

## SAMENVATTING

### Hoge resolutie monitoring als basis voor integraal grondwater(kwaliteits)beheer in stedelijke gebieden

#### Aanleiding

Om de toepassingsmogelijkheden van *hoge resolutie monitoring (HRM)* voor bodem-gerelateerde vragen van gemeenten en provincies in beeld te brengen is het project '*Hoge resolutie monitoring* als basis voor integraal grondwater(kwaliteits)beheer in stedelijke gebieden' uitgevoerd. Daarbij is subsidie verkregen van de Stichting Kennisontwikkeling Kennisoverdracht Bodem (SKB).

Sinds februari 2000 wordt het proefproject Delft Waterstad 2000 uitgevoerd. Waterstad 2000 is een demonstratieproject, waarvoor een *hoge resolutie monitoring (HRM)* meetnet is aangelegd. In conventionele monitoringssystemen worden veelal iedere 2 weken handmatig enkele meetpunten uitgelezen. *Hoge resolutie monitoring* staat echter voor het verrichten van metingen in een meetnet met een hoge ruimtelijke dichtheid (meer meetpunten dan gebruikelijk) en een hoge *meetfrequentie* (vaker meten dan normaal, bijvoorbeeld ieder uur). Bovendien is de meetapparatuur op afstand uitleesbaar en in te stellen. Daarvoor wordt gebruikgemaakt van radiozenders/ontvangers (een zogenaamd *telemetrisch* netwerk) waarmee de gegevens van de meetpunten in een centraal punt worden verzameld en de meetpunten op afstand te bedienen zijn, bijvoorbeeld om een andere *meetfrequentie* in te stellen.

Met andere woorden: met *HRM* is het mogelijk om met veel meetpunten, vaak te meten en direct vanuit de bureaustoel op kantoor de meetresultaten te raadplegen en de meetinstrumenten in te stellen.

In Waterstad 2000 is zo'n *HRM*-netwerk ingericht dat een groot deel van de waterkringloop in en rondom Delft omvat. Het gaat hierbij om metingen die gericht zijn op neerslag, oppervlaktewater, grondwater en rioolstelsel. Op dit moment is een netwerk ingericht dat ruim 200 meetpunten (grond- én oppervlaktewater) omvat. Wij hebben ons gericht op de 146 grondwatermeetpunten en de neerslagmetingen. In de grondwatermeetpunten zijn zogenaamde *divers* aangebracht waarmee de grondwaterstand gemeten wordt. Daarnaast is in het kader van dit project een extra verdicht meetnet ingericht rondom een saneringslocatie. De *divers*, die hier worden gebruikt, zijn in staat de grondwaterstand, temperatuur en geleidbaarheid te meten.

#### Doelstelling

Het proefproject Waterstad 2000 is primair gericht op demonstratie van de apparatuur: de data-vergaring. Vragen omtrent de bruikbaarheid van het meetnet en de vrijkomende gegevens voor een gemeente of een provincie worden niet aangepakt. In dit project hebben wij ons dan ook voornamelijk gericht op de behoeften die te maken hebben met grondwater(kwaliteit) van de eindgebruikers bij de provincies en met name gemeenten. Het doel is:

- te inventariseren welke vragen (informatiebehoeften) leven bij gemeenteambtenaren die met een *HRM*-meetnet mogelijk te beantwoorden zijn;
- te bepalen met welke zaken veelal rekening zal moeten worden gehouden voordat tot aanleg van een *HRM*-meetnet wordt besloten;
- aan te geven hoe men om kan gaan met ontwerp, aanleg, beheer en met name interpretatie van de resultaten van zo'n meetnet.

Hierbij zijn we zeker niet uitputtend en bewust ook niet al te gedetailleerd te werk gegaan. Het ging om het verkennen van de mogelijkheden van een *HRM*-meetnet. We verwachten met deze

studie en rapportage echter wel een overzicht en handvat te kunnen bieden aan eindgebruikers om op zijn minst de beslissing te kunnen nemen om de mogelijkheden van een *HRM*-meetnet voor eigen gebruik al dan niet verder te (laten) onderzoeken.

## Resultaten

Kenmerkend voor *HRM* (in de technische uitvoering zoals ingezet in Delft Waterstad 2000) is de grote flexibiliteit. De *meetfrequentie* van de apparatuur is door de gebruiker instelbaar. De ruimtelijke spreiding van in te zetten apparatuur is, doordat ieder meetapparaat zelfstandig kan werken en geen externe energiebron nodig heeft, zeer flexibel. De mogelijkheid om *telemetrie* in te zetten voor het programmeren van de apparatuur en het uitlezen van de verkregen data verhoogt de flexibiliteit nog meer. Mede door al deze mogelijkheden kan *HRM* een prima gereedschap zijn, waarmee een integrale aanpak van het water(kwaliteits)beheer in het stedelijk gebied wordt ondersteund.

