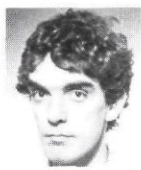


Inleiding

Het drinkwater voor de stad Zwolle en omgeving wordt gewonnen op het pompstation 'Engelse Werk', dat tussen de stad Zwolle en de IJssel in ligt. Per jaar wordt hier circa 11 miljoen m³ grondwater aan de bodem onttrokken. Van deze hoeveelheid is 70 tot 80%, via infiltratie, afkomstig uit de IJssel. De overige 20 tot 30% stroomt toe vanuit het noordoosten, dat wil zeggen vanuit de richting van de stad Zwolle.



G. J. DE WIT
IWACO

Binnen het intrekgebied liggen diverse grote bodem- en grondwaterverontreinigingen. Door het ontbreken van scheidende lagen boven het geëxploiteerde pakket vormen deze verontreinigingen een directe bedreiging voor de waterkwaliteit van het pompstation. Een van de meest vervuilde lokaties is het terrein ten zuidwesten van het NS-station (terrein NS-noord), dat op ongeveer 1 km afstand van de grondwaterwinning ligt. De bodem- en grondwaterverontreiniging op dit terrein en in de directe omgeving, is in de afgelopen jaren uitvoerig onderzocht in opdracht van de provincie Overijssel. Het onderzoek heeft zich vooral toegespitst op de diepe grondwaterverontreiniging tussen het NS-terrein en de grondwaterwinning, met het oogmerk de omvang van de grondwaterverontreiniging en het risico voor de grondwaterwinning in te schatten. Om een indruk te geven van de dichtheid van het waarnemingsnet: in een gebied van circa 15 ha zijn meer dan 20 diepe boringen geplaatst met 5 tot 20 filters elk. De waarnemingsputten zijn deels in opdracht van de provincie Overijssel, deels in opdracht van de Waterleiding Maatschappij Overijssel geboord. Ongeveer halverwege het NS-terrein en het Engelse Werk heeft de WMO een rij waarnemingsputten geplaatst om de kwaliteit van het grondwater dat naar het puttenveld stroomt te bewaken. Dit monitorsysteem wordt op het moment verder uitgebreid. Door de grote hoeveelheid gegevens over de bodemopbouw, de grondwaterstroming en de verontreiniging en de relatief grote stromingssnelheden, veroorzaakt door de aanwezigheid van de winning, vormt dit onderzoek een interessante 'case study' voor verspreidingspatronen van ver-

