale lengte van de proefperiode, die toch al aan de korte kant was, zou daarmee erg kort worden.

G3 Analyse van de metingen

Voor de uitwerking van case 1 is dus uiteindelijk gebruikgemaakt van 116 meetreeksen die het freatische grondwater elk uur hebben gemeten tussen 14 februari 2000 en 12 juni 2000.

In paragraaf G3.1 van deze bijlage worden eerst de analyses toegelicht die zijn gebruikt voor de meetreeksen. Hiermee worden bepaalde kenmerken van een meetreeks vastgesteld. Vervolgens wordt een beeld geschetst van de praktische visuele toepassing van een HRM-systeem. In de laatste drie paragrafen wordt ter illustratie een aantal karakteristieken grafisch gepresenteerd. Daarmee wordt een blik geworpen op een mogelijke wijze van toepassing van een HRM-systeem.

G3.1 Karakteristieken van meetreeksen

Een afzonderlijke meetreeks van een diver bevat op uurbasis gegevens van een lange periode. Deze gegevens geven informatie over de grondwaterstand in de nabijheid van de peilbuis. Om inzicht te krijgen in welke informatie impliciet aanwezig is in de meetreeks, moeten we de meetreeks samenvatten in een beperkt aantal karakteristieken.

Voorbeelden van karakteristieken zijn: gemiddelde, variatie, maximum, minimum, enzovoorts. Vervolgens kunnen deze karakteristieken over een bepaalde periode worden bepaald: daggemiddelde, weekgemiddelde, maandgemiddelde, enzovoorts.

Van deze karakteristieken kunnen weer afgeleiden worden bepaald in temporele zin en in ruimtelijke zin. Een voorbeeld van een tijdsafhankelijke afgeleide is de verandering van de gemiddelde grondwaterstand van week tot week. Voorbeelden van afgeleiden in ruimtelijke zin zijn: de gemiddelde grondwaterstromingsrichting in een bepaalde week en de gemiddelde grondwaterstandsdiepte op een dag ten opzichte van het maaiveld.

De lijst met mogelijke karakteristieken, volgend uit combinaties van het bovenstaande, is bijna eindeloos. In het kader van deze case is voor iets meer dan 100 diverreeksen in Delft een beperkt aantal karakteristieken bepaald.

Naast karakteristieken heeft elke peilbuis een aantal vaste eigenschappen, zoals locatie, maai-veldhoogte en filterdiepte. Deze eigenschappen kunnen samen met de karakteristieken ook weer afgeleide karakteristieken vormen.

In tabel G1 is een samenvatting van de parameters weergegeven. Na paragraaf G4 is in tabel G2 de lijst met eigenschappen en bepaalde karakteristieken per peilbuis opgenomen.

Tabel G1. Samenvatting van de parameters.

soort parameter	parameter
eigenschappen	locatie (x,y, z, pakket, wijk)
karakteristieken	gemiddelde per periode verandering van periodegemiddelde ten opzichte van de vorige periode standaarddeviatie van de meetreeks in een periode gemiddelde diepte van de grondwaterstand verschillen tussen verschillende karakteristieken autocorrelatie in een reeks

In de paragrafen G3.3 tot en met G3.5 worden drie karakteristieken of afgeleiden daarvan beschouwd: de gemiddelde grondwaterstand, de variatie van de grondwaterstand en de richting van de grondwaterstroming.

G3.2 Grafische presentatie en toepassing

De grafische presentatie waarvoor we hebben gekozen in case 1 is een illustratie van hoe een werkelijk HRM-systeem eruit kan zien. De gebiedsbeheerder heeft daarbij de beschikking over een digitaal overzicht over het beheersgebied. In het kader van de bewaking van het systeem fungeert het als een kaart met lampjes. Als er op een meetlocatie een verandering in het systeem plaatsvindt, begint er op die plek een lampje te branden, of krijgt bijvoorbeeld een groen lampje een rode kleur.

Vervolgens moet de gebruiker door kunnen klikken naar meer detail: grafieken van een wijk, grafiek van een meetpunt, enzovoorts. Afhankelijk van zijn/haar bevindingen kan besloten worden meer actie te ondernemen.

In de volgende paragrafen wordt aan de hand van een aantal voorbeelden een doorkijkje gegeven naar een mogelijke uitwerking van deze grafische presentatie.

G3.3 Gemiddelde grondwaterstand

Voor het eerste voorbeeld is de gemiddelde grondwaterstand in de derde week van april 2000 (week 16) gepresenteerd. Per peilbuis is het gemiddelde van week 16 bepaald (ten opzichte van NAP). In figuur G1 zijn de puntwaarden met kleur geclassificeerd (kleine bolletjes). Daarnaast is het gemiddelde van de gehele maand april weergegeven (iets groter bolletjes). Zie ook figuur G4a tot en met G4d aan het eind van deze bijlage.

Hieruit volgen de verschillen per punt in temporele zin: in hoeverre verschilt de gemiddelde stand van een bepaalde week van het gemiddelde in diezelfde maand. Tegelijkertijd krijgt men door het gebruik van kleuren (op wijkniveau) een gebiedsdekkend overzicht, die een gebruiker kan waar-schuwen voor afwijkingen in het watersysteem.

Met behulp van de gemiddelden per punt is ook het maandgemiddelde van deelwijken bepaald (gekleurde vlakken). Daarbij zijn alle metingen in één deelwijk gemiddeld. Hieruit volgt de ruimte-

lijke differentiatie. Een duidelijk afwijkende kleur in een punt ten opzichte van de wijk duidt op een ander systeem of een meetfout ter plaatse van de peilbuis ten opzichte van de gehele wijk. Hieruit volgen dus ook uitschieters in ruimtelijke zin.

In de hier gepresenteerde afbeeldingen is een arbitraire klassenindeling gekozen. De hoeveelheid en de waarde van de klassengrenzen kan per gebruiker per probleem worden aangepast.

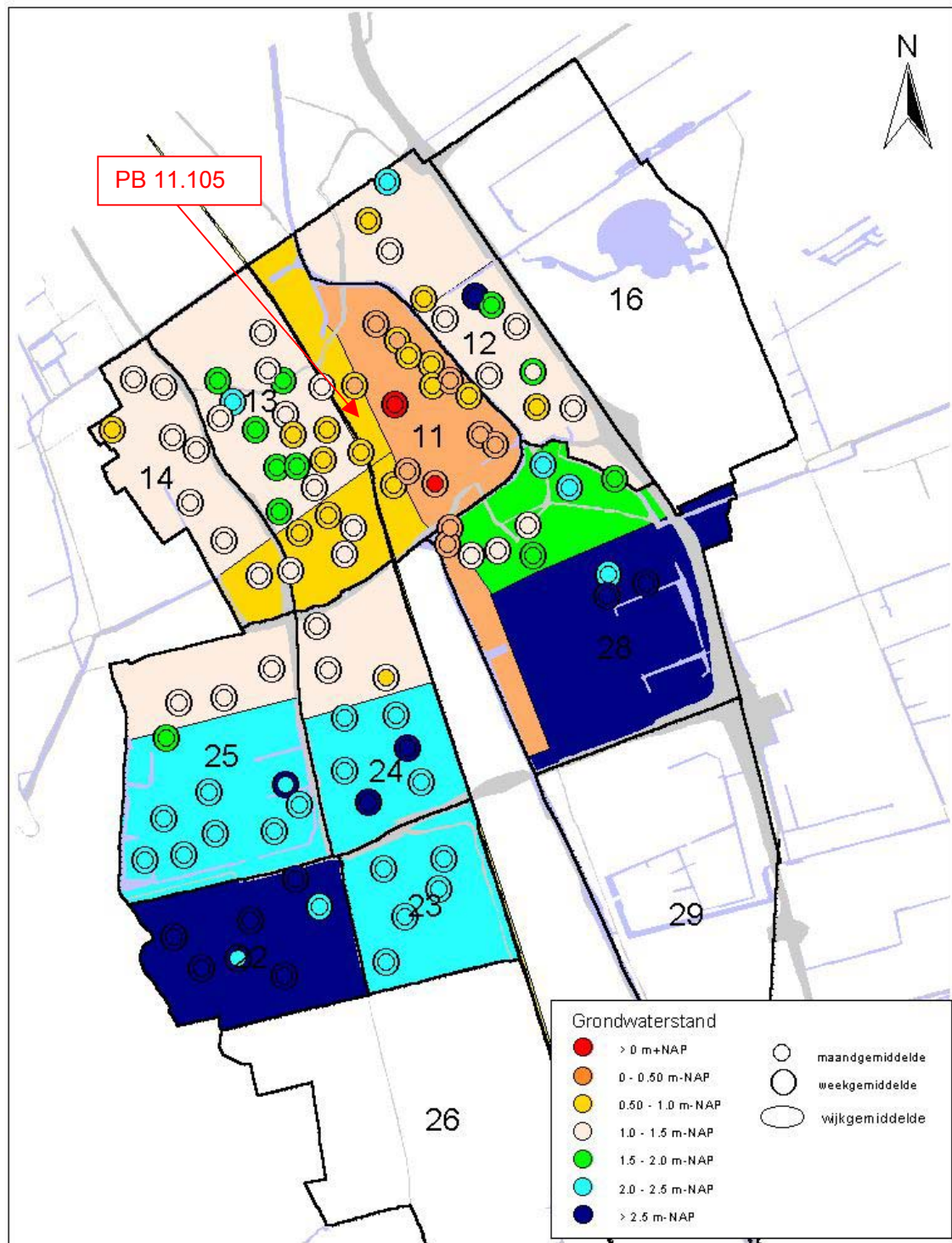


Fig. G1. Gemiddelde grondwaterstand.

Een concreet voorbeeld hiervan doet zich voor in wijk 11. In wijk 11 is één punt dat zowel op basis van weekcijfers als maandcijfers significant afwijkt van het wijkgemiddelde (peilbuis 11.105). Dit vraagt om een nadere beschouwing. In figuur G2 zijn de gemeten tijdreeksen in wijk 11 in één figuur weergegeven.

Aan het eind van deze bijlage is een paginagrootte versie van figuur G2 weergegeven (zie fig. G5).

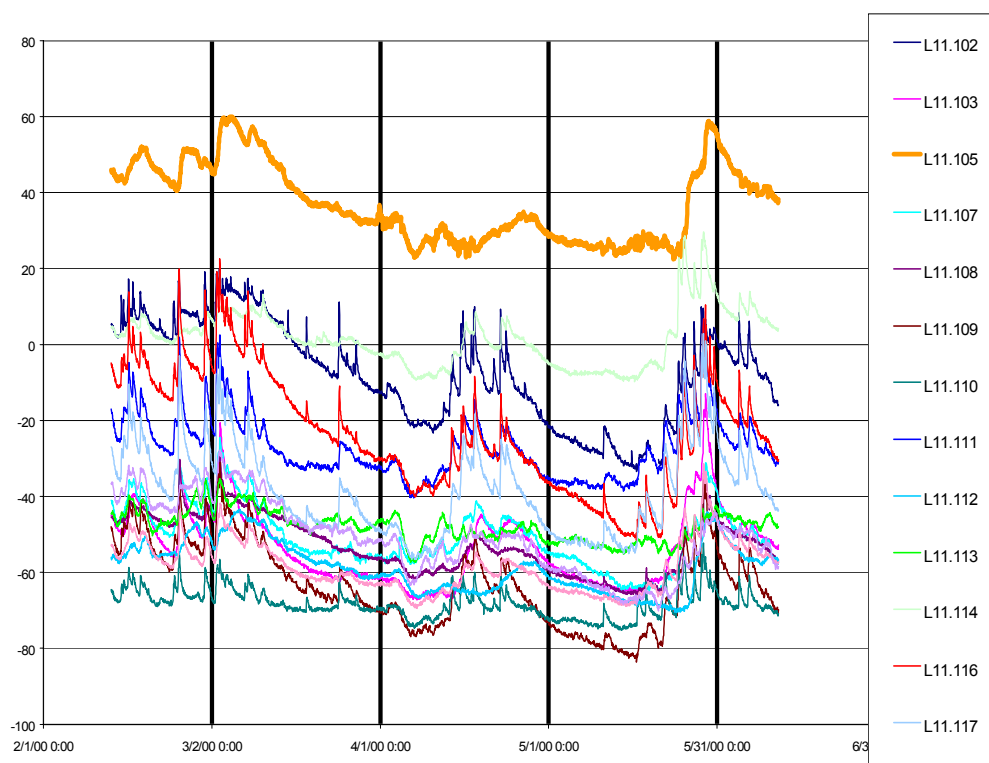


Fig. G2. Tijdreeksen van wijk 11.

In de grafiek is in één oogopslag duidelijk dat peilbuis 11.105 structureel op een hoger niveau ligt dan de overige peilbuizen in de wijk. Het dynamisch gedrag van het grondwater is niet heel veel anders. Geohydrologisch kan de hogere grondwaterstand niet worden verklaard. Waarschijnlijk is hier sprake van een inmeetfout. Na opnieuw inmeten van het meetpunt kan deze afwijking worden gecorrigeerd. Bij het opzetten en instellen van een HRM-systeem mag men verwachten dat men vaker tegen dit soort problemen zal aanlopen.

In het eerste gebiedsdekkende figuur is de grondwaterstand ten opzicht van NAP uitgedrukt. In het kader van wateroverlast of uitdampingsgevaar van VOCI-verbindingen kan het wenselijk zijn om over het beheersgebied de grondwaterdiepte onder het maaiveld in beeld te hebben. Een voorbeeld hiervan is aan het eind van deze bijlage weergegeven in figuur G6a tot en met G6d. Wellicht is voor een aantal toepassingen het gemiddelde over een week niet zozeer interessant, dan wel de situatie op een bepaalde dag. Dit leidt tot een vergelijkbare afbeelding, met wellicht meer variatie.

Hiermee is een voorbeeld gegeven van een toepassing van HRM die aansluit bij de door de gemeenten geformuleerde vragen en doelen van een dergelijk monitoringssysteem.

G3.4 Variatie van de grondwaterstand

Eén van de doelstellingen van een HRM-systeem kan zijn, dat je als gebiedsbeheerder wil signaleren als er iets in het systeem verandert. Een verandering van het systeem, door bijvoorbeeld een tijdelijke bemaling, kan gevolgen hebben voor de verspreiding van verontreinigingen.

Het niveau van het grondwater verandert continu. Dit is het gevolg van de variatie in het weer: regen en zonneschijn. In figuur G2 wordt dit duidelijk aan het einde van de maand mei, waarin tamelijk veel neerslag is gevallen. Deze natuurlijke variatie betekent dat als we een verandering in het systeem willen signaleren, we verschillende meetreeksen met elkaar moeten vergelijken. Bijvoorbeeld: als in een bepaald deelgebied in alle peilbuizen de grondwaterstand omhoog gaat, terwijl hij in één peilbuis omlaag gaat, kan dit aanleiding zijn om de omgeving van deze peilbuis eens nader te bekijken.

Bij wijze van voorbeeld beschouwen we de verandering van de gemiddelde grondwaterstand in een week. In het bijzonder kijken we naar de verandering van de grondwaterstand van week 12 ten opzichte van week 11 (derde en vierde week van maart). Deze verandering is uitgedrukt in een snelheid van centimeters per dag. Aan het eind van deze bijlage is in figuur G7a tot en met G7c een overzicht gegeven van de resultaten van week 10, 11 en 12 per peilbuis en de deelwijk-gemiddelden.

In wijk 13 kan peilbuis 13.117 als afwijkend gezien worden. In deze peilbuis is de veranderings-snelheid veel hoger dan in de omliggende peilbuizen. Een nadere analyse is hier gewenst. In figuur G3 zijn de gemeten tijdreeksen in wijk 13 weergegeven. Hieruit is af te leiden dat de grondwaterstand in peilbuis 13.117 in de maand maart een aanzienlijke verlaging ondervindt, terwijl dit in de andere peilbuizen niet het geval is. Aan het eind van deze bijlage is een paginagrootte versie van figuur G3 weergegeven (zie fig. G8).

Overigens zien we een dergelijk verschijnsel optreden in peilbuis 13.103 in de tweede helft van februari. De grondwaterstand wordt in deze buis weer hoger aan het einde van de maand maart.

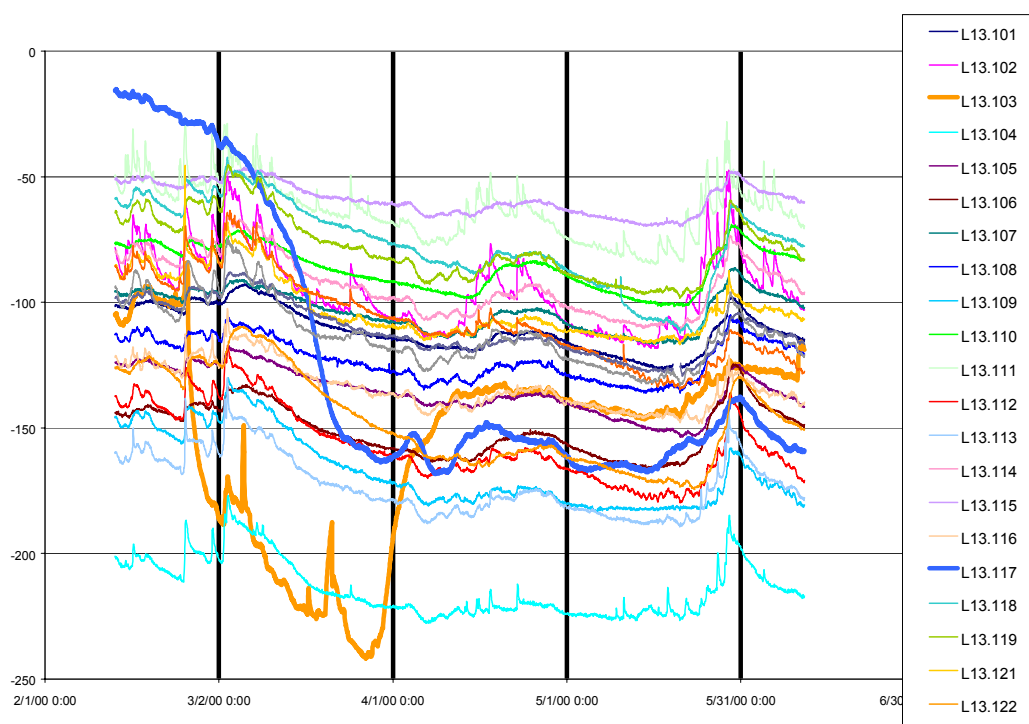


Fig. G3. Tijdreeksen van wijk 13.

In het kader van dit project is niet achterhaald wat de oorzaak van deze verlagingen is geweest. Wellicht is er sprake van een bemaling of een tijdelijke drainage. Dit voorbeeld illustreert wat de functie van een HRM-systeem kan zijn.

G3.5 *Richting van de grondwaterstroming*

Met behulp van een meetnet dat voldoende dichtheid heeft kan een beeld worden geschetst van de richting van de grondwaterstroming. Dit is uitgewerkt voor wijk 13. Voor deze wijk is op basis van maandgemiddelde grondwaterstanden de stromingsrichting en grootte bepaald voor de maand maart, april en mei (zie fig. G9a t/m G9c aan het eind van deze bijlage). Daarbij is uitgegaan van uniforme stroming tussen 3 punten.

De stroming is uitgedrukt in een richting (graden) en een verhang (m/m).

Uit de analyse bleek dat het verschil tussen de stromingsrichting en grootte niet veel verschilde van maand tot maand, met uitzondering van de omgeving rond peilbuis 13.117 (zie ook paragraaf G3.4). Dit duidt erop dat het systeem door de tijd heen, wat betreft stijghoogteverschillen en patronen gedurende de beschouwde periode niet veel verandert. Door dit voor langere en meerdere perioden te doen, wordt een analyse van de dynamiek van het gebied gemaakt en blijkt ook de eventuele noodzaak van HRM.

Aan het eind van deze bijlage is in figuur G9b het berekende stromingspatroon van april weergegeven. In de analyse is geen rekening gehouden met de aanwezigheid van oppervlaktewater en drainage. Het resultaat levert mede daardoor geen consistent beeld op. In deze wijk is de hoeveelheid oppervlaktewater beperkt. Daarom wordt weinig verbetering verwacht als dit wordt meegenomen in de bepaling van stromingspatronen.

Onze conclusie is dat men met behulp van het HRM-systeem zoals het op dit moment in Delft is ingericht niet tot een betrouwbaar beeld kan komen van het ondiepe stromingspatroon. Hiervoor is het meetnet niet dicht genoeg. Op deze wijze kan een HRM-systeem dus ook niet worden gebruikt voor bijvoorbeeld het volgen van een vervuilingsspluim.

G4 **Conclusies**

Case 1 doet recht aan het integrale gebruik van alle metingen van het totale meetnet en levert inzicht in het (grond)watersysteem binnen de gehele gemeente en daarmee ook inzicht in de meerwaarde van HRM-metingen ten opzichte van een conventioneel meetnet.