Wat het complex kan maken is dat *HRM* gebruikt kan worden voor veel toepassingen tegelijkertijd. Om daarom over de inzet van *HRM* een beslissing te kunnen nemen, moet een eindgebruiker inzicht hebben in alle belangrijke aspecten die een rol spelen bij de keuze voor een *HRM*-meetnet. De belangrijkste aspecten worden besproken in de chronologische volgorde waarin deze in de dagelijkse praktijk aan de orde komen.

## Waarom zou men gaan meten?

- De belangrijkste reden om te gaan meten is de behoefte aan (meer) informatie. Vaak ontstaat deze behoefte doordat men wordt geconfronteerd met (nieuwe) problemen die een oplossing behoeven. Er zijn talloze van deze probleemvelden te bedenken (zie tabel I). Gezien de verwachte ontwikkelingen op het gebied van ruimtelijke ordening en het belang van water hierbij, de toename van ondergronds bouwen en de ontwikkelingen in het bodembeheer is het aannemelijk dat de behoefte aan (gedetailleerde) informatie enorm zal toenemen.
- Een aantal probleemvelden is in dit onderzoek meer gedetailleerd uitgewerkt en wij verwachten dat de uitwerking zodanig is dat andere problemen eenvoudig op analoge wijze kunnen worden aangepakt.

Tabel I. Conclusies met betrekking tot *HRM* per probleemveld.

probleemveld	specifiek (voorbeeld)	parameter	<i>meetfrequentie</i>	dichtheid van het meetnet	noodzaak van <i>telemetrie</i>
wateroverlast (neerslag)*	kelder	gws	uur	wijk	ja
	kruipruimte	gws	dag	wijk	ja
uitdamprisico*	kruipruimte/kelder	gws	uur	straat	ja
verspreiding*	grondwaterverontreiniging	gws; Ec	maand	straat	nee
afbraak*	natuurlijk	Ec; T	maand	straat	nee
	gestimuleerd	Ec; T	uur	straat	ja
zettingen (grootschalige winning)		gws	maand	wijk	nee
verdroging		gws	week	stad	nee
energieopslag		T	maand	wijk	nee
lekkende riolering		gws ( <i>diver</i> in riool: T, Ec)	week	straat	nee
verzilting	door onttrekking	Ec	week	wijk	nee
	door ontwatering	Ec	maand	stad	nee
opdrijven van constructies		gws	uur	wijk	ja

gws grondwaterstand

Ec elektrische geleidbaarheid

T temperatuur

\* meer gedetailleerd uitgewerkt in dit onderzoek

### Hoe zit het met de noodzaak van hoge resolutie en *telemetry* (zender/ontvanger)?

- Hoge resolutie en *telemetry* zijn in het algemeen nuttig voor de toepassingen met veel geel gekleurde hokjes. Hier is een sterk lokaal verdicht meetnet nodig in combinatie met een korte responstijd. Met het gebruik van *telemetry* kan snel actie worden ondernomen.
- Ook toepassingen met groene vakjes, waar geen hoge resolutie nodig is, kunnen in een *HRM*-meetnet worden opgenomen. De kosten van het *HRM*-meetnet kunnen namelijk het best terugverdiend worden door de metingen voor zo veel mogelijk verschillende doeleinden te gebruiken. Zo ontstaat bovendien een uniform meetnet dat geschikt is als ondersteunend instrument voor het integraal waterbeheer in een gemeente.
- Resolutie in de tijd is met de huidige stand van de techniek (vrijwel) geen limiterende factor meer. Ruimtelijke resolutie zal in veel gevallen de (kosten)bepalende factor zijn.
- In de toekomst zal voorlopig nog lange tijd sprake zijn van een combinatie van *diver*metingen, andere handmatige metingen en/of laboratoriummethoden, waarbij de automatische metingen vooral gebruikt zullen worden om trends in de gaten te houden.
- Een systeem met hoge resolutie 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.
- Inzet van *telemetry* is alleen noodzakelijk bij problemen waarvoor het nodig is om direct (binnen enkele uren) inzicht in de situatie te hebben. In andere gevallen is de inzet van *telemetry* afhankelijk van de kosten.

### Wat zijn de kosten van *HRM*?

- Er is een vergelijking van de kosten gemaakt voor drie scenario's: (1) 'traditioneel' handmeten, (2) *divers* met handmatige uitlezing en (3) *divers* met *telemetry*. De kosten, die voor alle drie de systemen gelijk zijn (zoals aanleg en onderhoud van de peilbuizen), zijn niet meegenomen.
- De kosten zijn afhankelijk van de *meetfrequentie* en het aantal momenten dat men de informatie echt wil raadplegen.
- De meeste kosten worden gemaakt door mensuren en bij *divers* met *telemetry* door de hardware en de abonnementskosten. Omdat ook in het proefproject in Delft nog niet het gehele systeem voorzien is van *telemetry* en de abonnementskosten nog niet bekend zijn, zijn hiervoor drie varianten berekend.
- Uit een afweging van de kosten voor het meetnet in Delft blijkt dat inzet van een *diver* reeds vanaf vier metingen per jaar goedkoper is dan handmetingen als wordt uitgegaan van één *interpretatiemoment* per jaar. Verder geldt dat bij een *meetfrequentie* van 12 tot 24 maal per jaar de inzet van *divers* met *telemetry* goedkoper is dan handmeten of *divers* zonder *telemetry*. Het omslagpunt is afhankelijk van de abonnementskosten voor *telemetry*.