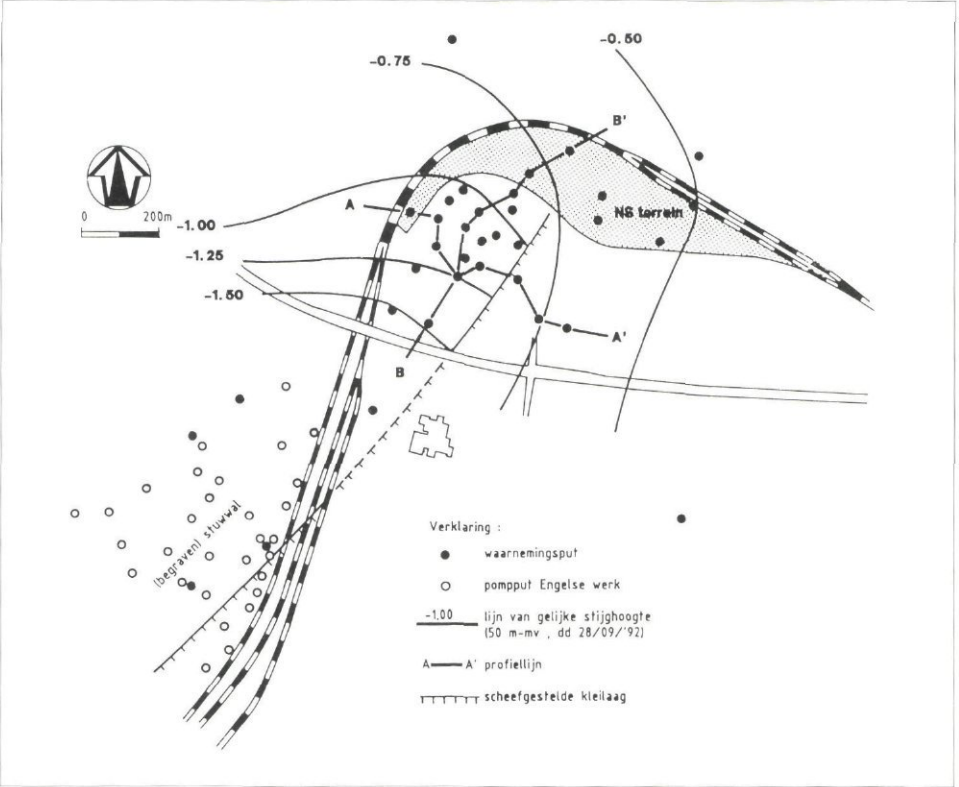
Samenvatting

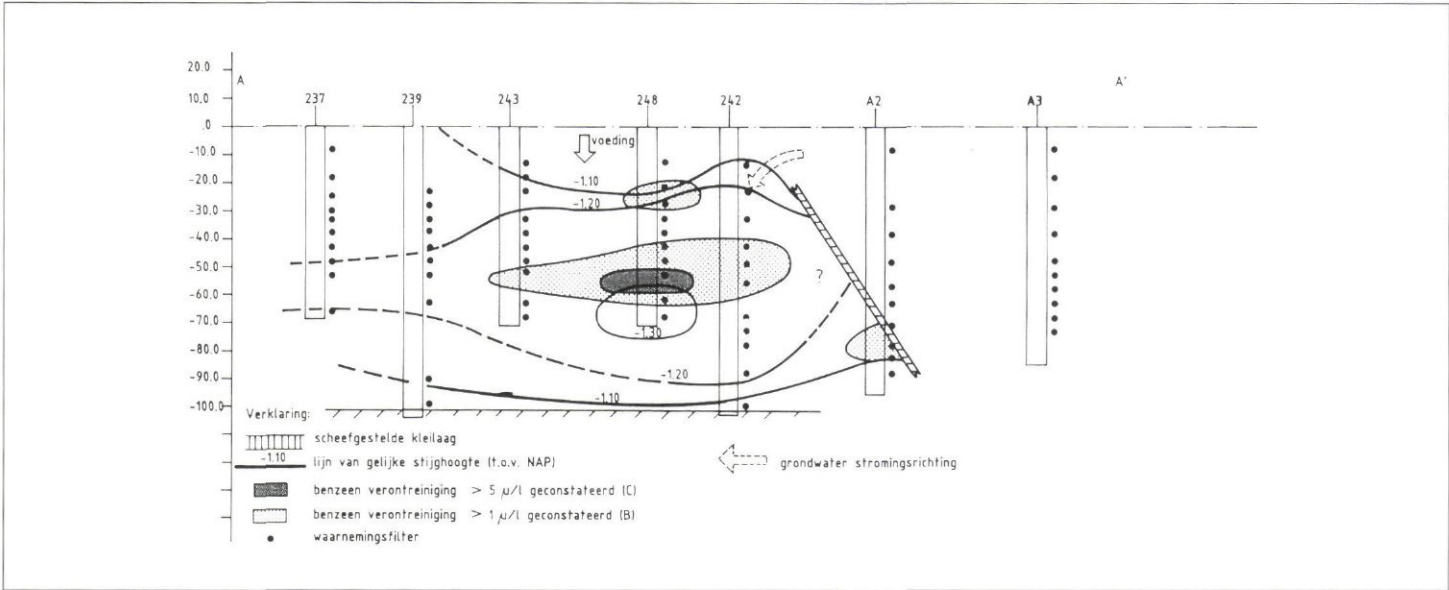
De bodemverontreiniging op het NS-terrein in Zwolle veroorzaakt een aantal verontreinigingspluimen in het grondwater. Deze pluimen worden naar het nabijgelegen pompstation Engelse Werk toegetrokken en vormen een bedreiging voor de kwaliteit van het opgepompte water. Sanering en beheersing van de grondwaterverontreiniging enerzijds, en bescherming van de winning anderzijds, zijn daardoor nauw met elkaar verbonden. In het gebied tussen het NS-terrein en het pompstation kon de ligging van een drietal benzeenpluimen in het grondwater met vrij grote mate van nauwkeurigheid worden vastgesteld. De positie van deze pluimen wordt in sterke mate bepaald door de, glaciaal gestuwde, geologische structuur. Ondanks het uitvoerige onderzoek en de duidelijke resultaten wordt verwacht dat het beeld van de grondwaterverontreiniging tijdens uitvoering van de beschermings- en beheersingsmaatregelen nog belangrijk bijgesteld zal moeten worden. Om in te kunnen spelen op dit veranderende beeld, en op een eventuele verschuiving van de ligging van de verontreinigingspluimen (bijvoorbeeld onder invloed van een verandering in de grondwaterwinning), wordt een flexibel beschermings- en beheersingssysteem voorgesteld. Een van de mogelijkheden hiertoe is een putterscherm met een groot aantal onttrekkingsfilters. De filters waaruit onttrokken wordt, worden geselecteerd op basis van bemonstering. De onttrekkingsdebieten worden gestuurd aan de hand van het concentratieverloop (terugkoppeling). Op deze wijze worden de verontreinigde stroombanen selectief onderschept. Verwacht wordt dat met dit systeem een aanzienlijke besparing van geld (en grondwater) bereikt kan worden.