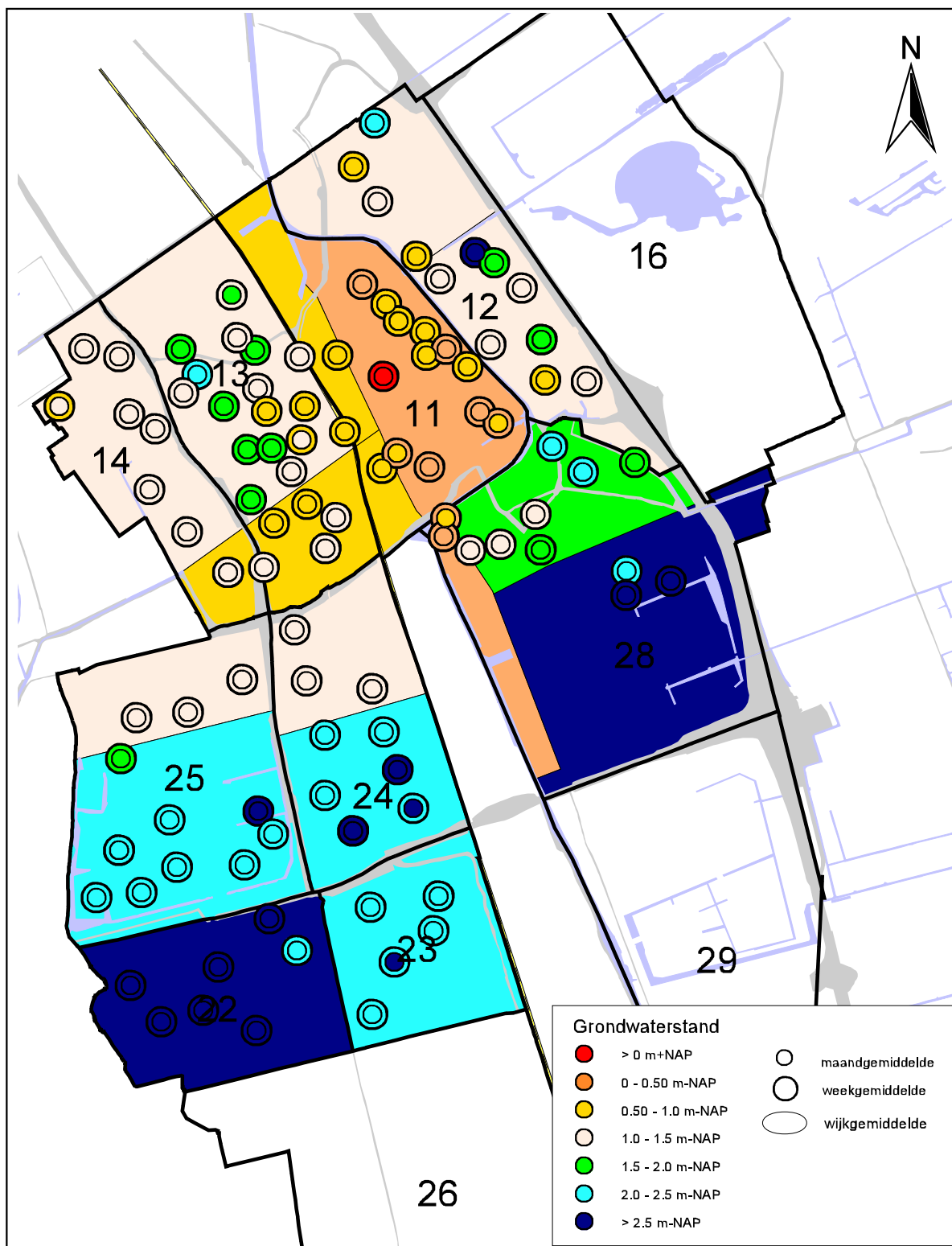
Aan de hand van een aantal voorbeelden is geïllustreerd dat een HRM-systeem kan worden gebruikt om een gebied te monitoren op knelpunten en plotselinge veranderingen gerelateerd aan grondwater.

Door de hoge resolutie in tijd is het mogelijk kortdurende fluctuaties, met eventuele gevolgen, te signaleren. Door de hoge resolutie in ruimte ontstaat tegelijkertijd het inzicht in de verdeling van de problematiek over het beheersgebied.

Een HRM-systeem zoals het op dit moment in Delft is ingericht stelt de gebruiker niet in staat continu in de tijd een gebiedsdekkend stromingspatroon te bepalen.

Tabel G2. Lijst met eigenschappen en bepaalde karakteristieken per peilbuis.

soort parameter	parameter	eenheid	item-naam	zie figuur
eigenschappen	peilbuisnaam	(-)	naam	
	wijknummer	(-)	wijk	
	deelwijknummer	(-)	deelwk	
	peilpakket	(-)	pakket	
	in pakket 1 en bemeten	(-)	geldig	
	x-coördinaat	(m)	x	
	y-coördinaat	(m)	y	
	maaiveldhoogte	(m+NAP)	mv	
karakteristieken	tijdreeksen van wijk 11	(m+NAP)		G5
	tijdreeksen van wijk 13	(m+NAP)		G8
	daggemiddelde van 20 april	(m+NAP)	20april	
	daggemiddelde van 28 mei	(m+NAP)	28mei	
	weekgemiddelde van week 9	(m+NAP)	week9	
	weekgemiddelde van week 10	(m+NAP)	week10	
	weekgemiddelde van week 11	(m+NAP)	week11	
	weekgemiddelde van week 12	(m+NAP)	week12	
	weekgemiddelde van week 13	(m+NAP)	week13	
	weekgemiddelde van week 14	(m+NAP)	week14	G4a
	weekgemiddelde van week 15	(m+NAP)	week15	G4b
	weekgemiddelde van week 16	(m+NAP)	week16	G4c
	weekgemiddelde van week 17	(m+NAP)	week17	G4d
	maandgemiddelde van maart	(m+NAP)	maart	
	maandgemiddelde van april	(m+NAP)	april	G4
	maandgemiddelde van mei	(m+NAP)	mei	
	verandering om 13:00u ten opzichte van 12:00u	(m/dag)	d20apr	
	verandering van weekgemiddelde (wk 10) ten opzichte van vorige week	(m/dag)	dwk10	G7a
	verandering van weekgemiddelde ten opzichte van vorige week	(m/dag)	dwk11	G7b
	verandering van weekgemiddelde ten opzichte van vorige week	(m/dag)	dwk12	G7c
	verandering van weekgemiddelde ten opzichte van vorige week	(m/dag)	dwk14	
	verandering van weekgemiddelde ten opzichte van vorige week	(m/dag)	dwk15	
	verandering van weekgemiddelde ten opzichte van vorige week	(m/dag)	dwk16	
	verandering van weekgemiddelde ten opzichte van vorige week	(m/dag)	dwk17	
	verandering van maandgemiddelde april ten opzichte van maart	(m/dag)	dapril	
	verandering van maandgemiddelde mei ten opzichte van april	(m/dag)	dmei	
	uurmeting om 12:00u op 14 april	(m+NAP)	14april1200u	
	uurmeting om 12:00u op 17 april (week 16)	(m+NAP)	17april1200u	
	uurmeting om 12:00u op 18 april (week 16)	(m+NAP)	18april1200u	
	uurmeting om 12:00u op 19 april (week 16)	(m+NAP)	19april1200u	
	uurmeting om 12:00u op 20 april (week 16)	(m+NAP)	20april1200u	
	uurmeting om 12:00u op 21 april (week 16)	(m+NAP)	21april1200u	
	uurmeting om 12:00u op 22 april (week 16)	(m+NAP)	22april1200u	
	uurmeting om 12:00u op 23 april (week 16)	(m+NAP)	23april1200u	
	uurmeting om 12:00u op 28 april	(m+NAP)	28april1200u	
	uurmeting om 13:00u op 20 april	(m+NAP)	20a1300u	
	wortel van mediane variantie (std.dev.) van uurwaarden in een halve dag	(m)	sd1/2d	
	standaarddeviatie van uurwaarden in een dag	(m)	sddag	
	standaarddeviatie van uurwaarden in een halve week	(m)	sd1/2wk	
	standaarddeviatie van uurwaarden in een week	(m)	sdwk	
	standaarddeviatie van uurwaarden in twee weken	(m)	sd2wk	
	standaarddeviatie van uurwaarden in vier weken	(m)	sd4wk	
	wortel van variantie (std.dev.) van reeks met halve-dag-gemiddelden	(m)	Tsd1/2d	
	standaarddeviatie van reeks met dag-gemiddelden	(m)	Tsddag	
	standaarddeviatie van reeks met halve-week-gemiddelden	(m)	Tsd1/2wk	
	standaarddeviatie van reeks met week-gemiddelden	(m)	Tsdwk	
	standaarddeviatie van reeks met twee-weken-gemiddelden	(m)	Tsd2wk	
	standaarddeviatie van reeks met vier-weken-gemiddelden	(m)	tsd4wk	
	gemiddelde diepte in week 14	(m-mv)	Wk14mv	G6a
	gemiddelde diepte in week 15	(m-mv)	Wk15mv	G6b
	gemiddelde diepte in week 16	(m-mv)	wk16mv	G6c
	gemiddelde diepte in week 17	(m-mv)	Wk17mv	G6d
	gemiddelde diepte in april	(m-mv)	aprilmv	G6
	gemiddelde diepte op de dag 20 april	(m-mv)	mv20apr	
	gemiddelde diepte op de dag 28 mei	(m-mv)	mv28mei	
	gemiddelde week 16 op basis van dagpeiling	(m+NAP)	wk16dagp	
	gemiddelde van april op basis van 14d peiling (14e en 28e)	(m+NAP)	april2wk	
	verschil tussen dag en uurpeiling voor week 16	(m)	ddaguurwk16	
	verschil tussen 14d en uurpeiling voor april	(m)	d2wkuurapr	
	gemiddelde stromingsrichting maart in wijk 13	(mm/m)		G9a
	gemiddelde stromingsrichting april in wijk 13	(mm/m)		G9b
	gemiddelde stromingsrichting mei in wijk 13	(mm/m)		G9c
	hoogte van de autocorrelatie na 5 dagen	(-)	acf	



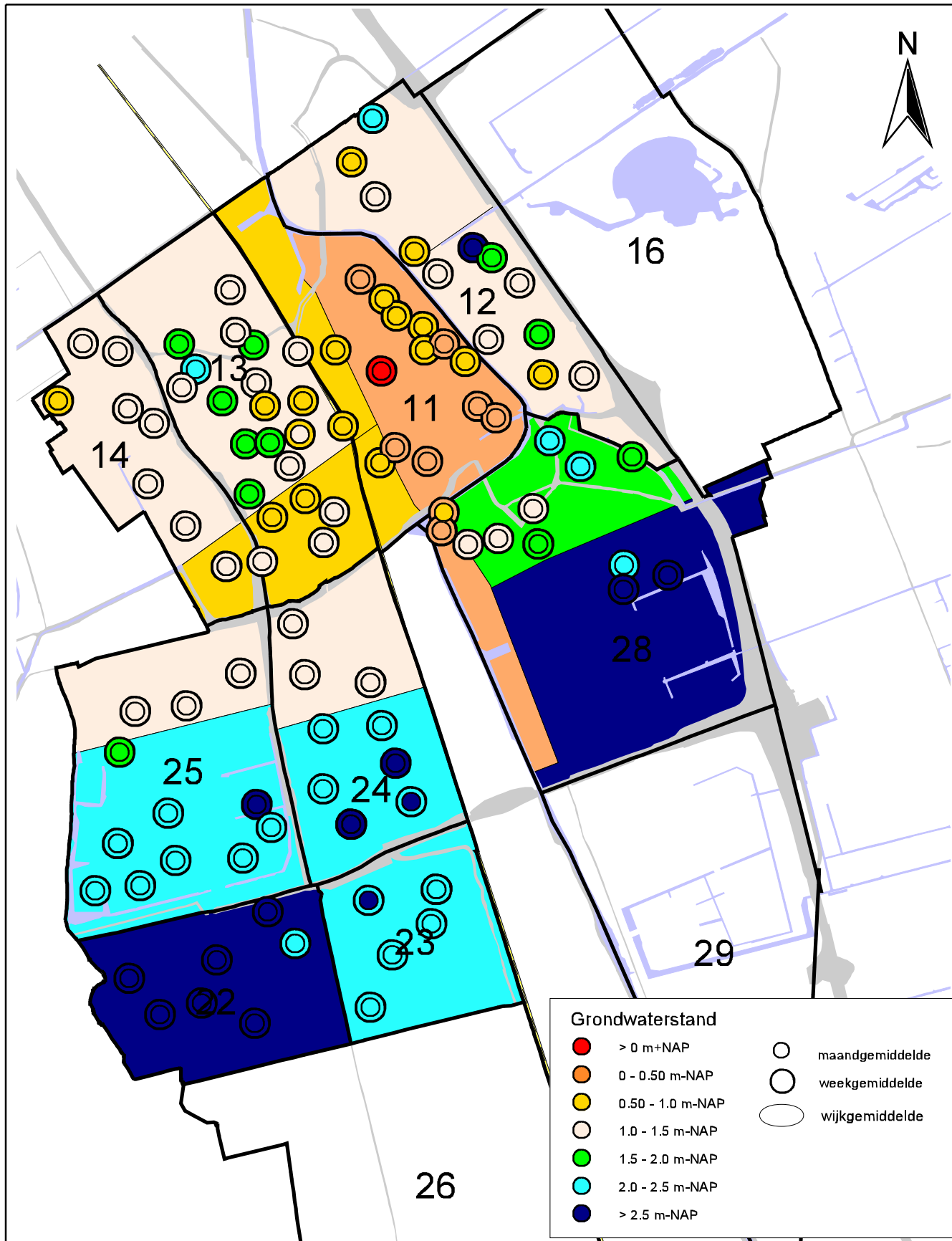
P:\Proj\19957A0\GIS\001\Projecten\proj1.apr

A	04-12-2000					PvaG	RvdV	EvdB
Versie	Datum	Omschrijving				Get.	Gec.	Gez.
Opdrachtgever								
SKB								
Project								
Hoge resolutie monitoring								
Omschrijving								
Gemiddelde grondwaterstand, week 14, april 2000								
Formaat	Schaal	ArcView versie	Deelorder	Tekeningnummer			Figuur	
A4	1:30000	3.1	--	19957A0-002			4.a	

IWACO

Adviesbureau
voor water en milieu

Vestiging West
Postbus 8520
3009 AM Rotterdam



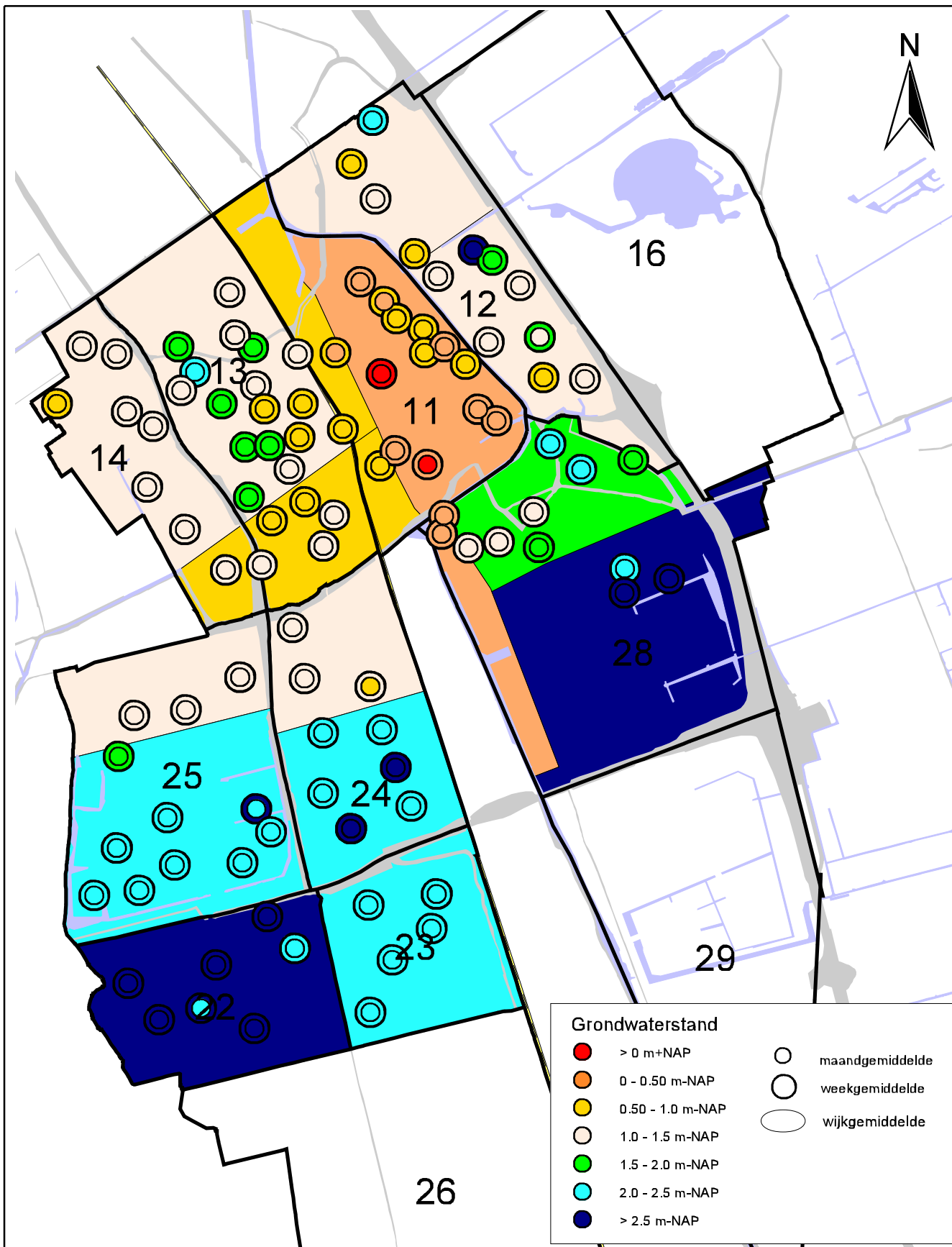
P:\Proj\dir1957A0\GIS001\Projecten\proj1.apr

A	04-12-2000				PvaG	RvdV	EvdB
Versie	Datum	Omschrijving			Get.	Gec.	Gez.
Opdrachtgever							
SKB							
Project							
Hoge resolutie monitoring							
Omschrijving							
Gemiddelde grondwaterstand, week 15, april 2000							
Formaat	Schaal	ArcView versie	Deelorder	Tekeningnummer		Figuur	
A4	1:30000	3.1	--	19957A0-003		4.b	

IWACO

Adviesbureau
voor water en milieu

Vestiging West
Postbus 8520
3009 AM Rotterdam



Grondwaterstand

- > 0 m+NAP
- 0 - 0.50 m-NAP
- 0.50 - 1.0 m-NAP
- 1.0 - 1.5 m-NAP
- 1.5 - 2.0 m-NAP
- 2.0 - 2.5 m-NAP
- > 2.5 m-NAP

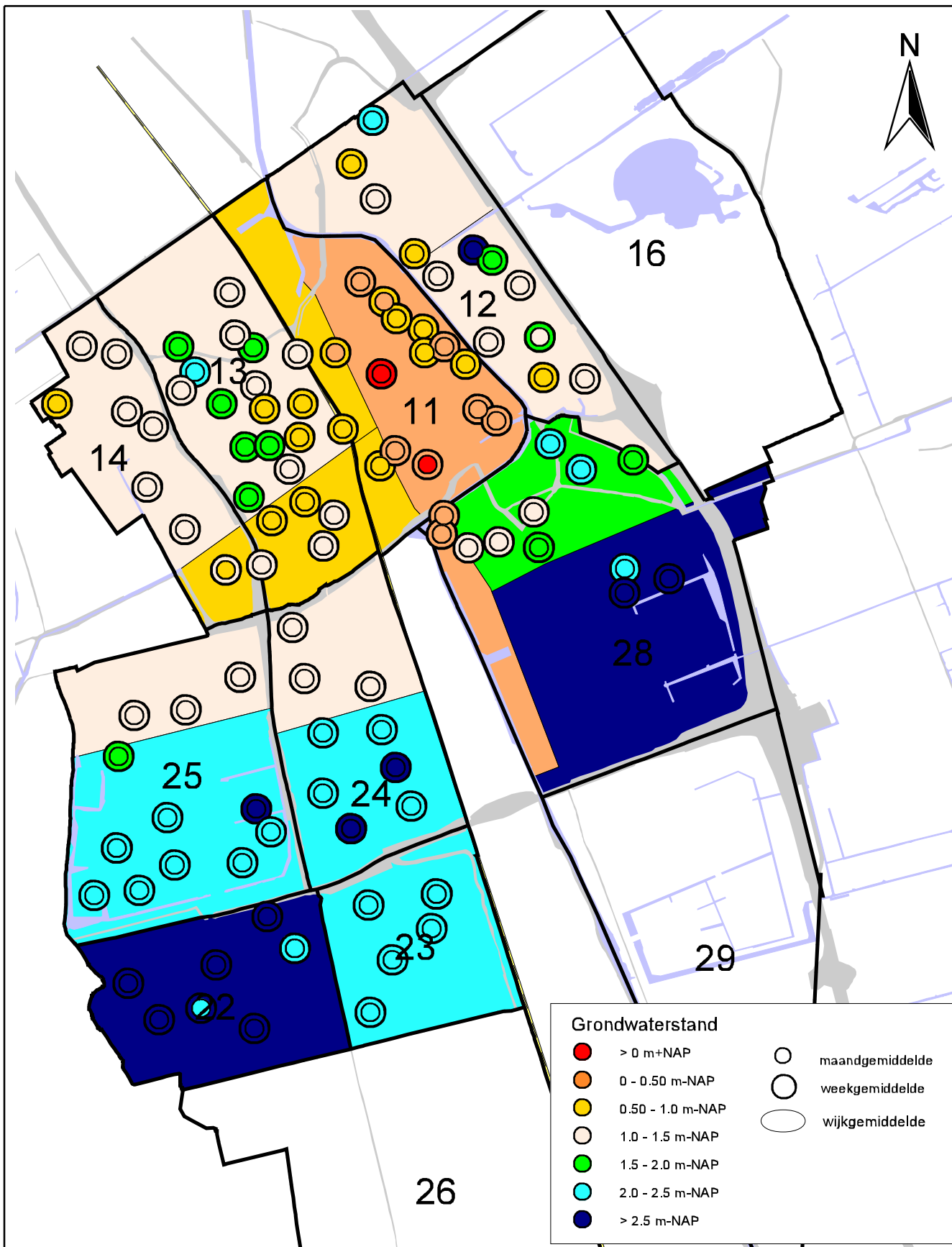
- maandgemiddelde
- weekgemiddelde
- wijkgemiddelde