### Wat is van belang voor de opzet van een *HRM*-systeem?

- Bij het opzetten van een meetnet dient vooraf goed geïnventariseerd te worden voor welke doelstellingen *HRM* wordt ingezet. Een doelstelling voor het meetnet geeft minimaal inzicht in de behoeften en vragen die moeten worden opgelost.
- De opzet van een *HRM*-systeem kan efficiënt plaatsvinden door de gewenste monitoringsperiode te laten voorafgaan door een karakterisatieperiode. In deze *karakterisatiefase* dient intensief gemeten te worden (zonder dat *telemetry* nodig is).
- Met behulp van het verkregen inzicht uit de *karakterisatiefase* kan (door de inzet van statistische technieken) het meetnet uitgedund worden en kan de *meetfrequentie* bepaald worden om het meetnet zo optimaal mogelijk in te richten. De na optimalisatie vrijkomende apparatuur kan vervolgens elders worden ingezet. Door tijdreeksen in één database op te slaan kan dan

langzamerhand een sluitend beeld worden verkregen van het grondwatersysteem in de hele gemeente.

### **Hoe worden meetreeksen vertaald naar inzichten?**

- De gegevens, die met een *HRM*-systeem worden verkregen, moeten in meer of mindere mate worden bewerkt voordat deze interpreteerbaar zijn. Het betreft het omzetten van feitelijke meetwaarden naar betekenisvolle grootheden, het uifilteren van foutieve waarden en het verwerken van de verkregen reeksen in een begrijpelijke presentatie die aansluit op het doel van het meetnet.
- De beide eerstgenoemde bewerkingsstappen zijn tamelijk eenduidig en daarom goed in een protocol te vatten. De wijze waarop deze stappen in dit project zijn uitgevoerd kunnen daarvoor als opstap dienen.
- De laatste bewerkingsstap is in hoge mate afhankelijk van de gebruiker. Inhoudelijk-geïnteresseerden zullen vooral behoefte hebben aan de oorspronkelijke meetreeksen in de vorm van (meetreeksen)grafieken, aan de onderliggende data én aan samenvattingen in de vorm van statistische kengetallen. Verantwoordelijken voor beheer of beleid zullen vooral behoefte hebben aan presentaties waarin relevante veranderingen in één oogopslag duidelijk worden. Met name kaarten zijn hiervoor zeer geschikt. In dit project zijn voorbeelden van bruikbare kaarten uitgewerkt. Verdergaande inzichten ontstaan nog door combinatiemogelijkheden van meerdere kaarten in een GIS-omgeving.

### **Aanbevelingen**

Het interpreteren van gegevens uit het *HRM*-meetnet van Delft heeft ons een aantal inzichten opgeleverd. Enkele hebben wij vertaald naar algemene aanbevelingen:

- Wij raden iedereen aan om bij elke vraag waarbij grondwaterstanden bepaald moeten worden dit vooral met geautomatiseerde meetinstrumenten te meten. Hierbij moet in eerste instantie met een tamelijk hoge meetresolutie worden gemeten (in de orde van uren). Onze ervaring is dat met deze gegevens het inzicht in het gedrag van het grondwatersysteem meteen sterk groeit.
- Het aanschaffen van een systeem met een grootte zoals in Delft is kostbaar. Door als gemeente samen te werken met andere belanghebbenden, zoals een waterschap en provincie, kunnen de kosten worden gedeeld. Hierbij is ook van belang dat een *HRM*-meetnet in principe nooit alleen in het kader van bodem- of grondwaterkwaliteitsbeheer zal worden aangelegd. Er zal naast een vraag vanuit het kwaliteitsbeheer altijd een integrale behoefte (moeten) bestaan vanuit het grondwaterkwantiteitsbeheer, vanuit het rioolbeheer en/of vanuit het oppervlaktewaterbeheer.
- *HRM* levert een grote hoeveelheid gegevens op. Voor operationele toepassing is derhalve verregaande automatisering van databeheer en data-interpretatie gewenst. Bij het databeheer is het van groot belang om de activiteiten in het veld goed te registreren (logboeken) en eventueel te regisseren.
- het verdient aanbeveling de *divers* uit het proefproject nog minimaal 1 jaar te laten staan. Na een jaar meten kunnen ook de invloeden van seizoentrends worden beschouwd. Bovendien levert de op te bouwen dataset een schat aan mogelijkheden voor toekomstige onderzoeken. Wel is het verstandig het meetnet te optimaliseren op basis van de opgedane kennis en met het zicht op toekomstige ontwikkelingen in de gemeente Delft, bijvoorbeeld de aanleg van de ondergrondse spoortunnel.