ontreiniging in de ondergrond. Gebaseerd op de kennis van deze verspreidingspatronen kunnen gerichte maatregelen voor beheersing en sanering worden voorgesteld.

Geohydrologische situatie
De geologische opbouw van de ondergrond ter plaatse van het 'Engelse Werk' is complex. Uitvoerig onderzoek [RGD, 1978] heeft aangetoond dat het pomp-

Afb. 1 - Isohyphenkaart van het grondwater op 50 m diepte. Opgenomen op 28 september 1992.





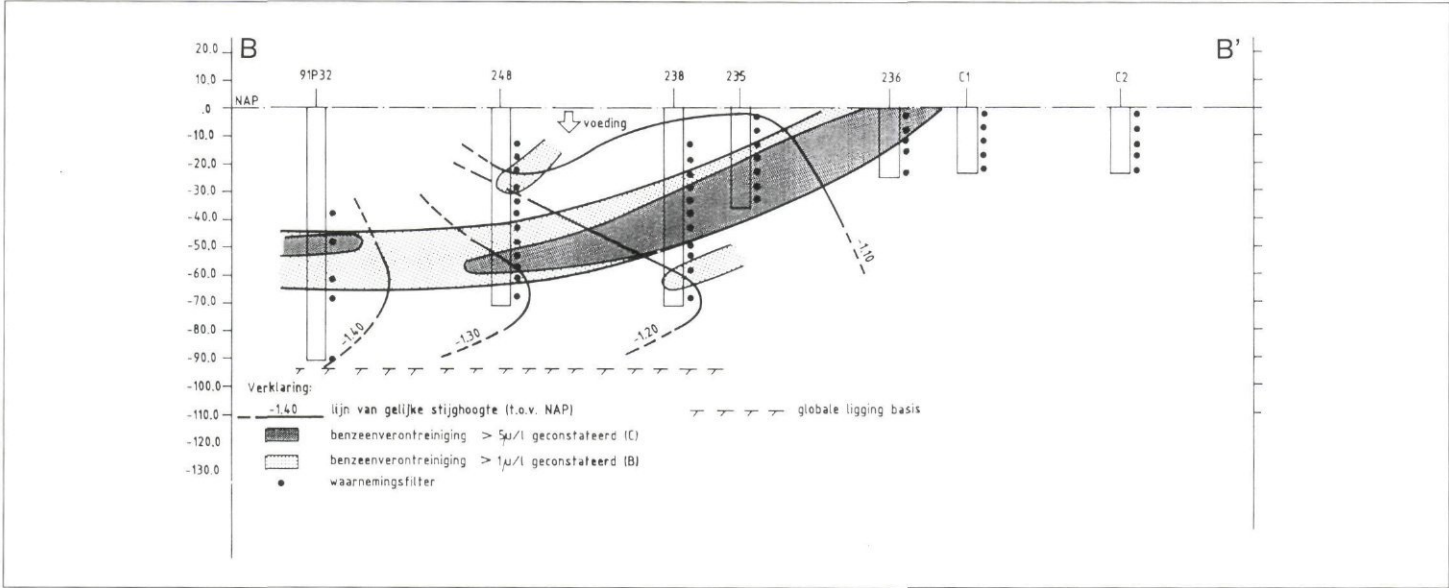
Afb. 2 - Gecombineerd stijghoogte/verontreinigingsprofiel (A-A'), dwars op de stromingsrichting. Opgenomen op 28 september 1992.