A	04-12-2000		PvaG	RvdV	EvdB
Versie	Datum	Omschrijving	Get.	Gec.	Gez.
Opdrachtgever					
SKB					
Project					
Hoge resolutie monitoring					
Omschrijving					
Gemiddelde grondwaterstand, week 16, april 2000					
Formaat	Schaal	ArcView versie	Deelorder	Tekeningnummer	Figuur
A4	1:30000	3.1	--	19957A0-004	4.c

IWACO

Adviesbureau
voor water en milieu

Vestiging West
Postbus 8520
3009 AM Rotterdam



Grondwaterstand

- > 0 m+NAP
- 0 - 0.50 m+NAP
- 0.50 - 1.0 m+NAP
- 1.0 - 1.5 m+NAP
- 1.5 - 2.0 m+NAP
- 2.0 - 2.5 m+NAP
- > 2.5 m+NAP

- maandgemiddelde
- weekgemiddelde
- wijkgemiddelde

A	05-12-2000		PvaG	RvdV	EvdB
Versie	Datum	Omschrijving	Get.	Gec.	Gez.
Opdrachtgever					
SKB					
Project					
Hoge resolutie monitoring					
Omschrijving					
Gemiddelde grondwaterstand, week 17 april 2000					
Formaat	Schaal	ArcView versie	Deelorder	Tekeningnummer	Figuur
A4	1:30000	3.1	--	19957A0-005	4.d

IWACO

Adviesbureau
voor water en milieu

Vestiging West
Postbus 8520
3009 AM Rotterdam

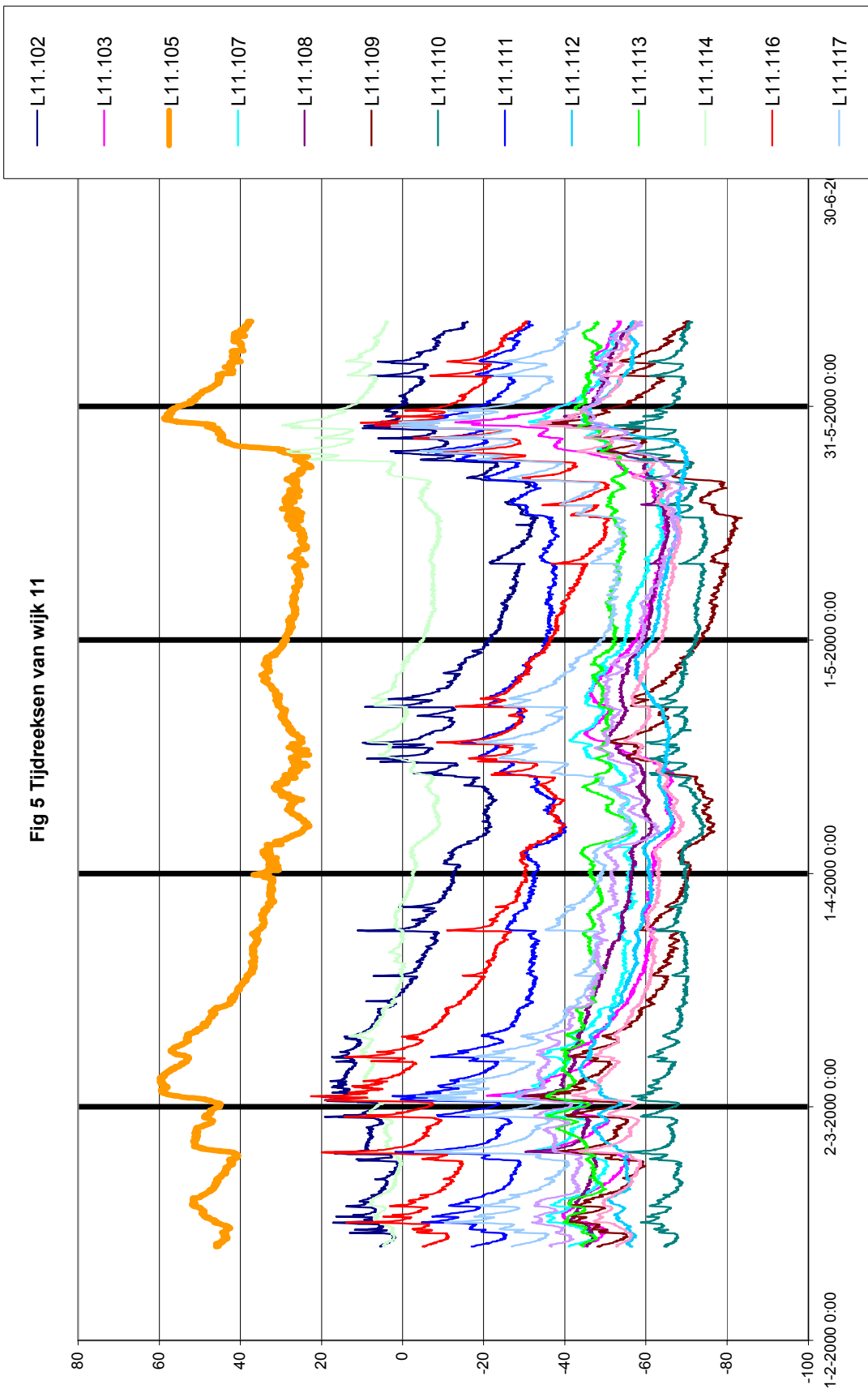
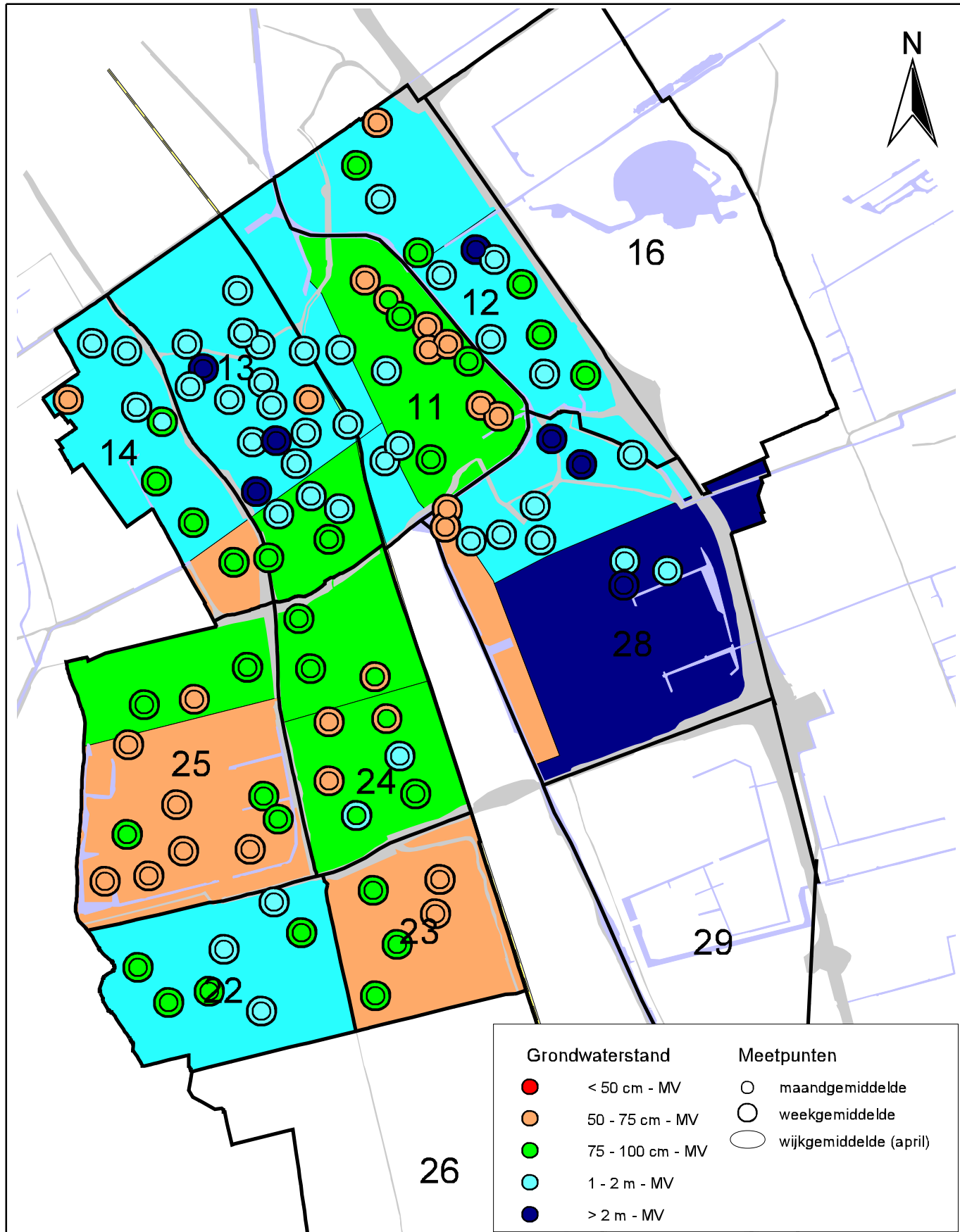


Fig. G5. Tijdreeksen van wijk 11.



Grondwaterstand		Meetpunten	
●	< 50 cm - MV	 	maandgemiddelde
●	50 - 75 cm - MV	 	weekgemiddelde
●	75 - 100 cm - MV	 	wijkgemiddelde (april)
●	1 - 2 m - MV		
●	> 2 m - MV		

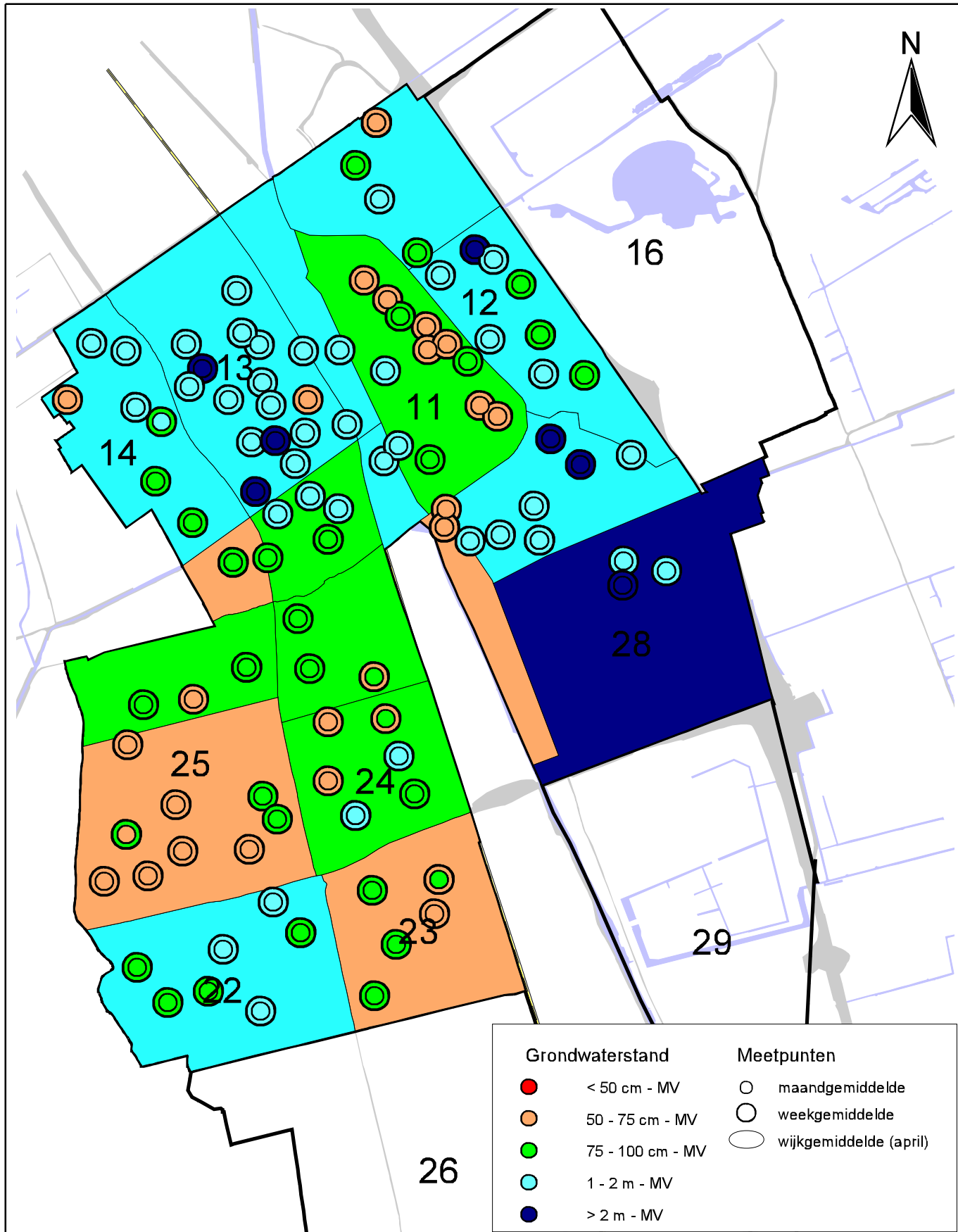
P:\Proj\dirs\19957A0\GISD001\Projecten\proj1.apr

A	04-12-2000				PvaG	RvdV	EvdB
Versie	Datum	Omschrijving			Get.	Gec.	Gez.
Opdrachtgever							
SKB							
Project							
Hoge resolutie monitoring							
Omschrijving							
Gemiddelde grondwaterstand t.o.v. maaiveld week 14 april 2000							
Formaat	Schaal	ArcView versie	Deelorder	Tekeningnummer		Figuur	
A4	1:30000	3.1	--	19957A0-008		6.a	

IWACO

Adviesbureau
voor water en milieu

Vestiging West
Postbus 8520
3009 AM Rotterdam

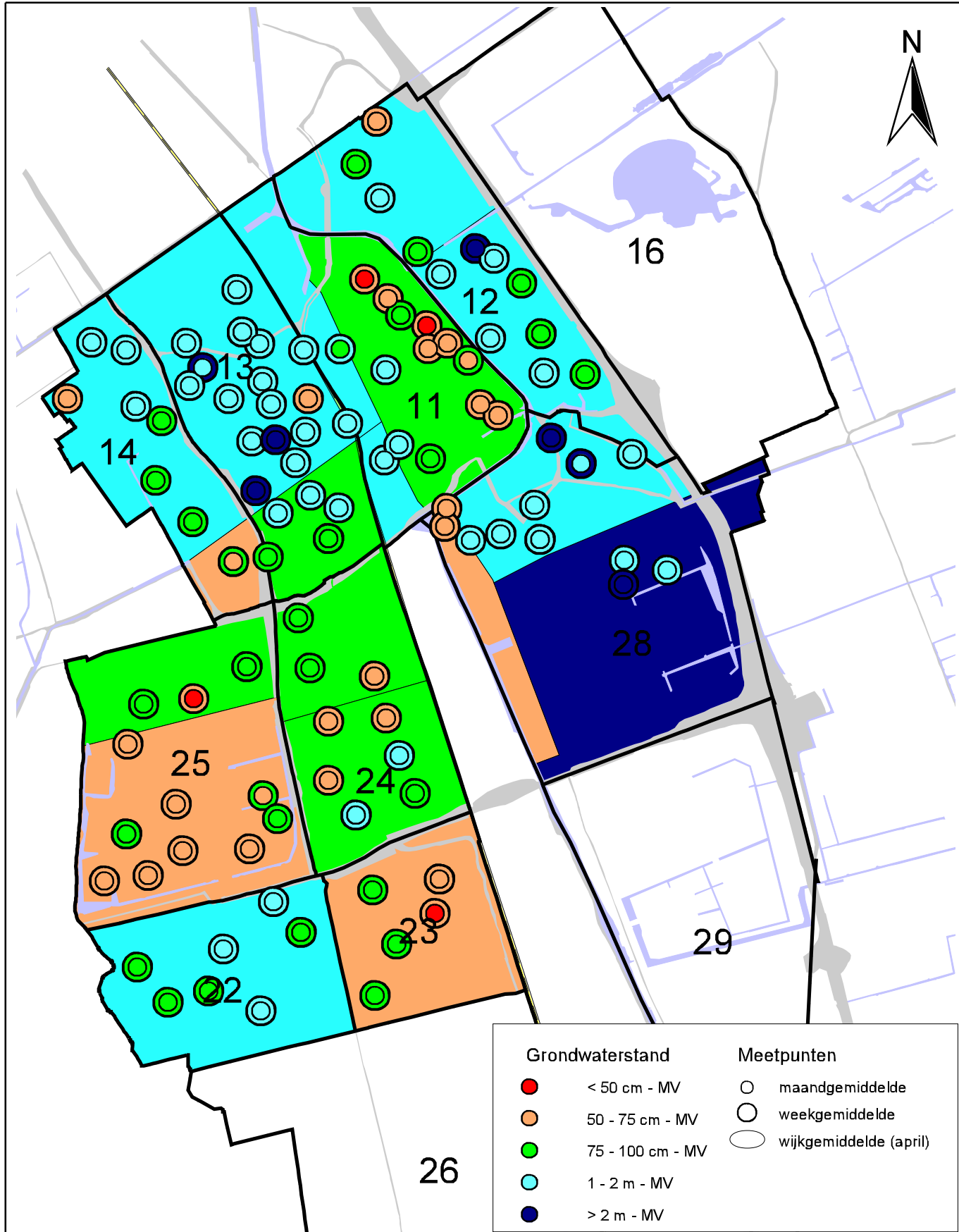


A		04-12-2000				PvaG	RvdV	EvdB
Versie	Datum		Omschrijving			Get.	Gec.	Gez.
Opdrachtgever								
SKB								
Project								
Hoge resolutie monitoring								
Omschrijving								
Gemiddelde grondwaterstand t.o.v. maaiveld week 15 april 2000								
Formaat	Schaal	ArcView versie	Deelorder	Tekeningnummer			Figuur	
A4	1:30000	3.1	--	19957A0-007			6.b	

IWACO

Adviesbureau
voor water en milieu

Vestiging West
Postbus 8520
3009 AM Rotterdam



Grondwaterstand		Meetpunten	
●	< 50 cm - MV	○	maandgemiddelde
●	50 - 75 cm - MV	○	weekgemiddelde
●	75 - 100 cm - MV	○	wijkgemiddelde (april)
●	1 - 2 m - MV		
●	> 2 m - MV		

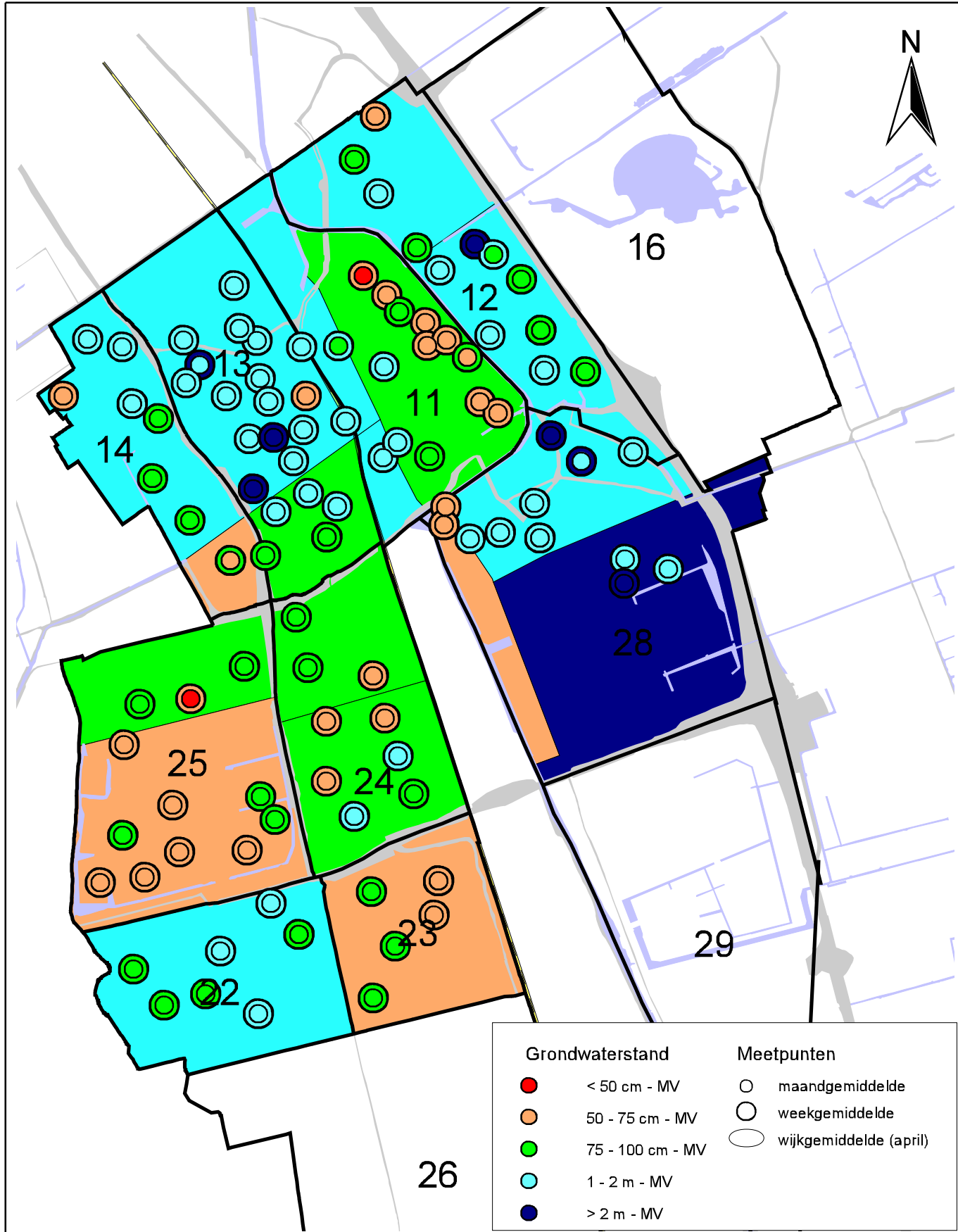
P:\Prodirs\19957A0\GISD001\Projecten\proj1.apr

A		04-12-2000				PvaG	RvdV	EvdB
Versie		Datum		Omschrijving		Get.	Gec.	Gez.
Opdrachtgever								
SKB								
Project								
Hoge resolutie monitoring								
Omschrijving								
Gemiddelde grondwaterstand t.o.v. maaiveld week 16 april 2000								
Formaat		Schaal	ArcView versie	Deelorder	Tekeningnummer		Figuur	
A4		1:30000	3.1	--	19957A0-010		6.c	

IWACO

Adviesbureau
voor water en milieu

Vestiging West
Postbus 8520
3009 AM Rotterdam



Grondwaterstand		Meetpunten	
●	< 50 cm - MV	○	maandgemiddelde
●	50 - 75 cm - MV	○	weekgemiddelde
●	75 - 100 cm - MV	○	wijkgemiddelde (april)
●	1 - 2 m - MV		
●	> 2 m - MV		

P:\Producten\19957A0\GIS001\Projecten\proj1.apr

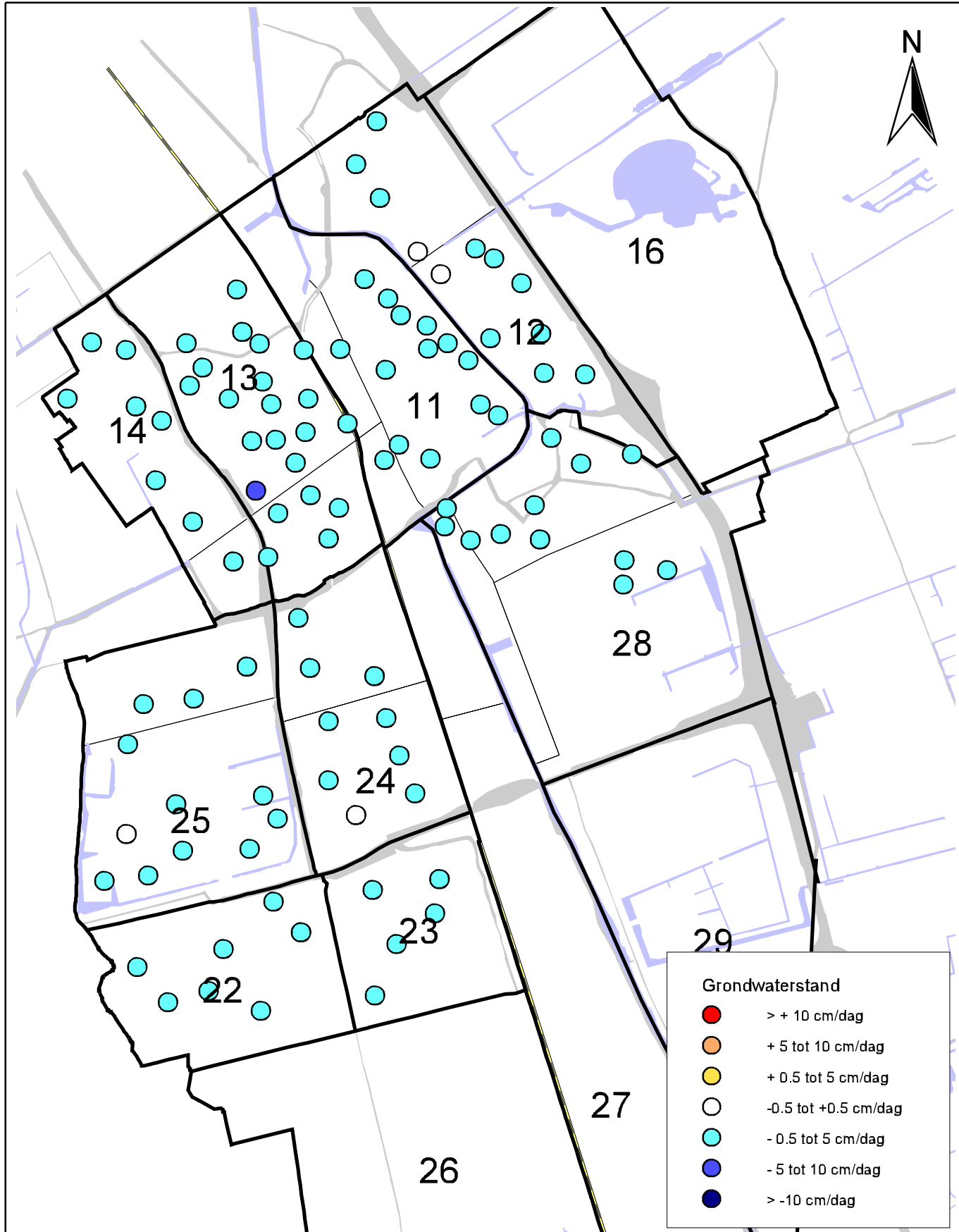
A		06-12-2000				PvaG	RvdV	EvdB
Versie		Datum		Omschrijving		Get.	Gec.	Gez.
Opdrachtgever								
SKB								
Project								
Hoge resolutie monitoring								
Omschrijving								
Gemiddelde grondwaterstand t.o.v. maaiveld week 17								
Formaat		Schaal	ArcView versie	Deelorder	Tekeningnummer		Figuur	
A4		1:29699	3.1	--	19953A0-018		6.d	

P:\Proj\19957A0\GIS001\Projecten\proj1.apr

IWACO

Adviesbureau
voor water en milieu

Vestiging West
Postbus 8520
3009 AM Rotterdam



A		04-12-2000			PvaG	RvdV	EvdB
Versie	Datum		Omschrijving		Get.	Gec.	Gez.
Opdrachtgever							
SKB							
Project							
Hoge resolutie monitoring							
Omschrijving							
Verandering gemiddelde grondwaterstand week 10							
Formaat	Schaal	ArcView versie	Deelorder	Tekeningnummer	Figuur		
A4	1:30000	3.1	--	19957A0-011	7.a		

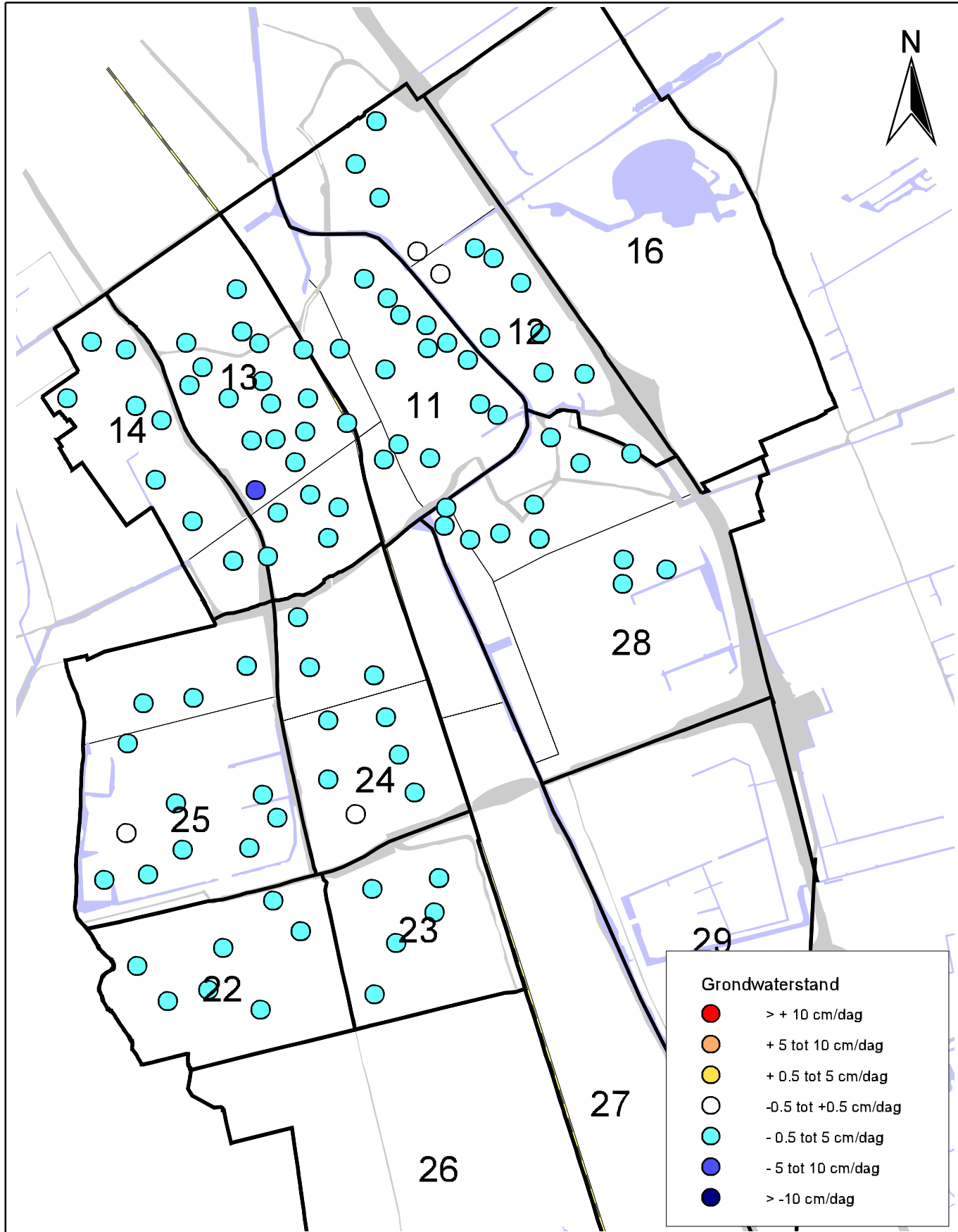
P:\Projidris\19957A0\GIS001\Projecten\proj1.apr

Concept

IWACO

Adviesbureau
voor water en milieu

Vestiging West
Postbus 8520
3009 AM Rotterdam



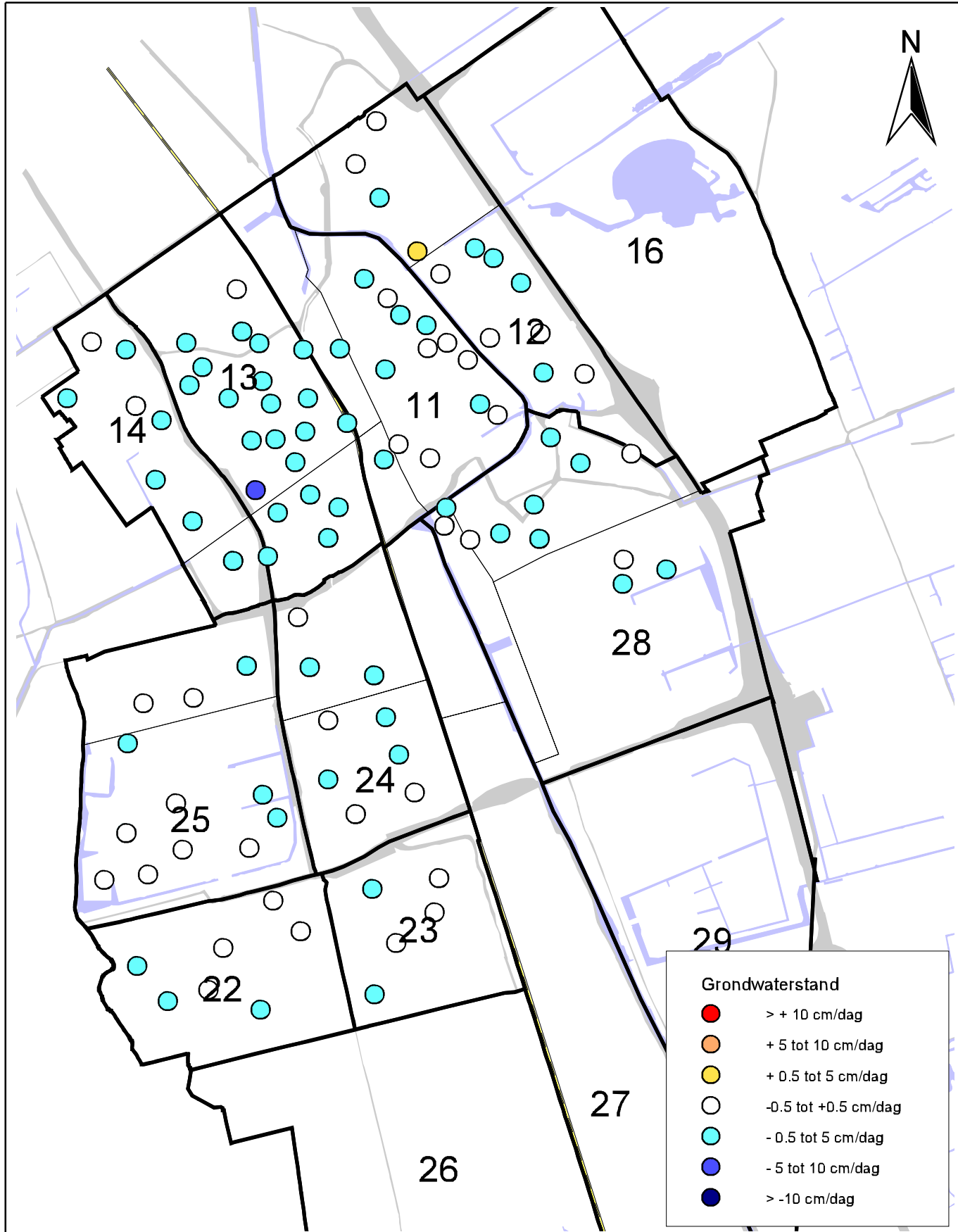
P:\Projidris\19957A0\GIS001\Projecten\proj1.apr

A	04-12-2000				PvaG	RvdV	EvdB
Versie	Datum	Omschrijving			Get.	Gec.	Gez.
Opdrachtgever							
SKB							
Project							
Hoge resolutie monitoring							
Omschrijving							
Verandering gemiddelde grondwaterstand week 11							
Formaat	Schaal	ArcView versie	Deelorder	Tekeningnummer		Figuur	
A4	1:30000	3.1	--	19957A0-012		7.b	

IWACO

Adviesbureau
voor water en milieu

Vestiging West
Postbus 8520
3009 AM Rotterdam



P:\Projidris\19957A0\GIS001\Projecten\proj1.apr

A	04-12-2000				PvaG	RvdV	EvdB
Versie	Datum	Omschrijving			Get.	Gec.	Gez.
Opdrachtgever							
SKB							
Project							
Hoge resolutie monitoring							
Omschrijving							
Verandering gemiddelde grondwaterstand week 12							
Formaat	Schaal	ArcView versie	Deelorder	Tekeningnummer		Figuur	
A4	1:30000	3.1	--	19957A0-014		7.c	

IWACO

Adviesbureau
voor water en milieu

Vestiging West
Postbus 8520
3009 AM Rotterdam

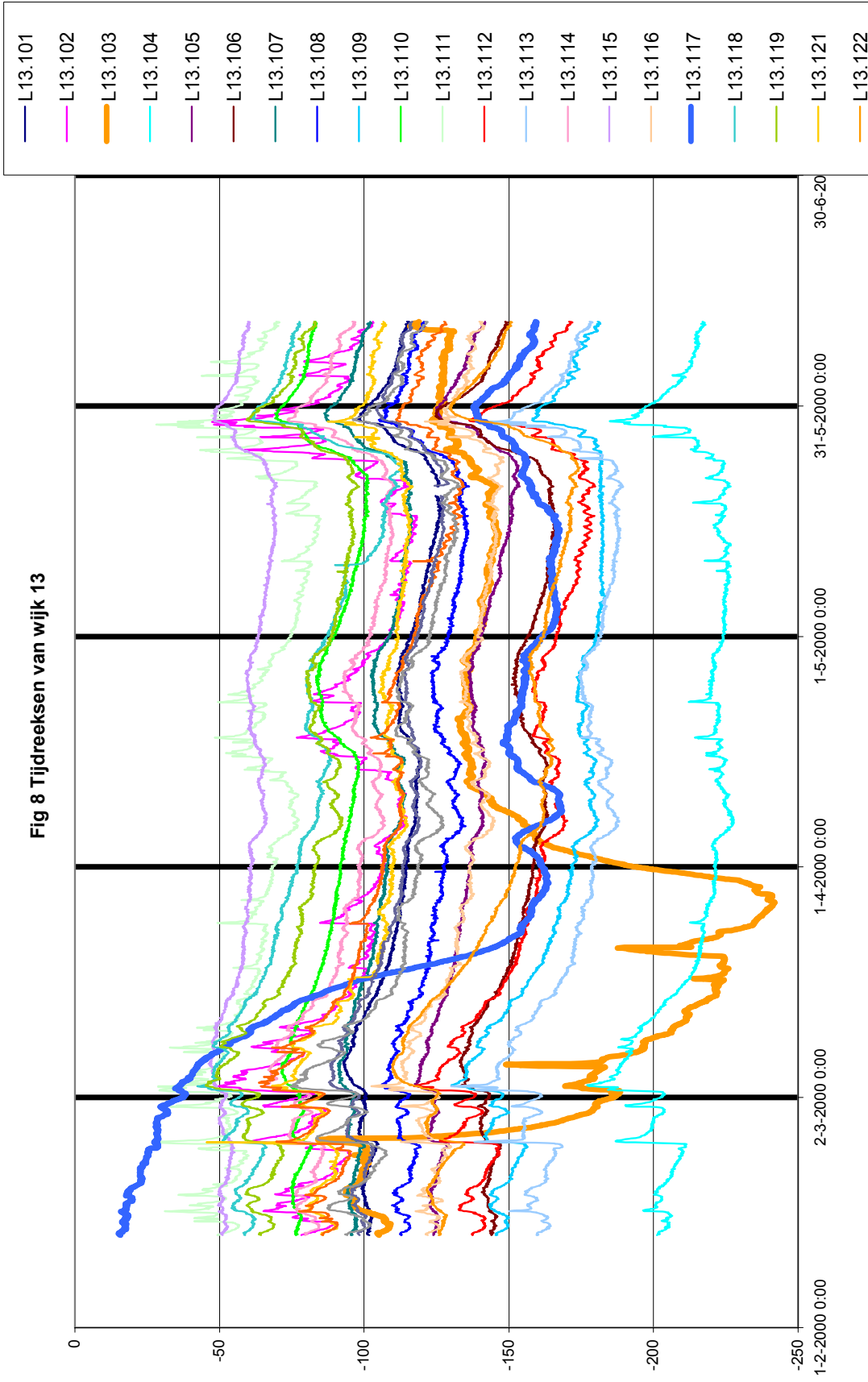
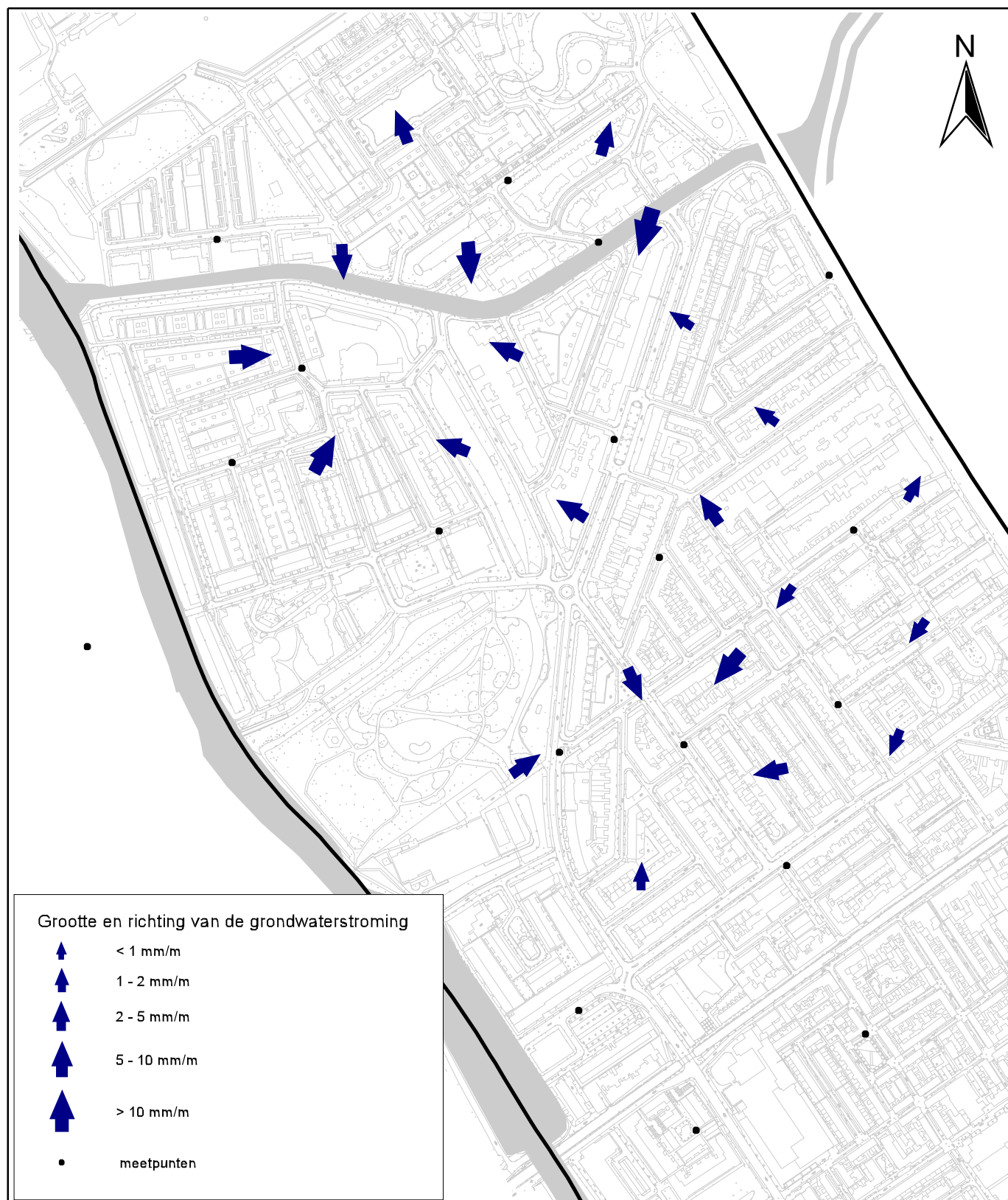


Fig. G8. Tijdreeksen van wijk 13.