station op een begraven uitloper van de Veluwe stuwwal ligt (zie afb. 1). Op het puttenveld is een 'verschuiving' van geologische formaties waargenomen, die onder meer tot uiting komt in de aanwezigheid van een scheefgestelde kleilaag met een zuidoostelijke hellingsrichting. De strekkingsrichting van de glaciale stuwing is bij benadering zuidwest-noordoost. Het NS-terrein ligt in het verlengde van deze structuur. Tot een diepte van 100 m-mv zijn er geen aaneengesloten horizontale kleilagen aanwezig, zodat er, vanuit geohydrologisch oogpunt, tot die diepte sprake is van één watervoerend pakket. Uit dit, overwegend grofzandig, pakket wordt ook het grondwater gepompt. De glaciale stuwing leidt tot hydrologische

anisotropie, wat betekent dat de grondwaterstroming dwars op de strekkingsrichting meer weerstand ondervindt dan in de lengterichting van de structuur. Deze weerstand hangt waarschijnlijk samen met scheefgestelde kleilagen, zoals aangetoond op het puttenveld. Het is echter zeker niet uit te sluiten dat oude bodemprofielen ook een rol kunnen spelen als hydraulisch weerstandsvlak. De anisotropie veroorzaakt een vervorming van het isohypsenpatroon. Het verlagingspatroon dat door de winning wordt opgewekt is langwerpig, in de richting van de stuwwal (zie afb. 1). Het grondwater stroomt vermoedelijk vooral in de lengterichting (dat wil zeggen vanuit noordoostelijke en zuidwestelijke richting) naar het puttenveld toe.

De grote hoeveelheid stijghoogtegegevens in het gebied ten noordoosten van de winning maakt een gedetailleerde beschouwing van de toestroming van grondwater mogelijk. Dit gebeurt aan de hand van stijghoogteprofielen. Profiel A-A' (afb. 2) geeft de verticale stijghoogteverdeling in het watervoerend pakket weer. Ondanks het feit dat vrijwel het gehele pakket uit grove zanden bestaat, zijn er duidelijke verticale stijghoogteverschillen aanwezig. Het verticale stijghoogtepatroon vormt min of meer concentrische ringen rond een stijghoogte-minimum dat zich op 65 m-mv bevindt. De grondwaterstroming concentreert zich in dit minimum. Hier kunnen ook de grootste stroomsnelheden worden verwacht.

Afb. 3 - Gecombineerd stijghoogte/verontreinigingsprofiel (B-B'), parallel aan de stromingsrichting. Opgenomen op 28 september 1992.



De toestroming van grondwater van boven wordt vooral veroorzaakt door infiltratie van oppervlaktewater. In dit gebied wordt jaarlijks een hoeveelheid water, equivalent met circa 1 m waterschijf, ingelaten [Waterschap Salland, 1993].

Opmerkelijk is het grote verticale stijghoogteverschil dat aan de zuidoostzijde van het minimum optreedt. Blijkbaar is hier een barrière voor grondwaterstroming aanwezig. De geologische aard van deze barrière is nog een punt van discussie. We gaan ervan uit dat de barrière aansluit bij de op het puttenveld aangetroffen scheefgestelde kleilagen (zie afb. 1).

De ligging van het stijghoogteminimum wordt enerzijds bepaald door de diepte van de pompputten, anderzijds door de geologische structuur. Er lijkt sprake te zijn van een langgerekte, begraven structuur, die in direct contact staat met de pompputten en het water als een drain naar de winning toevoert (zie afb. 3). Lithologisch gesproken bestaat de structuur uit grove zanden met stenen, evenals een groot deel van de rest van het profiel.

Verontreinigingssituatie

Het NS-terrein is een staalkaart van bodemverontreinigingen. Vanaf het eind van de vorige eeuw hebben er allerlei bodemverontreinigende activiteiten plaatsgevonden. Zo was er onder meer een kleine gasfabriek en een verchroombedrijf gevestigd. Nu bevinden zich nog een werkplaats van de NS en een machinefabriek op het terrein.

Al deze activiteiten hebben een scala aan verontreinigingen veroorzaakt. De stof die de kwaliteit van het diepe grondwater het meest bedreigt is benzeen, waarvan zich op het NS-terrein een aantal haarden bevindt.