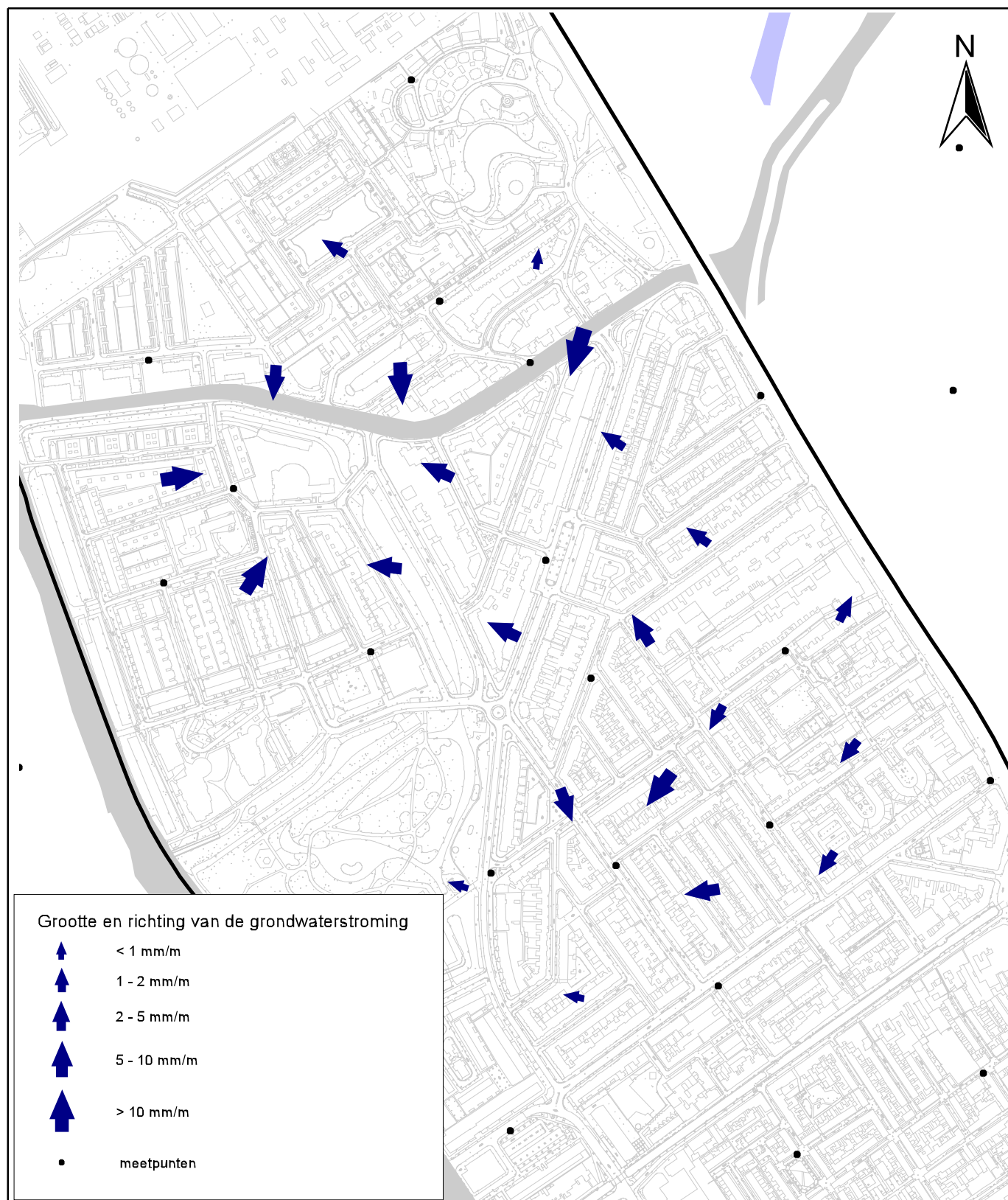
P:\Proj\19957A0\GIS\001\Projecten\proj1.apr

A	05-12-2000		PvaG	RvdV	EvdB
Versie	Datum	Omschrijving	Get.	Gec.	Gez.
Opdrachtgever					
SKB					
Project					
Hoge resolutie monitoring					
Omschrijving					
Gemiddelde stromingsrichting maart in wijk 13					
Formaat	Schaal	ArcView versie	Deelorder	Tekeningnummer	Figuur
A4	1:6000	3.1	--	19957A0-016	9.a

IWACO

Adviesbureau
voor water en milieu

Vestiging West
Postbus 8520
3009 AM Rotterdam

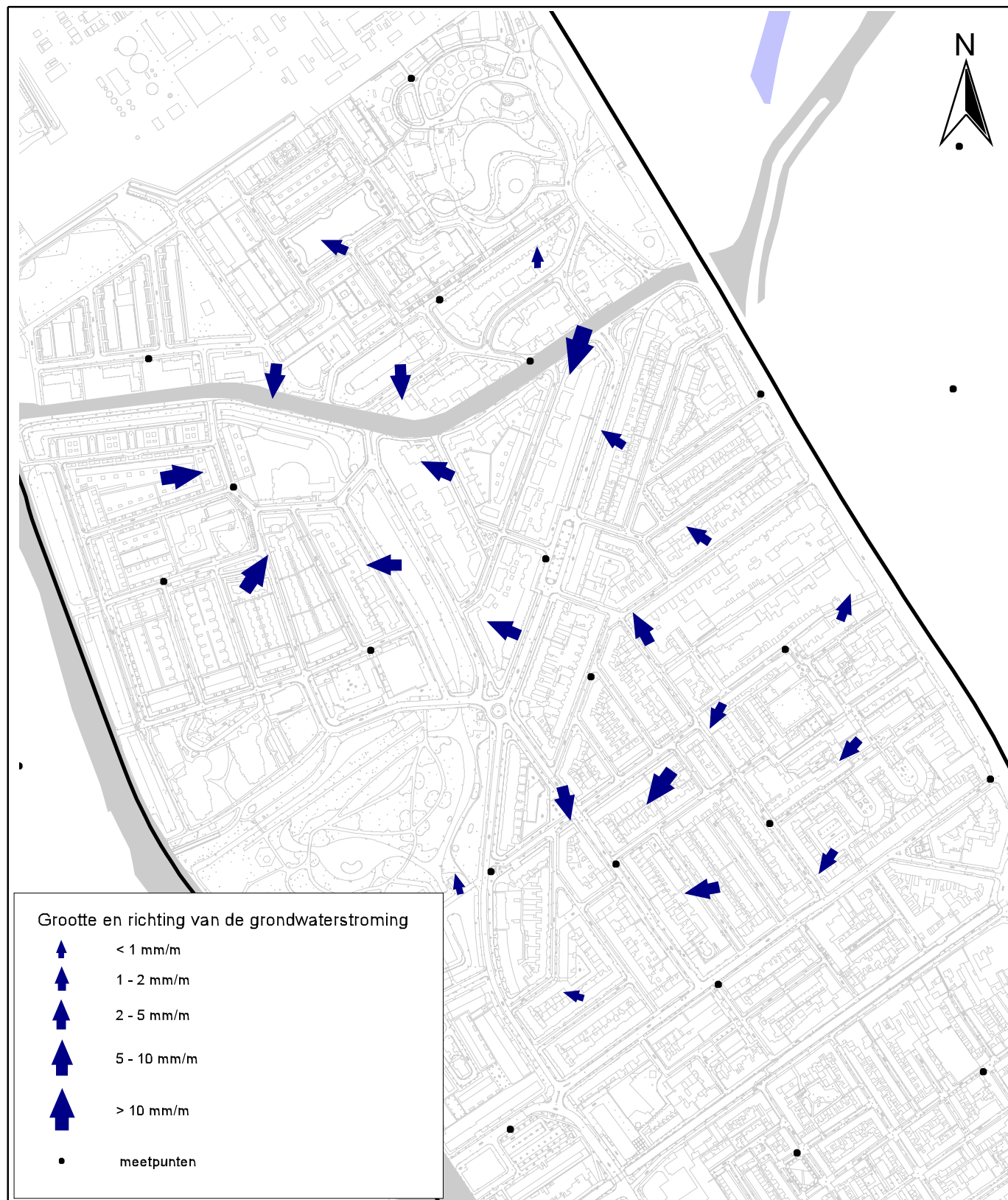


A	05-12-2000				PvaG	RvdV	EvdB
Versie	Datum	Omschrijving			Get.	Gec.	Gez.
Opdrachtgever							
SKB							
Project							
Hoge resolutie monitoring							
Omschrijving							
Gemiddelde stromingsrichting april in wijk 13							
Formaat	Schaal	ArcView versie	Deelorder	Tekeningnummer	Figuur		
A4	1:6000	3.1	--	19957A0-015	9.b		

IWACO

Adviesbureau
voor water en milieu

Vestiging West
Postbus 8520
3009 AM Rotterdam



P:\Projdirs\19957A0\GIS\001\Projecten\proj1.apr

A	05-12-2000		PvaG	RvdV	EvdB
Versie	Datum	Omschrijving	Get.	Gec.	Gez.
Opdrachtgever					
SKB					
Project					
Hoge resolutie monitoring					
Omschrijving					
Gemiddelde stromingsrichting mei in wijk 13					
Formaat	Schaal	ArcView versie	Deelorder	Tekeningnummer	Figuur
A4	1:6000	3.1	--	19957A0-017	9.c

IWACO

Adviesbureau
voor water en milieu

Vestiging West
Postbus 8520
3009 AM Rotterdam

CASE 2: HRM BIJ BODEMVERONTREINIGING

H1 Doelstelling

H1.1 *Algemene doelstelling van HRM voor monitoring van grondwaterverontreiniging*

Inzet van HRM voor saneringsprojecten wordt in het algemeen voorzien bij:

1. monitoring in het kader van 'natuurlijke afbraak' saneringen (bewaking van grondwaterstromingspatronen en verspreidingspatronen);
2. het aantonen van een 'stabiele eindsituatie' op basis van detailkennis van de (fluctuaties in) grondwaterstanden en grondwaterstromingspatronen;
3. het controleren van de werking van een sanering en het beheerssysteem;
4. het optimaliseren van het monitoringssysteem;
5. het optimaliseren van het saneringssysteem. Door een meer gedetailleerde kennis van processen in de bodem kan meer gericht gestuurd worden.

H1.2 *Doelstelling van case 2*

De doelstelling van case 2 is na te gaan of HRM-apparatuur extra informatie levert om veranderingen in verspreiding van verontreiniging en/of optreden van (natuurlijke) afbraak te signaleren. De hypothese daarbij is dat door natuurlijke afbraak de concentraties verontreinigingen veranderen. Deze veranderingen kunnen leiden tot meetbare (relatieve) veranderingen in de temperatuur en/of geleidbaarheid van het grondwater.

De nadruk in de monitoring ligt op:

1. het signaleren van (veranderingen in) de grondwaterstromingspatronen (bepalend voor mogelijke verspreiding);
2. het signaleren van optredende fluctuaties in grondwaterstanden; dit is van belang voor de bepaling van blootstellingsrisico's (uitdamping van vinylchloride) en de beoordeling van de werking van het onttrekkingssysteem;
3. het beoordelen van de gemeten reeksen van temperatuur en geleidbaarheid; deze reeksen kunnen gebruikt worden voor beoordeling van het type grondwater en het optreden van natuurlijke afbraak.

H2 Beschrijving van de locatie

H2.1 *Historie*

De locatie is een voormalig productieterrein van Delft Instruments en is recent met woningen bebouwd. De bodem is op drie plaatsen verontreinigd geraakt met chloorhoudende oplosmiddelen (Tri en Per). Vanuit deze bronlocaties is de verontreiniging in het grondwater verspreid. Figuur H1 geeft een overzicht van de omvang van de verontreiniging, de locaties van de brongebieden en de (thans aanwezige) peilbuizen en drainagesystemen. De figuren H1 tot en met H14 zijn opgenomen aan het eind van deze bijlage.

H2.2 *Bodemopbouw*

Op basis van sondeergegevens en de op de locatie uitgevoerde boringen is tot ongeveer 25 m-mv globaal de bodemopbouw vastgesteld. Deze bodemopbouw is weergegeven in tabel H1.

Tabel H1. Bodemopbouw.

van	tot	bodemopbouw
0	0,05 m	verharding (klinkers)
0,05	circa 1 m	kleihoudend zand (geroerd) met plaatselijk puin, sintels en koolas; deze geroerde laag verloopt in dikte van west naar oost van circa 1,5 m naar circa 0,5 m
circa 1	3,0 m	zwak zandige klei
3,0	5,0 m	zand
5,0	17,0 m	klei/veen; in deze bodemlaag zijn op circa 12 m-mv plaatselijk zandige tussenlagen aanwezig; op het noordelijk deel van de locatie is deze bodemlaag vanaf 12 m-mv sterk zandig ontwikkeld
17,0	minimaal 25 m	grof zand (pleistoceen)

H2.3 Aanpak van de sanering 1997 - 1999

De ondiepe verontreiniging op de locatie is voor de herinrichting van het terrein gesaneerd. In de periode november 1997 tot en met november 1999 is een grondwatersanering uitgevoerd in de holocene zandlaag (circa 3 tot 5,5 à 6 m-mv). De grondwatersanering is uitgevoerd door middel van het onttrekken van grondwater uit drains vanaf 4,5 à 5 m-mv, het zuiveren van het bemalingswater en het deels herinfiltreren van het gezuiverde bemalingswater in drains op een niveau van 3,5 à 4 m-mv. Dit is schematisch weergegeven in figuur H2. In totaal is in deze periode 53.415 m³ grondwater bemalen en gezuiverd, waarvan 15.669 m³ geherinfiltréerd is in de bodem. Het surplus aan gezuiverd bemalingswater is geloosd op het riool. De kwaliteit van het grondwater is gemonitord. Uit deze gegevens blijkt dat de gehalten aan verontreinigingen in het bemalingswater met 60 tot 70 % zijn afgenomen.

H2.4 Nalevering van de verontreiniging: begin 2000

Na het stopzetten van de grondwateronttrekking stijgen de concentraties VOCl weer. Dit wijst op nalevering van verontreinigingen vanuit de onderzijde van de holocene zandlaag (vanaf het niveau van 5,5 à 6 m-mv). In samenhang met de kwaliteitsgegevens van het grondwater aan het einde van de grondwatersanering (najaar 1999) blijkt dat in de holocene zandlaag concentratieverschillen optreden tussen de onderzijde van deze laag en de bovenzijde (stratificatie). Aan de onderzijde van deze laag worden in het grondwater sterk verhoogde concentraties VOCl (gehalogeneerde koolwaterstoffen, zoals tetrachlooretheen, trichlooretheen en cis-1,2-dichlooretheen) en vinylchloride gemeten. Deze verontreiniging wordt waarschijnlijk nageleverd vanuit de onderliggende klei/veenlaag of vanuit zand/kleilaagjes binnen het zandpakket. Aan de bovenzijde van deze laag worden in het grondwater vrijwel geen verhoogde gehalten meer gemeten van deze stoffen.

H2.5 Regulier monitoringsprogramma

In verband met mogelijke verspreiding van dieper gelegen verontreiniging naar de bovenzijde van de holocene zandlaag is een monitoringsprogramma opgesteld. Tevens is een actieplan opgesteld voor het geval dat bepaalde actiewaarden overschreden worden in het grondwater op het niveau van de bovenzijde van de zandlaag. In dit kader wordt de bovenzijde van de holocene zandlaag (3 - 3,5 m-mv) als 'beschermingsniveau' beschouwd voor eventuele humane risico's.

Naast monitoring van de grondwaterkwaliteit aan de bovenzijde van de holocene zandlaag dient ook de kwaliteit van het grondwater aan de onderzijde van deze laag en het water in het eerste watervoerende pakket gemonitord te worden. Dit om het gedrag voor wat betreft biologische afbraak en verspreiding van de verontreinigingen te volgen.

H2.6 Sanering: 2000

Begin 2000 is geconcludeerd dat de concentraties aan de bovenzijde van de holocene zandlaag gestegen zijn boven de gedefinieerde actiewaarden. Daarom is besloten om vanaf eind juni het bemalingssysteem weer in werking te zetten. De onttrekking is gestart op 15 juni 2000. Vanaf 29 juni is er intermitterend gepompt met een gemiddeld debiet van 20 m³/d.

H2.7 HRM-project

In mei 2000 is de locatie van Delft Instruments uitgekozen als testlocatie voor het HRM-project. De locatie is uitgekozen vanwege de goede afbreekbaarheid van de verontreiniging (VOCI), de reeds aanwezige peilbuizen en het dynamische karakter van de sanering met een intermitterend pompsysteem. Door met een hoge resolutie in de tijd te meten, inclusief temperatuur en geleidbaarheid, wordt naar verwachting het bodemsysteem beter begrepen.

H3 Beschrijving van het meetnet

Er zijn in totaal 6 CTD- en 5 TD-divers geplaatst (zie tabel H2). De voorgestelde locaties zijn geselecteerd op basis van:

- aanwezigheid van twee 'clusters' met filters dicht bij elkaar op verschillende diepten in de bron van verontreiniging;
- een ruimtelijke verspreiding over het gebied, zowel binnen als buiten het verwachte invloedsgebied van de onttrekking.

De divers zijn geprogrammeerd op een meetfrequentie van 1 maal per 30 minuten, te beginnen op hele uren, synchroon met de overige divers van Waterstad 2000.

Tabel H2. Overzicht van de divers.

peilbuis	type diver	filter ten opzichte van het maaiveld in m		aantal extra genomen grondwatermonsters
		boven	onder	
301	geen	1.00	2.00	0
302	CTD	2.50	3.50	0
305	geen	2.50	3.50	0
305A	geen	1.00	2.00	0
306	CTD	3.20	4.20	0
306A	CTD	3.20	4.20	0
309	TD	2.50	3.50	0
506	CTD	3.00	3.50	1
500	TD	3.40	3.80	0
502	geen	3.15	3.65	0
505	TD	3.00	3.50	0
501	CTD	3.40	3.90	2
507	CTD	3.20	4.20	2
503	TD	3.30	3.80	1
504	TD	3.20	3.70	0
606	geen	20.00	30.00	0
206	geen	2.50	3.50	0
312	geen	2.50	3.50	0

De peilbuizen zijn gedurende het project als volgt bemonsterd:

- In het reguliere meetprogramma zijn in augustus 2000 8 ondiepe peilbuizen en de diepere peilbuizen 507, 306A en 606 (in totaal dus 11 stuks) bemonsterd. De chemische analyse is voornamelijk gericht op het voorkomen van VOCI-verbindingen.
- Na bestudering van de geleidbaarheidsmetingen zijn extra monsters genomen uit de peilbuizen 501 en 507 (juli 2000) en uit de peilbuizen 501, 503, 506 en 507 (augustus 2000). De chemische analyses zijn zowel gericht op het voorkomen van macro- als microparameters.

H4 Analyse van de metingen

H4.1 Toetsing van de gemeten grondwaterstanden

De grondwaterstanden zijn gemeten in 11 peilbuizen met een meetinterval van 30 minuten. Dit is een veel hogere frequentie dan normaal gesproken gebruikt zou zijn bij de controle van de sanering. Met behulp van de verhoogde meetfrequentie konden een aantal conclusies worden getrokken:

- *Over de betrouwbaarheid van de werking van de peilbuizen;*
In peilbuis 507 zijn verhogingen in grondwaterstand van meer dan 60 centimeter gemeten. Dit valt ongeveer samen met pieken in regenval. De afwijkingen tussen hoge grondwaterstand en regenpiek zijn te verklaren uit het feit dat de afstand tussen peilbuis en regenmeter enkele kilometers bedraagt. Hierdoor kan het zijn dat een gemeten regenbui ter plaatse van de peilbuis eerder of later of zelfs helemaal geen neerslag veroorzaakt. In figuur H3 is de gemeten grondwaterstand in peilbuis 507 samen uitgezet met de gemeten regenval in Delft. Daarom kan geconcludeerd worden dat de pieken in grondwaterstand zeer waarschijnlijk worden veroorzaakt door een lekkende straatpot. Met veldonderzoek zou dit kunnen worden geverifieerd, maar dat gaat in het kader van dit project echter te ver (het doel is toepassingsmogelijkheden van HRM te signaleren, niet om praktijkproblemen als lekkende straatpotten op te lossen).
- *Over de werking van het beheerssysteem*
In figuur H3 en H4 is te zien dat de grondwaterstand snel daalt nadat de pomp is aangezet op 15 juni. Het systeem reageert dus snel en er stelt zich snel een nieuw evenwicht in. Isohypsenkaarten van de situaties voor het aanzetten van de pomp (8 juni) en na het aanzetten van de pomp (20 juni) worden gepresenteerd in figuur H5 en H6. Ook is te zien dat de grondwaterstanden vanaf 28 juni opeens beginnen te fluctueren. Dit wordt veroorzaakt doordat (per ongeluk) de tijdschakelaar van het beheerssysteem is ingesteld op een interval van 6 uur pompen en 12 uur stilstand.

Geconcludeerd kan worden dat met de boven verkregen kennis geen hoge resolutie monitoring in de tijd nodig is voor het volgen van de sanering. Maar met het systeem kunnen wel snel storingen in het pompdebiet of onbetrouwbare peilbuizen gesignaleerd worden.

H4.2 Toetsing van de gemeten geleidbaarheid

De geleidbaarheid is gemeten in 6 peilbuizen (zie fig. H7). Het doel van de metingen is het toetsen van de mogelijkheid om verschillende typen water te kunnen karakteriseren aan de hand van de geleidbaarheid. Wanneer dit mogelijk is, kan de geleidbaarheid gebruikt worden voor bijvoorbeeld het inschatten van het verloop van de sanering of het gevaar van uitdampen van vluchtige verbindingen. Alle chemische analyses worden gepresenteerd in de bijgevoegde analysecertificaten (zie bijlage H-1).

In figuur H8 is de geleidbaarheid gepresenteerd voor de peilbuizen 501 en 507. Deze 2 peilbuizen liggen horizontaal 20 centimeter en verticaal circa 60 centimeter van elkaar verwijderd. Een detail-schets wordt gepresenteerd in figuur H9.

In de meetperiode van 20 juni tot en met 7 juli is achtereenvolgens te zien dat:

- de geleidbaarheid in zowel peilbuis 501 als peilbuis 507 erg laag is (circa 0,05 mS/cm); dit is een 25 maal lagere geleidbaarheid dan de omliggende peilbuizen die een geleidbaarheid hebben tussen 1,0 en 1,5 mS/cm;
- de geleidbaarheid gedurende enkele dagen stijgt in de peilbuizen 501 en 507 tot een waarde van ongeveer 1,0 mS/cm; opvallend is dat dit gebeurt voordat de pomp is aangezet op 15 juni;
- de geleidbaarheid in de peilbuizen 501 en 507 weer daalt vlak voordat de pomp is aangezet;
- de geleidbaarheid in peilbuis 501 stijgt tot een waarde van 1,0 mS/cm op het moment dat er gestart wordt met intermitterend pompen.

De bovenbeschreven lage geleidbaarheidswaarden zijn bevestigd met waarnemingen in het veld (zie bijlage H-1). Bovendien zijn de metingen laag, maar fluctuerend rond een waarde van 0,05 mS/cm. Dit wijst erop dat de geleidbaarheidssensor goed gewerkt heeft.

Uit het (fluctuerende) verloop van de geleidbaarheid blijkt dat sprake is van (grond)water met verschillende ionensamenstellingen. Een geleidbaarheid van 0,05 mS/cm betekent dat er erg weinig ionen in oplossing zijn. Daarom zijn er op 20 juli 2000 grondwatermonsters genomen uit de peilbuizen 501 en 507 (zie tabel H3). De geleidbaarheid van het water in peilbuis 501 is hoog (circa 1,6 mS/cm); de geleidbaarheid in peilbuis 507 is laag (circa 0,3 mS/cm). Bij de bemonstering in het veld bleek dat de geleidbaarheid opliep tijdens het voorpompen van 0,2 mS/cm tot 1,6 mS/cm. De stijging in geleidbaarheid in peilbuis 507 was gelijk aan 0,08 tot 0,3 mS/cm.

Tabel H3. Samenvatting van de gemeten concentraties macroparameters in de peilbuizen 501 en 507 op 20 juli 2000.

parameter	peilbuis 501	peilbuis 507
Ca (mg/l)	176	29
K (mg/l)	36	4,8
Mg (mg/l)	26	2,7
Na (mg/l)	88	13
Ec (mS/cm)	1,6	0,3

Uit tabel H3 is af te leiden dat in peilbuis 507 minder ionen in oplossing zijn dan bij peilbuis 501. Daarom zijn op 29 augustus 2000 4 extra grondwatermonsters genomen. De peilbuizen 501 en 507 zijn herbemonsterd. Daarnaast zijn ook de peilbuizen 503 en 506 bemonsterd. Peilbuis 503 staat in de verontreinigingsvlek. Peilbuis 306 is nabij gelegen, maar staat niet in de verontreinigingsvlek.

Uit deze analyses (zie bijlage H-1) blijkt dat de grondwatermonsters in de peilbuizen 501, 503 en 506 een ongeveer gelijke samenstelling hebben. De grondwatersamenstelling van peilbuis 507 is duidelijk afwijkend met een veel lagere geleidbaarheid en een veel lagere concentraties ionen in oplossing. Verder valt op dat in peilbuis 507 de geleidbaarheid constant blijft, ook gedurende het constant en intermitterend onttrekken (zie fig. H8). In peilbuis 501 blijft de geleidbaarheid laag bij continu onttrekken, maar gedurende het intermitterend onttrekken begint de geleidbaarheid in peilbuis 507 te fluctueren (zie fig. H8). Na het uitzetten van de pomp stijgt de geleidbaarheid naar een waarde van 1,3 mS/cm. Dit is gelijk aan de geleidbaarheid van de overige peilbuizen. Na het aanzetten van de pomp daalt de geleidbaarheid weer tot circa 0,1 mS/cm.

Mogelijke verklaringen voor het verloop van de geleidbaarheid in de peilbuizen zijn:

- *Een lekke straatpot*

De grondwatersamenstelling van peilbuis 507 is duidelijk afwijkend van de andere bemonsterde peilbuizen. Daarom kan niet een duidelijke conclusie worden getrokken die verband houdt met het watervoerende pakket of de verontreinigingsgeschiedenis. Mogelijk wordt de lokale afwijking in geleidbaarheid veroorzaakt door een lokaal verschijnsel, zoals een lekke waterleiding. De geleidbaarheid van Delfts drinkwater bedraagt ongeveer 0,35 mS/cm. Een meer waarschijnlijke verklaring is de toestroming van regenwater. In paragraaf H4.1 is reeds geconcludeerd dat peilbuis 507 waarschijnlijk een lekke straatpot heeft. De geleidbaarheid van regenwater rond Delft is circa 0,07 mS/cm (Cultuurtechnische Vademecum, 1988). Dit is ongeveer gelijk aan de gemeten geleidbaarheid in peilbuis 507. Omdat de peilbuizen 501 en 507 dicht bij elkaar zijn gelegen zou de regenwaterbel beide peilbuizen kunnen omvatten (zie fig. H10). De lekke straatpot kan ook een verklaring geven voor de stijging van de geleidbaarheid voordat begonnen wordt met pompen. De lage geleidbaarheid van 0,05 mS/cm wordt dan veroorzaakt door het toestromen van regenwater door de lekke straatpot in peilbuis 507. Daardoor ontstaat er een regenwaterbel rond peilbuis 507. In de dagen voordat de pomp werd aanzet is er geen regen gevallen (zie fig. H10). Gedurende deze dagen zal de regenwaterbel zich mengen met de rest van het grondwater in het zandpakket. Daardoor stijgt de geleidbaarheid. Ongeveer gelijk met het aanzetten van de pomp valt er ook weer regen (zie fig. H3). De geleidbaarheid daalt dan weer door de toestroming van regenwater.

- *Aantrekken van oud zeewater uit de kleilaag en ontzilt water uit de zandlaag*

In de kleilaag bevindt zich waarschijnlijk nog oud zeewater. De zandlaag is inmiddels ontzilt en bevat zoet grondwater. Door het intermitterend aanzetten van de pomp (zie fig. H11) kan grondwater uit de kleilaag worden aangetrokken, wat een hogere geleidbaarheid tot gevolg heeft in met name peilbuis 501. Ook de hogere sulfaatconcentratie in peilbuis 501 wijst hierop. Het grondwater met de hogere geleidbaarheid komt in de diver door het omschakelen van kwel naar infiltratie en door het verschil in relatieve doorlatendheid tussen zand- en kleilaag.

Om te bepalen wat er precies aan de hand is en of één van beide bovenstaande verklaringen of wellicht nog een andere waar is, is aanvullend veldwerk nodig. Dit voert echter voor het kader van dit project te ver.

H4.3 *Toetsing van de gemeten temperatuur*

Alle automatisch gemeten temperaturen worden gepresenteerd in figuur H12. In figuur H12 is te zien dat:

- alle meetpunten een stijgende trend hebben; de temperatuur neemt ongeveer toe met 2 graden in de meetperiode, dit is een relatief grote stijging;
- na 15 juni een kleine sprong optreedt ten gevolge van het aanzetten van het onttrekkings- en infiltratiesysteem;
- er een onderling groot verschil is in temperatuur, tot maximaal circa 4 °C.

De verschillen in temperatuur blijken globaal ruimtelijk verdeeld te zijn (zie fig. H13 en H14). De temperatuur neemt toe van west naar oost. Dit is gelijk aan de richting van de stroming van het grondwater. Tussen de punten onderling zijn er soms nog aanzienlijke temperatuurverschillen.

Het grondwater infiltreert vanuit het Schie in het watervoerende pakket. De temperatuur van het Schie-water zal sterk variëren met het seizoen. De snelheid van het grondwater bedraagt naar schatting ongeveer 20 meter per jaar, maar door de bufferende werking van de bodem zullen de temperatuurgolven sterk uitdempen.

Voor een goede analyse van dit verschijnsel is een meetreeks nodig van minimaal 1 jaar. Mogelijk kan dan met behulp van deze data een nauwkeurige inschatting gemaakt worden van de voortplantingssnelheid van het grondwater en daarmee wellicht een verband met het Schie-water worden aangetoond dan wel weerlegd.

De verschillen in temperatuur blijken dus niet te herleiden tot het optreden van natuurlijke afbraak. De concentraties VOCl-verbindingen zijn laag (geworden) en daarom is er in dit geval ook niet een toename in temperatuur te verwachten. Mogelijk zijn er na bestudering van een jaar meetreeksen door een statische filtering wel conclusies af te leiden over lokale verschillen ten gevolge van afbraak.

H5 Conclusies en aanbevelingen

Conclusies over de meerwaarde van HRM bij case 2

Door het gebruik van HRM zijn bij de Delftse saneringslocatie inzichten verkregen die niet met het reguliere monitoringsprogramma zouden zijn verkregen. Het betreft het signaleren van:

- slecht functionerende peilbuizen door lekkende straatpotten;
- afwijkende instellingen van pompdebieten;
- een lokaal sterk wisselende samenstelling van het grondwater (in macroparameters);
- het is mogelijk gebruik te maken van (wel of niet bewust) geïnfiltreerd water van afwijkende kwaliteit om de herkomst van onttrokken water vast te stellen;
- een lokaal sterk effect op de grondwaterkwaliteit ten gevolge van het intermitterend pompen;
- een sterke gradiënt in temperatuur in de richting van de grondwaterstroming.

Conclusies over de beperkingen van HRM bij case 2

Door het gebruik van HRM zijn bij case 2 niet vastgesteld:

- een verandering in temperatuur ten gevolge van afbraak;
- een duidelijke stratificatie in geleidbaarheid ten gevolge van afbraak.

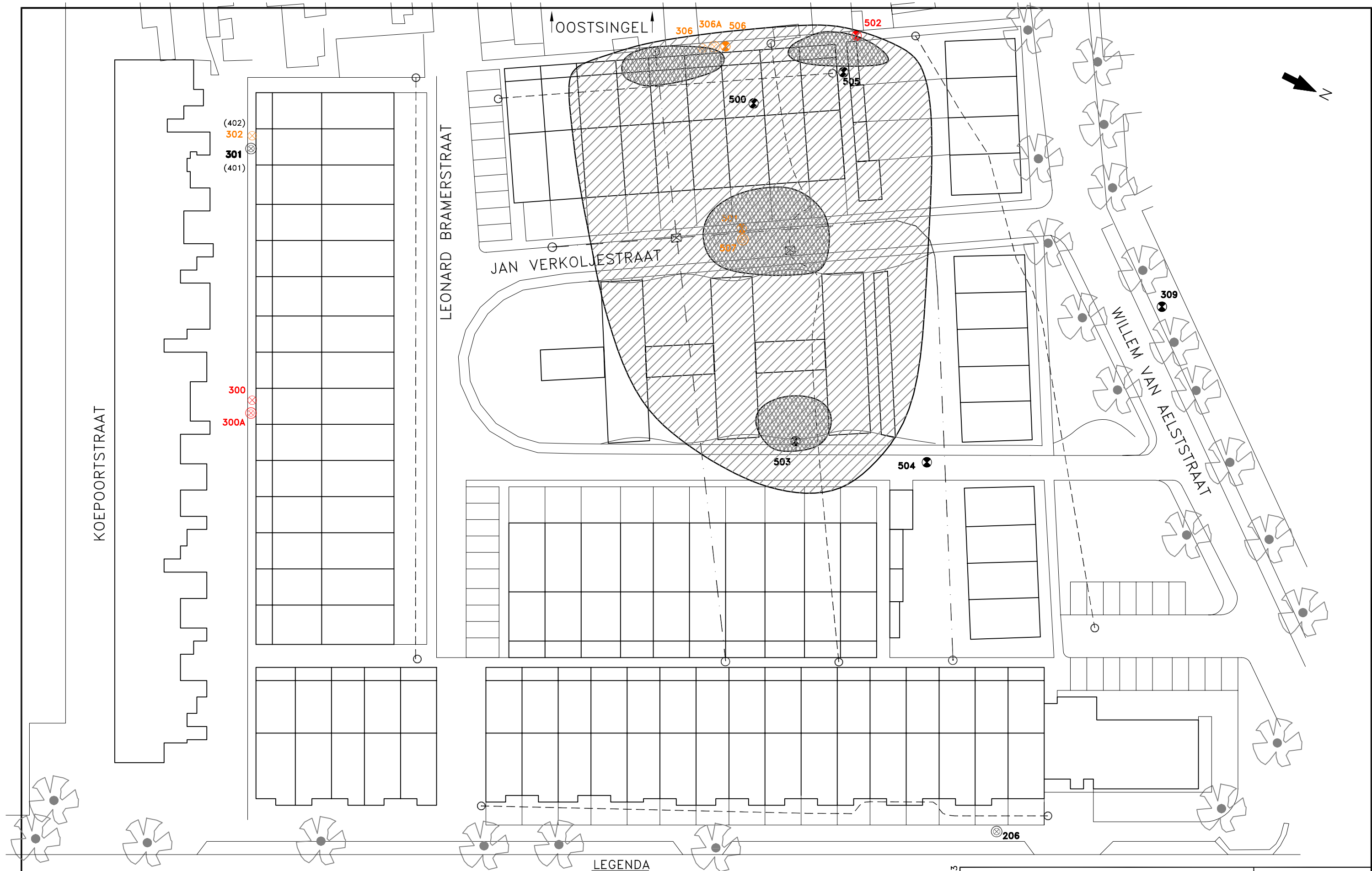
Om dit te kunnen signaleren zijn de concentraties verontreinigingen te laag (geworden). Bij andere saneringslocaties zijn wel aanzienlijke temperatuurverhogingen aangetoond.

Aanbevelingen voor case 2

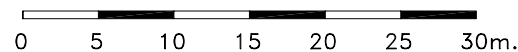
Aangeraden wordt om de geïnstalleerde diverapparatuur bij case 2 minimaal nog 1 jaar te laten staan. Na deze periode kan ook de invloed van seizoenstrends worden beschouwd. Waarnemingen in temperatuur en geleidbaarheid kunnen dan beter worden verklaard.

Algemene aanbevelingen voor het gebruik van HRM bij saneringslocaties

HRM is een nuttige tool voor het karakteriseren van het grondwatersysteem. Daarom wordt aangeraden om dit meer toe te passen bij saneringslocaties om zo meer ervaring op te doen met de analyse van hoogfrequente waarnemingen van grondwaterstand, temperatuur en geleidbaarheid.



VAN MIEREVELTLAAN



LEGENDA

	- ondiepe peilbuis		LUCHTDRIUK-DIVER
	- peilbuis bovenzijde holocene zandlaag		TD-DIVER
	- diepe peilbuis		CTD-DIVER
	- bronnen VOH-verontreiniging op circa 6m-mv		INFILTRATIEDRAIN
	- brongebied op 6m-mv		ONTTREKKINGSDRAIN

formaat: A3 GOA04602	BIJLAGE			VERONTREINIGINGSSITUATIE GRONDWATER		BIJLAGENR.		—			
	PROJECT			VAN MIEREVELTLAAN, DELFT							
	OPDRACHTGEVER			DELFT INSTRUMENTS							
	DATUM		16-3-2001		SCHAAL		1:500		PROJECTNR.		G00A0046

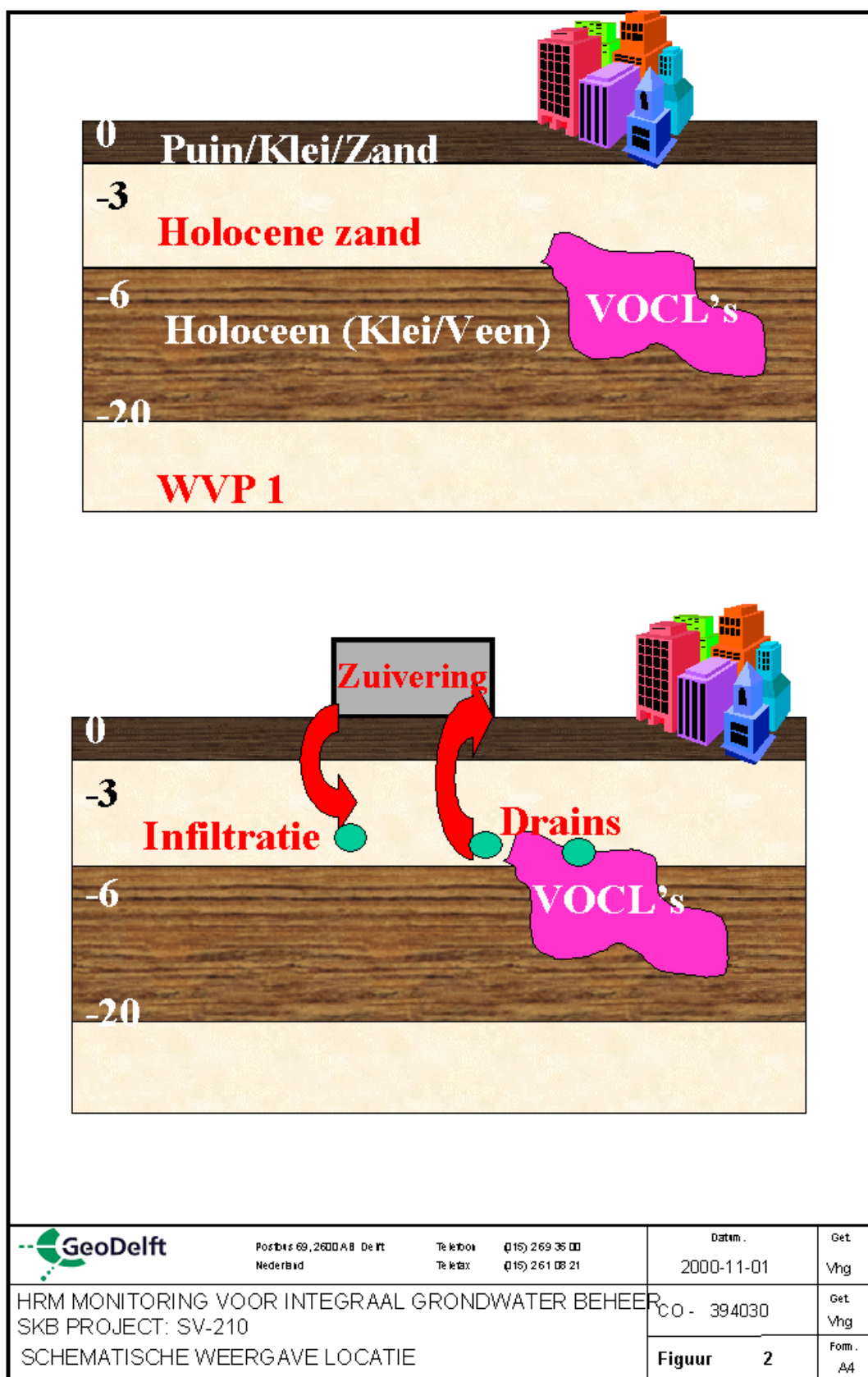


Fig. H2. Schematische weergave van de locatie.