Benzeen is ook al aangetoond in twee pompputten van het Engelse Werk. In de meest verontreinigde put heeft het benzeengehalte zich gedurende de laatste twee jaar gestabiliseerd op 6 µg/l [WMO, 1992]. De totale hoeveelheid benzeen die opgepompt wordt ligt, in ordegrrootte, op 10 gram per dag. Zuiveringstechnisch gesproken levert dit tot nu toe weinig problemen op, omdat op het Engelse Werk al beluchting en actief-koolfiltratie wordt toegepast.

Benzeen kan gezien worden als een 'tracer' voor de verontreiniging als geheel. Om deze reden wordt in dit artikel alleen het verspreidingspatroon van benzeen in de ondergrond behandeld.

Vanzelfsprekend wordt het verspreidings-

patroon van de verontreiniging bepaald door de grondwaterstroming. Eén blik op de isohypsenkaart maakt duidelijk dat elke grondwaterverontreiniging in dit gebied naar het Engelse Werk wordt getrokken.

Iedere verontreinigingshaard veroorzaakt in principe zijn eigen verontreinigingspluim in het grondwater. Op de dwarsdoorsnede (afb. 2) zijn drie verontreinigingspluimen te onderscheiden. De belangrijkste pluim, in het midden van het profiel A-A', is vermoedelijk in verband te brengen met een met afval volgestorte sloot langs de zuidwestrand van het NS-terrein. De kleinere pluim daarboven is met vrij grote waarschijnlijkheid terug te voeren tot een nabijgelegen autospuiterij. Opvallend is dat de verontreiniging, over een korte horizontale afstand, tot op grote diepte is doorgedrongen (zie profiel B-B', afb. 3). Het verontreinigde water wordt naar de eerder beschreven 'drain' op circa 65 m-mv toegetrokken. Deze grote verticale indringing wordt vooral mogelijk gemaakt door infiltratie vanuit het oppervlaktewater. Deze infiltratie 'drukt' de verontreinigingspluimen naar beneden. Daarnaast speelt grondwater, dat over de scheefgestelde kleilagen vanuit oostelijke richting toestroomt (zie afb. 2) mogelijk een rol.

De ondergrens van de verontreiniging valt samen met de kern van het eerder beschreven stijghoogteminimum. Onder de verontreinigingspluim stroomt vermoedelijk nog een aanzienlijke hoeveelheid schoon grondwater, van meer noord-oostelijke herkomst, naar de winning. De ligging van de verontreinigingspluim wordt mogelijk ook nog beïnvloed door een dunne kleilaag op circa 60 m-mv [Gosselink, 1993].

De verontreinigingspluim vertoont een dynamisch karakter en kan zich verleggen onder invloed van veranderingen in de winning en de voeding. Verwacht wordt dat vooral de voeding van het grondwater (door infiltratie van oppervlaktewater) in het gebied vlak ten zuiden van het NS-terrein van grote invloed is. Als in dit gebied de voeding vermindert (het terrein zal bebouwd worden) zal de verontreinigingspluim na verloop van tijd vermoedelijk minder diep komen te liggen.

Mogelijkheden voor beheersing van de grondwaterverontreiniging

In het komende jaar zal een aantal saneringsalternatieven voor het NS-terrein worden opgesteld. Naast het verwijderen en/of isoleren van de haarden (waarop

hier verder niet ingegaan wordt) zal een oplossing gezocht moeten worden voor de verontreinigingspluim in het diepe grondwater.