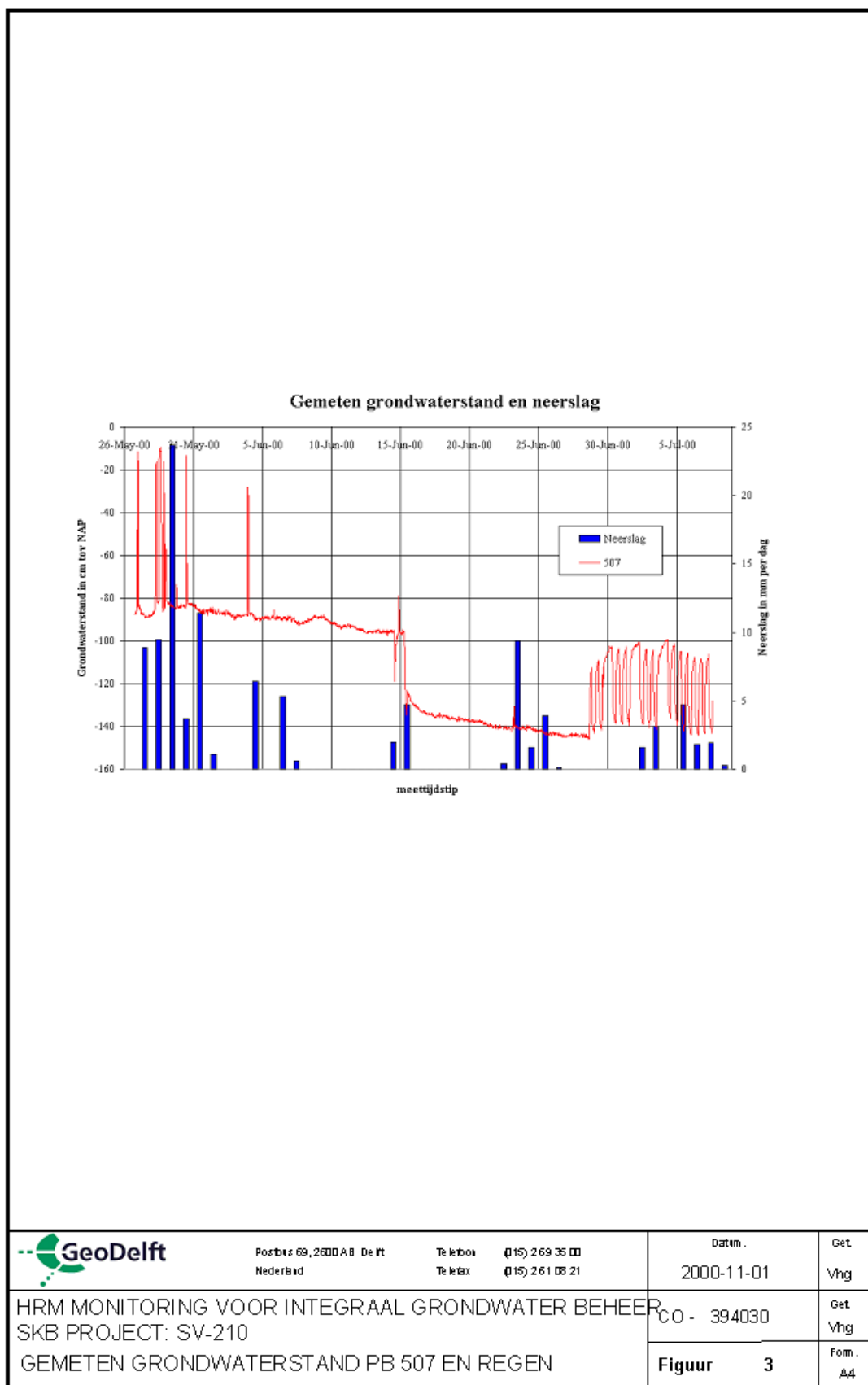
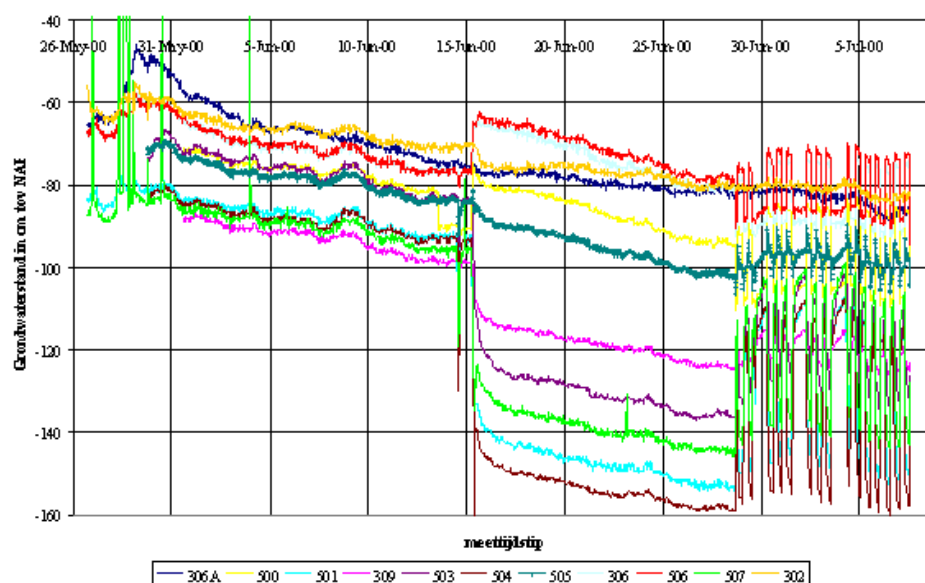


Fig. H3. Gemeten grondwaterstand in peilbuis 507 en de gemeten regenval.




	Posities 69, 2600 AB De IJt Nederland	Telefoon (015) 269 35 00 Telefax (015) 261 08 21	Datum	Get.
			2000-11-01	Vhg
			HRM MONITORING VOOR INTEGRAAL GRONDWATER BEHEER SKB PROJECT: SV-210 GEMETEN GRONDWATERSTANDEN	
			CO - 394030	Get. Vhg
			Figuur 4	Form. A4

Fig. H4. Gemeten grondwaterstanden.

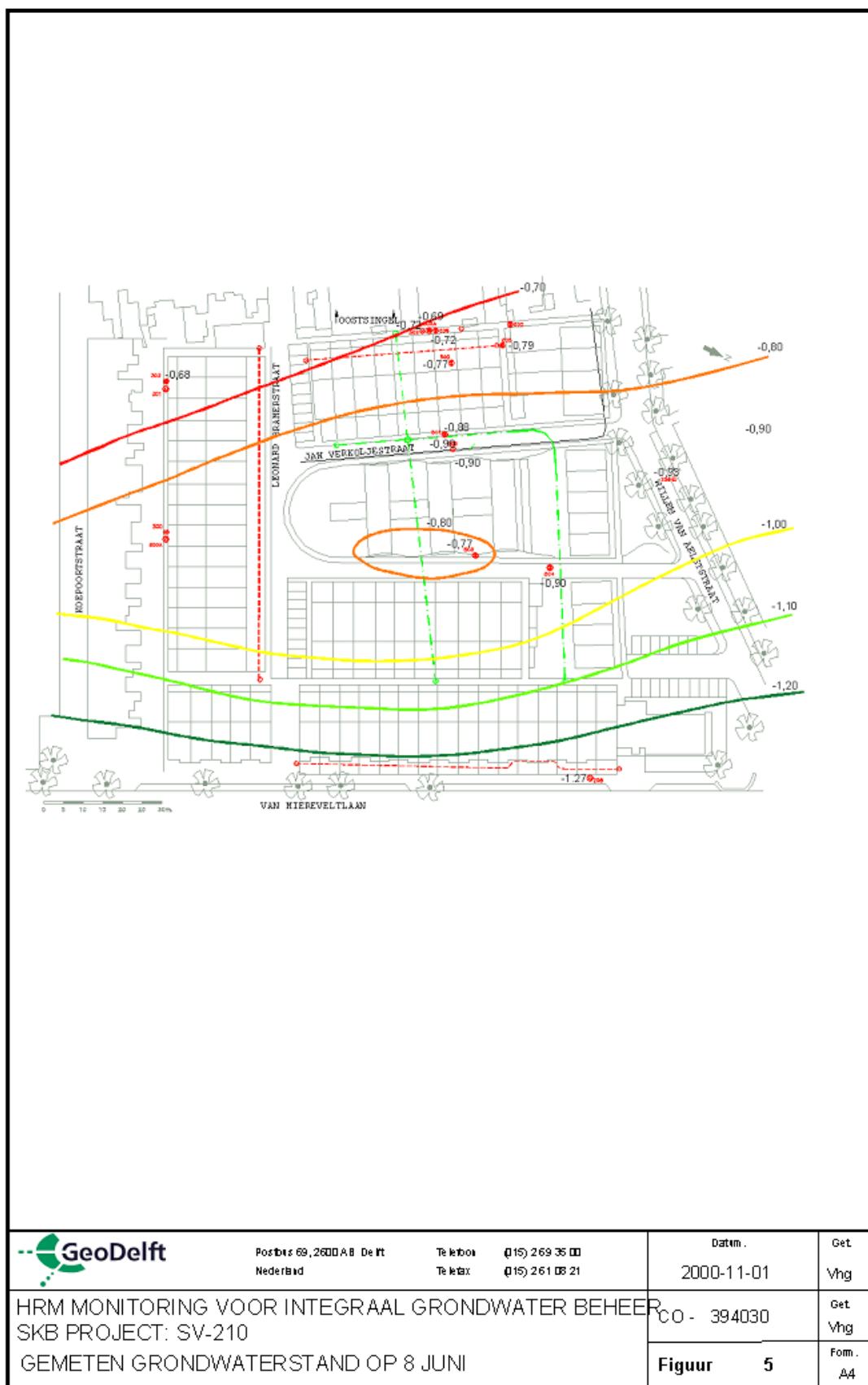


Fig. H5. Gemeten grondwaterstand op 8 juni 2000.

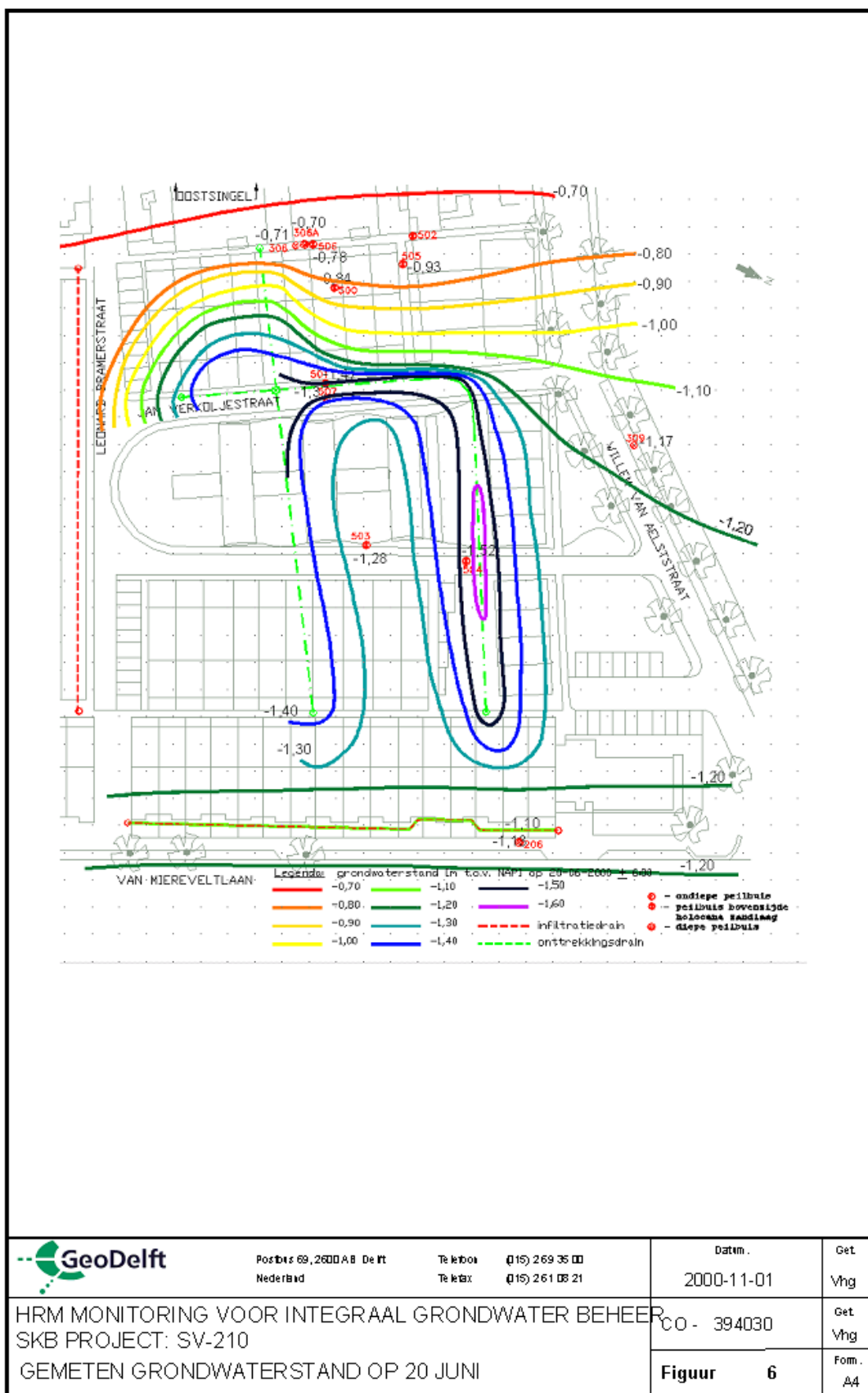


Fig. H6. Gemeten grondwaterstand op 20 juni 2000.

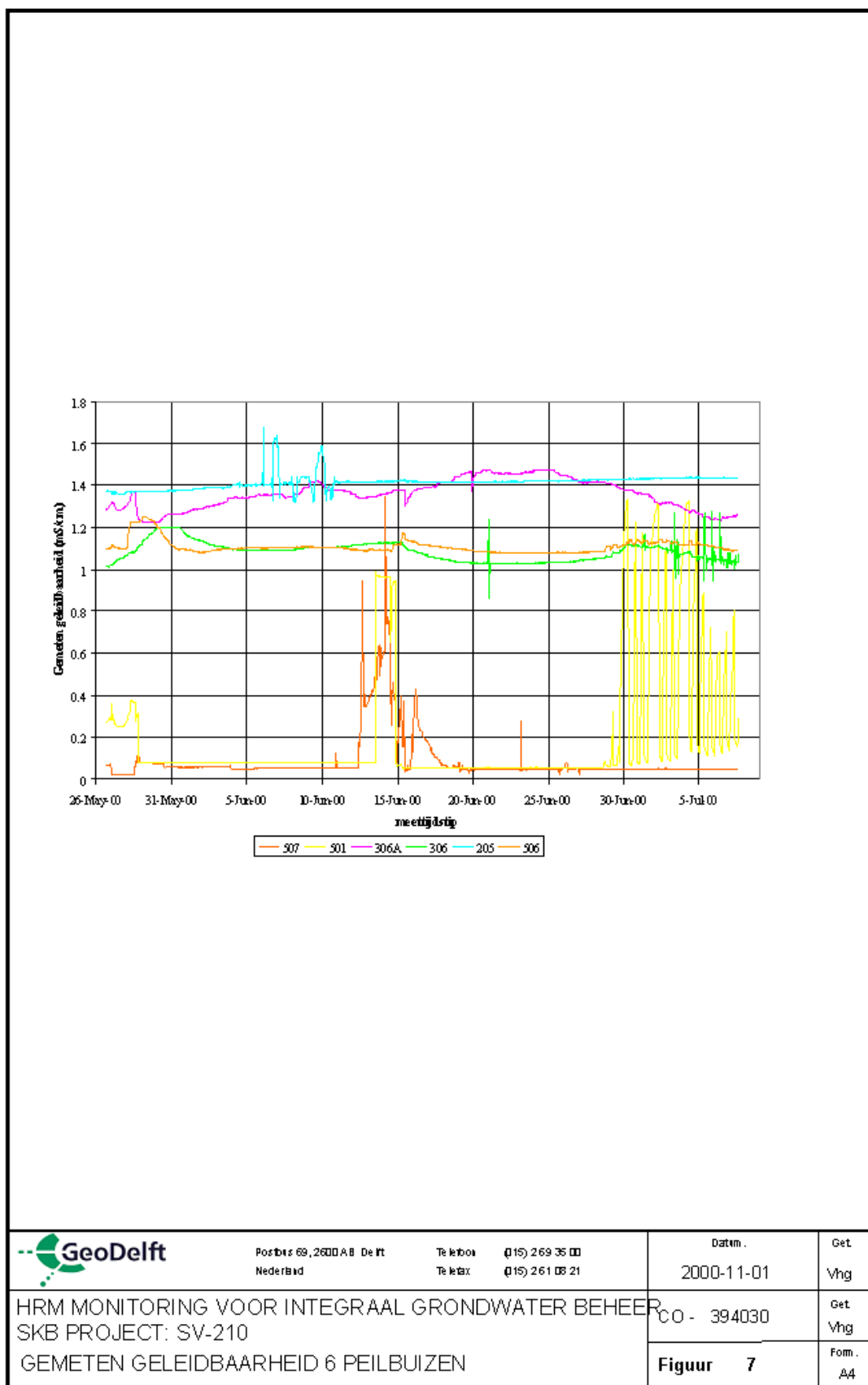


Fig. H7. Gemeten geleidbaarheid in 6 peilbuisen.

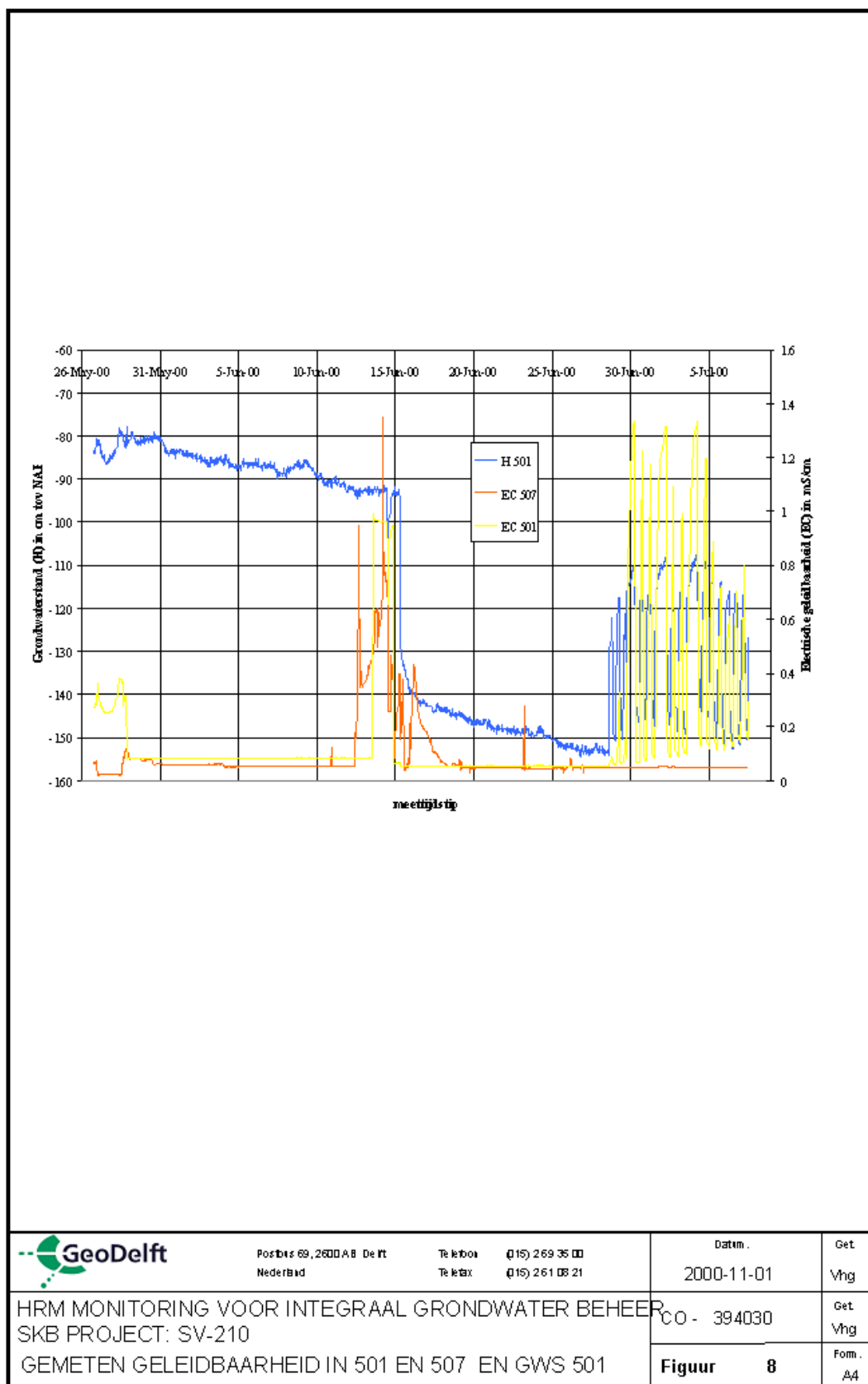
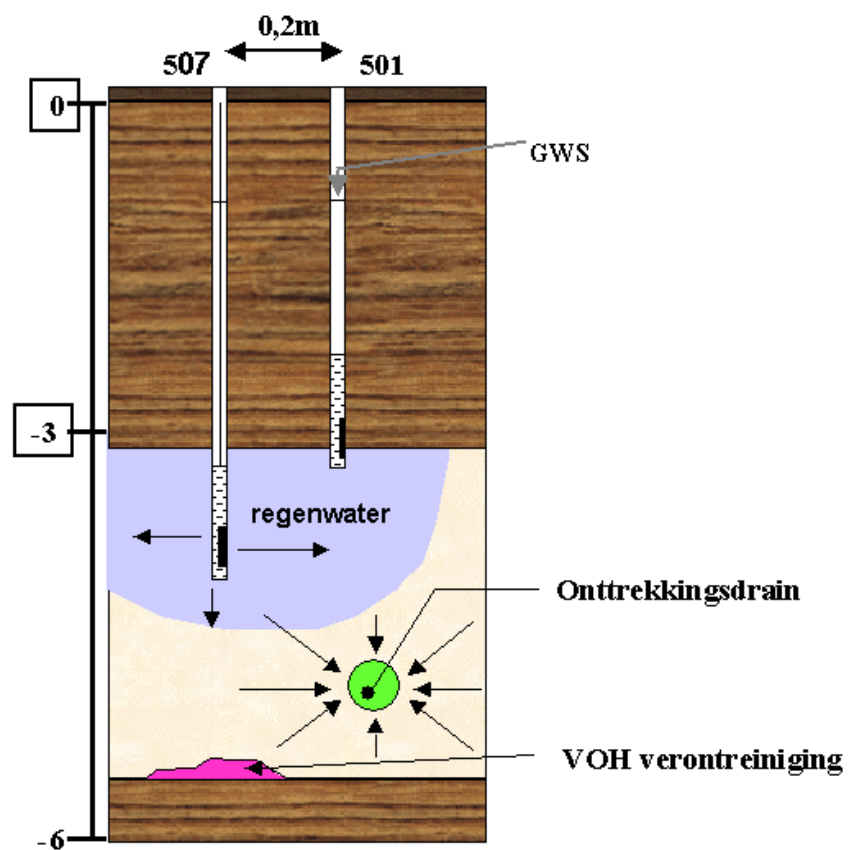


Fig. H8. Gemeten geleidbaarheid in de peilbuizen 501 en 507 en de grondwaterstand in peilbuis 501.