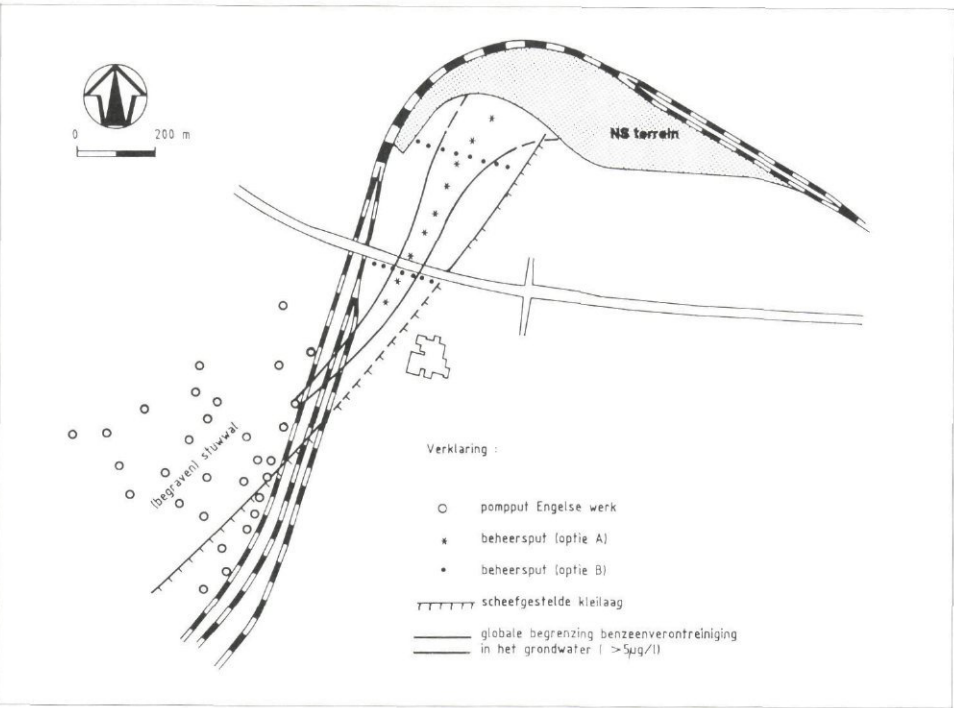
Het zal duidelijk zijn dat, in dit specifieke geval, nauwelijks een onderscheid gemaakt kan worden tussen bescherming van de winning, beheersing van de grondwaterverontreiniging en sanering. In de volgende tekst zal alleen over het beheersen van de grondwaterverontreiniging worden gesproken.

Het ligt in de bedoeling om de grondwaterverontreiniging te beheersen door in de verontreinigingspluim verontreinigd grondwater te gaan onttrekken. Hierbij kunnen de putten op verschillende manieren worden opgesteld:

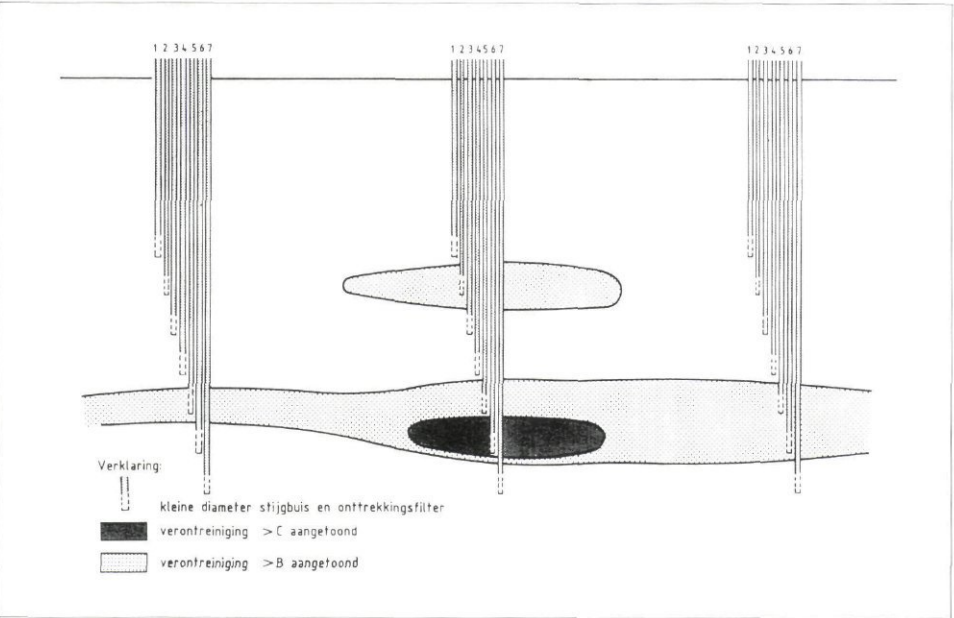
- Plaatsing van een min of meer regelmatig, dicht netwerk van putten in het gebied waar het grondwater verontreinigd is. De diepte van de filters wordt zo goed mogelijk afgestemd op de ligging van de verontreiniging. Deze oplossing is in een eerdere fase van onderzoek voorgesteld [Driessen en Timmer, 1989]. Gezien het feit dat de grondwaterverontreiniging veel groter is dan toentertijd werd aangenomen, lijkt deze oplossing minder geschikt. Verder kan worden opgemerkt dat een dergelijke plaatsing een onoverzichtelijk stromingspatroon zal veroorzaken.

- Plaatsing van een rij putten in de lengterichting van de pluim, waarbij de filters zo goed mogelijk in de kern van de belangrijkste verontreinigingspluim worden geplaatst (optie A, zie afb. 4). Deze optie heeft het voordeel dat er binnen korte tijd een grote hoeveelheid verontreinigd water opgepompt kan worden, en dat transport van verontreiniging naar de winning relatief snel gestopt wordt. Een nadeel is dat bij deze putopstelling de verschillende verontreinigingspluimen naar elkaar toe worden getrokken, waarbij een sterke vermenging van schoon en vuil water op zal treden.

- Plaatsing van een of twee putten-schermen dwars op de stroming, ten noordoosten van de winning (zie afb. 4, optie B en afb. 5). Hiermee wordt voortgebouwd op een al bestaande onttrekking van verontreinigd grondwater juist ten zuiden van het NS-terrein [DHV, 1991]. Een scherm bestaat uit een rij dicht op elkaar geplaatste putten (afstand 25 tot 50 m), elk uitgerust met een groot aantal filters (5-10 stuks). Na een eerste bemonsteringronde wordt de precieze ligging van de kernen van de pluim(en) vastgesteld en worden de af te pompen filters geselecteerd. Op deze wijze wordt elke pluim selectief 'onderschept'.



Afb. 4 - Mogelijkheden voor het opstellen van beheersputten.



Afb. 5 - Principeschets van het te installeren putterscherm.

Een voordeel van deze opstelling is de selectiviteit, een nadeel is het feit dat de verontreiniging die al ten zuiden van het scherm aanwezig is, dóór zal stromen naar de grondwaterwinning. Opgemerkt wordt dat met deze plaatsing van de filters gemakkelijk ingespeeld kan worden op een eventuele verschuiving van de verontreinigingspluimen en/of een doorbraak van een nieuwe pluim.

Voorlopig wordt aanbevolen om één of meer putterschermen te plaatsen (optie B in afb. 4). Het voornaamste argument

hiervoor is de selectiviteit van onttrekking die hiermee bereikt kan worden. Het aantal en de plaats van de schermen hangt af van de tolerantie van de drinkwaterwinning ten aanzien van de verontreinigingen. De dimensionering en plaats van de filters zal gebaseerd worden op een analytische berekening van de stroombanen.

Terugkoppeling

Ervaring leert dat tijdens de sanering/beheersing het beeld van een grondwaterverontreiniging vaak aanzienlijk moet

worden bijgesteld. Het concentratieverloop in onttrekkingsputten is vaak beter reproduceerbaar en geeft een beter inzicht in de aard en omvang van de verontreiniging dan de waarnemingen die in de onderzoekfase zijn gedaan. Dit komt omdat de concentraties in een onttrekkingsput representatief zijn voor de gehele omgeving van het onttrekkingsfilter en niet slechts voor één punt. Hieruit volgt dat de sanering/beheersmaatregelen zo flexibel mogelijk ontworpen moeten worden. Dit geldt zowel voor de plaats van onttrekking als voor het debiet en de zuiveringscapaciteit.

Na plaatsing van de putterscherm(en) wordt, in grote lijnen, het volgende beheer voorgesteld: nadat de ligging van de verontreinigingspluimen ter plaatse van het putterscherm aan de hand van bemonstering is vastgesteld, wordt, op basis van de gradiënt en de plaatselijke K-waarde, een schatting gemaakt van de flux door elk van de pluimen. Dit debiet wordt onttrokken aan het filter dat het dichtst bij de kern van de pluim ligt. Periodiek worden alle filters bemonsterd. Op basis daarvan kunnen, wanneer nodig, de debieten bijgesteld en/of andere onttrekkingspunten gekozen worden. De mogelijkheid bestaat om alleen het sterkst verontreinigde water op te pompen (bijvoorbeeld > C-waarde) of ook lichter verontreinigd water (bijvoorbeeld > B-waarde) mee te nemen. Het schone of zeer licht verontreinigde water passeert het putterscherm en stroomt door naar de winning. De samenstelling van het water achter het scherm zal gemonitord moeten worden. Als het scherm dichtbij het NS-terrein wordt geplaatst, is de bestaande rij monitorputten (WMO) hiervoor geschikt. De resultaten van deze waarnemingen worden teruggekoppeld naar het beheer van het putterscherm.