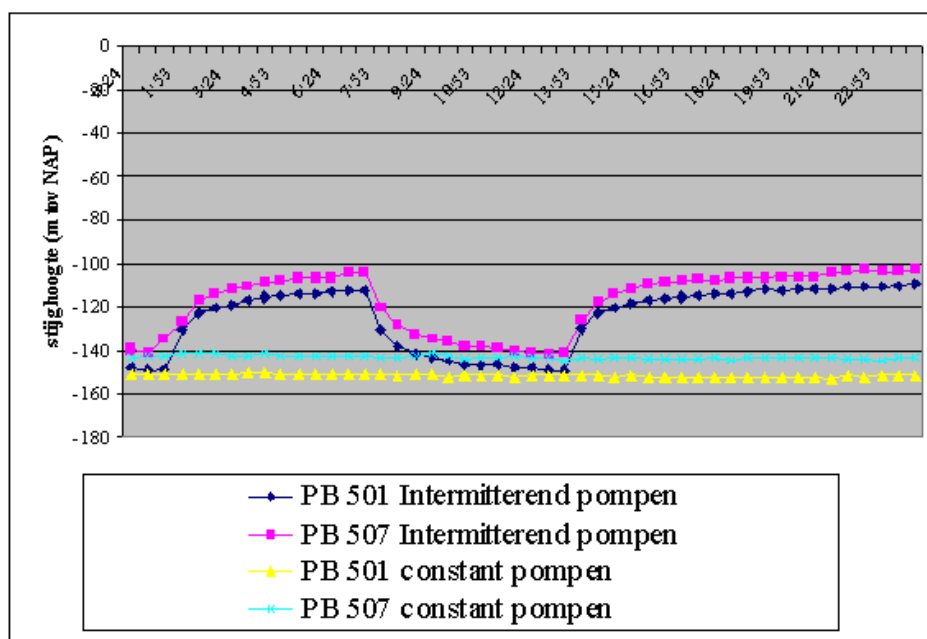
	Postbus 69, 2600 AA Delft Nederland	Telefoon (015) 269 35 00 Telefax (015) 261 08 21	Datum: 2000-12-01	Get. Vhg
	HRM MONITORING VOOR INTEGRAAL GRONDWATER BEHEER SKB PROJECT: SV-210			Get. Vhg
	HYPOTHESE: REGENWATERBEL ROND PEILBUIZEN 501 EN 507			Form. A4

Fig. H10. Hypothese van de regenwaterbel rond de peilbuizen 501 en 507.




	Positie 69, 2600 AB De IJt Nederland		Telefoon (015) 269 35 00 Telefax (015) 261 08 21	Datum: 2000-12-01	Get. Vhg
	HRM MONITORING VOOR INTEGRAAL GRONDWATER BEHEER SKB PROJECT: SV-210			CO - 394030	Get. Vhg
	STIJGHOOGTEN BIJ CONTINU EN INTERMITTEREND POMPEN			Figuur 11	Form. A4

Fig. H11. Stijghoogten bij continu en intermitterend pompen.

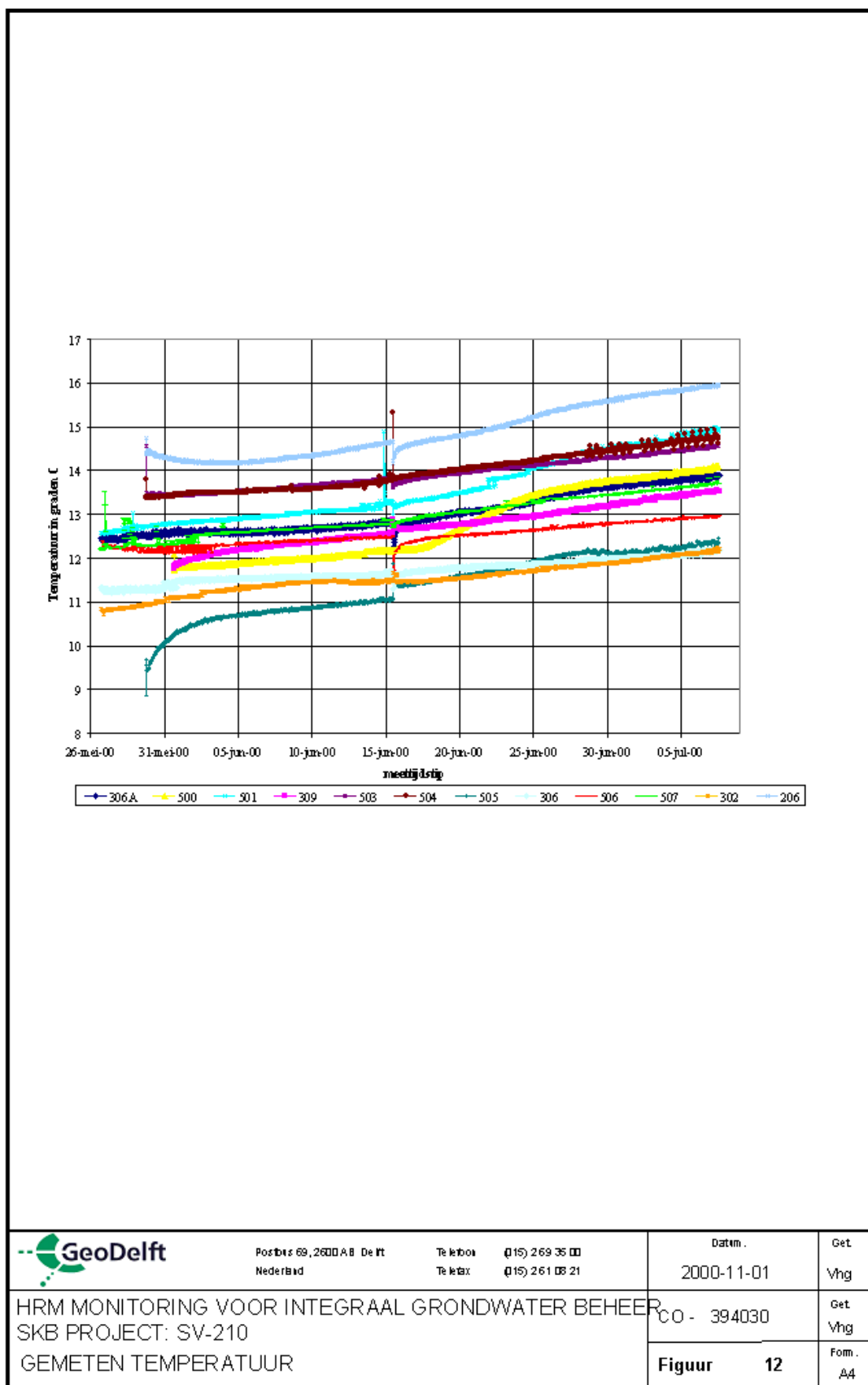


Fig. H12. Gemeten temperatuur.

BIJLAGE H-1

**CERTIFICATEN VAN DE CHEMISCHE ANALYSES BIJ CASE 2
(BODEMVERONTREINIGING)**



ALcontrol Biochem Laboratoria

ALcontrol B.V.
Steenhouwerstraat 15 3194 AG Hoogvliet
Tel.: (010) 231 47 00 Fax: (010) 416 30 34

DE STRAAT MIL./ADV. BV

Bijlage 1 van 3

Projectnaam : G00A0045
Projectnummer : G00A0045
Ontvangstdatum : 20-07-2000
Startdatum : 24-07-2000

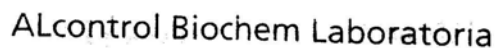
Rapportnummer : 0030021 / 3
Rapportagedatum : 31-07-2000

Analyse	Eenheid	X01	X02
METALEN			
arsen	ug/l	<5	5.1
cadmium	ug/l	<0.4	<0.4
chrom	ug/l	<1	<1
koper	ug/l	<5	<5
kwik	ug/l	<0.05	<0.05
lood	ug/l	<10	<10
nikkel	ug/l	<10	<10
zink	ug/l	<20	<20
ANORGANISCHE VERBINDINGEN			
ammonium	mgN/l	3.6	<0.5
fluoride	mg/l	0.85	<0.2
sulfide (vrij)	mg/l	<0.1	<0.1
bromide	mg/l	<0.5	<0.5
GECHLOOREERDE KOOLWATERSTOFFEN			
1,2-dichloorethaan	ug/l	<1	<1
cis 1,2-dichlooretheen	ug/l	2.1	<1
trans 1,2-dichlooretheen	ug/l	<1	<1
1,2-dichloorpropaan	ug/l	<1	<1
tetrachlooretheen	ug/l	<0.2	<0.2
tetrachloormethaan	ug/l	<0.2	<0.2
1,1,1-trichloorethaan	ug/l	<1	<1
1,1,2-trichloorethaan	ug/l	<1	<1
trichlooretheen	ug/l	<0.2	<0.2
chloroform	ug/l	<0.2	<0.2
vinylchloride	ug/l	3.2	2.8
nitriet	mg/l	<0.1	<0.1
nitraat	mg/l	<0.2	<0.2
Ec (zonder voorpompen) mS/cm		0.2	0.08
Ec (na voorpompen) mS/cm		1.6	0.3

Kode	Monstersoort	Monsterspecificatie
X01	grondwater	501-1-1 501(0-0) 501(0-0) 501(0-0) 501(0-0) 501(0-0) 501(0-0) 501(0-0) 501(0-0) 501(0-0) 501(0-0)
X02	grondwater	507-1-1 507(0-0) 507(0-0) 507(0-0) 507(0-0) 507(0-0) 507(0-0) 507(0-0) 507(0-0) 507(0-0) 507(0-0)



QUALIFIED BY STERLAB, ALCONTROL IS INGESCHREVEN IN HET STERLABREGISTER VOOR LABORATORIA ONDER NO. 28 VOOR GEBIEDEN ZOALS NADER BESCHREVEN IN DE ERKENNING
AL ONZE WERKZAAMHEDEN WORDEN UITGEVOERD ONDER DE ALGEMENE VOORWAARDEN GEDEPONEERD BIJ DE KAMER VAN KOOPHANDEL EN FABRIEKEN TE ROTTERDAM
INSCHRIJVING HANDELSRECHT ROTTERDAM 24255286



Steenhouwerstraat 15 · 3194 AG Hoogvliet
Tel.: (010) 231 47 00 · Fax: (010) 416 30 34

DE STRAAT MIL./ADV. BV

Bijlage 1 van 3

Projektnaam : G00A0045
 Projektnummer : G00A0045
 Ontvangstdatum : 20-07-2000
 Startdatum : 01-08-2000

Rapportnummer : 00310X7
Rapportagedatum : 03-08-2000

Analyse	Eenheid	X01	X02
METALEN			
calcium	ug/l	176000	29000
kalium	ug/l	36000	4800
magnesium	ug/l	26000	2700
natrium	ug/l	88000	13000
chloride	mg/l	120	120

Kode	Monstersoort	Monsterspecificatie
X01	grondwater	501-1-1 501 (00.00-00.00)501 (00.00-00.00)501 (00.00-00.00) 501 (00.00-00.00)501 (00.00-00.00)501 (00.00-00.00) 501 (00.00-00.00)501 (00.00-00.00)501 (00.00-00.00) 501
X02	grondwater	507-1-1 507 (00.00-00.00)507 (00.00-00.00)507 (00.00-00.00)507 (00.00-00.00)507 (00.00-00.00) 507 (00.00-00.00)507 (00.00-00.00)507 (00.00-00.00) 507 (00.00-00.00)507 (00.00-00.00)507 (00.00-00.00) 507 (00.00-00.00) 507 (00.00-00.00)





DE STRAAT MIL./ADV. BV

Bijlage 2 van 3

Projektnaam : G00A0045
Projektnummer : G00A0045
Ontvangstdatum : 20-07-2000
Startdatum : 24-07-2000

Rapportnummer : 0030021
Rapportagedatum : 24-07-2000

Analyse	Monstersoort	Relatie tot norm
arseen	grondwater	Eigen methode, analyse conform op NEN 6426
cadmium	grondwater	Eigen methode, analyse conform op NEN 6426
chrom	grondwater	Eigen methode, analyse conform op NEN 6426
koper	grondwater	Eigen methode, analyse conform op NEN 6426
kwik	grondwater	Eigen methode, ontsluiting gebaseerd op NEN-EN 1483, analyse m.b.v. koude damp-techniek
lood	grondwater	Eigen methode, analyse conform op NEN 6426
nikkel	grondwater	Eigen methode, analyse conform op NEN 6426
zink	grondwater	Eigen methode, analyse conform op NEN 6426
ammonium	grondwater	Eigen methode, segmented i.p.v. continuous flow
fluoride	grondwater	Conform NEN-ISO 10304-1 en -2
sulfide (vrij)	grondwater	Eigen methode *
bromide	grondwater	Conform NEN-ISO 10304-1 en -2
1,2-dichloorethaan	grondwater	Conform NEN 6407, online purge&trap GC-MS
cis 1,2-dichlooretheen	grondwater	Conform NEN 6407, online purge&trap GC-MS
trans 1,2-dichlooretheen	grondwater	Conform NEN 6407, online purge&trap GC-MS
1,2-dichloorpropaan	grondwater	Conform NEN 6407, online purge&trap GC-MS
tetrachlooretheen	grondwater	Conform NEN 6407, online purge&trap GC-MS
tetrachloormethaan	grondwater	Conform NEN 6407, online purge&trap GC-MS
1,1,1-trichloorethaan	grondwater	Conform NEN 6407, online purge&trap GC-MS
1,1,2-trichloorethaan	grondwater	Conform NEN 6407, online purge&trap GC-MS
trichlooretheen	grondwater	Conform NEN 6407, online purge&trap GC-MS
chloroform	grondwater	Conform NEN 6407, online purge&trap GC-MS
vinylchloride	grondwater	Conform NEN 6407, online purge&trap GC-MS
nitriet	grondwater	Conform NEN-ISO 10304-1 en -2
nitraat	grondwater	Conform NEN-ISO 10304-1 en -2

De met een * gemerkte analyses vallen niet onder de Sterlab erkenning.



QUALIFIED BY STERLAB, ALCONTROL IS REGISTREERD IN HET STERLAB-REGISTROOR LABORATORIA ONDER NO. 28 VOOR GEBIEDEN ZOALS NADER BESCHREVEN IN DE ERKENNING
AL ONZE VERKEERSMIDDELEN WORDEN UITGELEID ONDER DE ALGEMENE VOORWAARDEN GEDEPONEERD BIJ DE KAMER VAN KOOPHANDEL EN FABRIEKEN TE ROTTERDAM
INSCHRIJVING HANDELSREGISTRIER KVK ROTTERDAM 24265286



ALcontrol Biochem Laboratoria

ALcontrol B.V.

Steenhouwerstraat 15 - 3194 AG Hoogvliet

Tel.: (010) 231 47 00 - Fax: (010) 416 30 34

DE STRAAT MIL./ADV. BV

Bijlage 1 van 3

Projektnaam : G00A0045
 Projektnummer : G00A0045
 Ontvangstdatum : 29-08-2000
 Startdatum : 29-08-2000

Rapportnummer : 0035103
 Rapportagedatum : 05-09-2000

Analyse	Eenheid	X01	X02	X03	X04
METALEN					
calcium	ug/l	149000	182000	153000	59000
kalium	ug/l	32000	33000	40000	8100
magnesium	ug/l	23000	32000	20000	8300
natrium	ug/l	130000	94000	62000	40000
ijzer (2+)	mg/l	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3
ANORGANISCHE VERBINDINGEN					
fluoride	mg/l	0.79	0.93	0.30	<0.2
bromide	mg/l	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2
GECHLOREERDE KOOLWATERSTOFFEN					
cis 1,2-dichlooretheen	ug/l	<1	<1	170	1.1
vinylchloride	ug/l	<0.5	0.6	280	5.9
chloride	mg/l	90	120	120	53
nitraat	mg/l	<0.2	<0.2	100	<0.2
bicarbonaat	mg/l	260	410	520	140
sulfaat	mg/l	340	350	24	6.4

Kode	Monstersoort	Monsterspecificatie
X01	grondwater	501-1-2 501 (00.00-00.00)501 (00.00-00.00)501 (00.00-00.00) 501 (00.00-00.00)501
X02	grondwater	503-1-1 503 (00.00-00.00)503 (00.00-00.00)503 (00.00-00.00) 503 (00.00-00.00)503
X03	grondwater	506-1-1 506 (00.00-00.00)506 (00.00-00.00)506 (00.00-00.00) 506 (00.00-00.00)506
X04	grondwater	507-1-3 507 (00.00-00.00)507 (00.00-00.00)507 (00.00-00.00) 507 (00.00-00.00)507



QUALIFIED BY STERILAB. ALCONTROL IS INGESCHRIJFEN IN HET STERILABREGISTER VOOR LABORATORIA ONDER NO. 28 VOOR GEBIEDEN ZOALS NADER BESCHREVEN IN DE ERKENNING.
 AL ONZE WERKZAAMHEDEN WORDEN UITGEVOERD ONDER DE ALGEMENE VOORWAARDEN GEDEPONEERD BIJ DE KAMER VAN KOOPHANDEL EN FABRIEKEN TE ROTTERDAM.
 INSCHRIJVING HANDELSREGISTER - KVK ROTTERDAM 12165286

BIJLAGE I

**CONCLUSIES OVER ASPECTEN DIE DE TECHNISCHE INZETBAARHEID VAN EEN
HRM-SYSTEEM BEPALEN**

Tabel 11. Conclusies met betrekking tot HRM per probleemveld.

probleemveld	specifiek (voorbeeld)	parameter	periode	incidentie/aanvaarbare overschrijding frequentie	oppervlakte	reactietijd	meetfrequentie	meetdichtheid	telemetrie
wateroverlast (neerslag)	kelder	gws	dag	5 jaar	woning	anticiperen, registreren, corrigeren	kar: minuten mon: uren	kar: hoog mon: afhankelijk van de karakterisatie	kar: nee mon: ja
	kuipruimte	gws	week	jaar	woning	anticiperen, registreren, corrigeren	kar: uren mon: dagen	kar: hoog mon: afhankelijk van de situatie	kar: nee mon: ja
uitdamp risico	kuipruimte/kelder	gws	risico (TWA-afhankelijk)	10 jaar	woning	anticiperen, corrigeren	kar: minuten mon: uren (actie afhankelijk van responsetijd)	kar: hoog mon: afhankelijk van de pluimen	kar: nee mon: ja
verspreiding	grondwaterverontreiniging	stromingsrichting; stromingsgradient; Ec	1 jaar	5 jaar	vlek/are	1 jaar (achteraf), corrigeren	kar: dagen mon: maanden	geohydrologische eenheidsniveau	nee
afbraak	natuurlijk	Ec?; T	5 jaar	30 jaar	are	anticiperen, corrigeren	T: kar: hoog (minuten) afhankelijk van heterogeniteit van temperatuurinput mon: maanden	kar: (m ²) mon: (vlekniveau)	nee
	gestimuleerd	Ec; T	week	jaar	are	registreren, corrigeren	uren (geen echt onderscheid tussen karakterisatie en monitoren)	op het niveau van de ingreep	ja
zettingen	bronbemaling	gws	dag	100 jaar	gebouw	anticiperen, preventie	minuten	geval	ja
	grootschalige grondwaterwinning	gws	maand	100 jaar	gebied		maand	gemiddeld	nee
waterspanningen	grondwaterwinning	gws	jaar	10 jaar	gebied	jaar	maand	laag	nee
verdroging	grondwaterwinning	gws	seizoen en jaren	5 jaar	gebied	registreren, corrigeren	week	laag	nee
energieopslag	warmteopslag in grondwater	T	jaar	jaar	locatie	anticiperen, controleren, registreren, corrigeren	week	gemiddeld	nee
lekke riolering	drainage grondwater, vervalt na reparatie	gws; T; Ec	maand (dag na renovatie)	10 jaar	straat	anticiperen, controleren, registreren, corrigeren	week	hoog	ja/nee
verzilting	polderbemaling	Ec	maand	100 jaar	polder	anticiperen, registreren	laag	laag	nee
oprijven van constructies	spootunnel Delft	gws	minuut	1000 jaar	project	preventie, anticiperen, corrigeren	minuut	hoog	ja

BIJLAGE J

KOSTEN VAN HRM VERSUS TRADITIONEEL METEN

Tabel J1. Jaarlijkse kosten in NLG voor verschillende meetfrequenties en interpretatiemomenten per jaar.

meetfrequentie (aantal/jaar)	interpretatie (aantal/jaar)	handwaarneming	alleen divers	telemetrie 10,--	telemetrie 50,--	telemetrie 100,--
1	1	1004	3287	9351	15151	22401
2	1	2009	3287	9351	15151	22401
4	1	4017	3287	9351	15151	22401
	4	4017	11352	9423	15223	22473
6	1	6026	3287	9351	15151	22401
	4	6026	11352	9423	15223	22473
12	1	12052	3287	9351	15151	22401
	4	12052	11352	9423	15223	22473
	12	12052	32858	9617	15417	22667
24	1	24104	3287	9351	15151	22401
	4	24104	11352	9423	15223	22473
	12	24104	32858	9617	15417	22667
	24	24104	65118	9907	15707	22957
48	1	48207	3287	9351	15151	22401
	4	48207	11352	9423	15223	22473
	12	48207	32858	9617	15417	22667
	24	48207	65118	9907	15707	22957
96	1	96414	3287	9351	15151	22401
	4	96414	11352	9423	15223	22473
	12	96414	32858	9617	15417	22667
	24	96414	65118	9907	15707	22957