Een dergelijke opzet van de grondwaterbeheersing heeft het voordeel dat direct ingespeeld kan worden op een eventuele verschuiving van de verontreinigingspluimen. Een verschuiving zou op kunnen treden door veranderingen van de onttrekking Engelse Werk, door veranderingen in de infiltratie (bijvoorbeeld door bebouwing, verharding) of door de sanering zelf. Bovendien kan direct ingegrepen worden als een nieuwe verontreinigingspluim het putterscherm bereikt.

Uiteraard zijn er aanzienlijke kosten gemoeid met het aanleggen en het beheer van een puttersysteem zoals beschreven.

Emmeloord in teken van waterbesparing

Hierbij moeten vooral de analysekosten worden genoemd. Deze kosten vallen echter in het niet bij de besparingen die bereikt kunnen worden door de selectieve onttrekking en de daaruit voortvloeiende beperking van het te zuiveren volume.

Besluit

Door de verontreinigde grondwaterstroming van het NS-terrein naar het Engelse Werk te onderscheppen wordt de grondwaterverontreiniging gesaneerd. De tijd die dit in beslag zal nemen, hangt onder meer sterk af van de mate waarin nalevering vanuit de haarden stopgezet kan worden door afgraven en/of isoleren. Daarnaast bestaat er een grote onzekerheid over het gedrag van de verschillende verontreinigende stoffen. De gevoeligheid van, bijvoorbeeld, de retardatiefactor is dermate groot dat voorspellingen over het concentratieverloop in het puttenscherm een zeer grote onzekerheidsmarge zullen vertonen. Het nut van deze voorspellingen kan dan ook in twijfel getrokken worden. Zeker is wel dat het puttenscherm tientallen jaren gehandhaafd moet worden. Het lijkt dan ook het beste deze installatie een permanent karakter te geven.

Nawoord

Dit artikel kwam tot stand in nauwe samenwerking met de provincie Overijssel en de Waterleiding Maatschappij Overijssel.

Literatuur

- DHV (1991). *Aanvullend nader onderzoek NS-terrein-noord Zwolle*. - Hoofddekt, tekeningen, bijlagen. Dossier D 0156-72-001, i.o.v. Provincie Zwolle.
- Driessen, A. P. T. en Timmer, J. L. (1989). *Optimaal onttrekkingssysteem verkort saneringsduur*. Milieutechniek Nr. 9.
- Gosselink, B. (1993). *Mond. communicatie*.
- IWACO (1992). *Nader onderzoek NS-terrein Zwolle*. Rapport nr. 22.1006.0
- Rijks Geologische Dienst (1989). *Lithostratigrafische beschrijving van de boring 21G-496 gelegen ten zuidwesten van Zwolle*. Rapport nr. BP 10858.
- Rijks Geologische Dienst (1991). *Lithostratigrafische beschrijving van de boringen 21G-497, 21G-498, 21G-499, gelegen in het Schellerbroek (ZW Zwolle)*. Rapportnr.: BP 10959.
- Waterleiding Maatschappij Overijssel NV (1989). *Engelse Werk, modelsimulatie ten behoeve van effectberekening*.
- Waterleiding Maatschappij Overijssel NV (1991). *Monitoring systeem. NS terrein Noord-Pompstation het Engelse Werk*.
- Waterleiding Maatschappij Overijssel NV (1992). *Benzeen en Chloorbenzeen Pompstation Engelse Werk 1991*. Auteur: W. van Delft.
- Waterschap Salland (1993). *Gegevens draaiuren gemaal 'de Lure'*.

● ● ●

De president-commissaris van de Waterleiding Maatschappij Overijssel NV (WMO), drs. R. Lanning, verrichtte op donderdag 22 april 1993 officieel de aansluiting van de 300.000ste klant van de WMO. Dit gebeurde op het adres Kampereiland 3 in Emmeloord. Ook was die dag op verschillende plaatsen in Emmeloord de waterspaarbus aanwezig, waar iedere bezoeker informatie kon krijgen over waterbesparing. Jaarlijks komen er bij de WMO zo'n vierduizend aansluitingen bij. Met name de laatste jaren is de WMO sterk gegroeid. Voornaamste reden is de overname van een aantal grote gemeentelijke waterleidingbedrijven; Zwolle, Kampen en onlangs Deventer. Dit is een gevolg van het Waterleidingplan van de provincie Overijssel dat in september 1992 definitief werd goedgekeurd. Ter bevordering van de doelmatigheid van de drinkwatervoorziening heeft de provincie bepaald dat er in Overijssel uiteindelijk twee waterleidingbedrijven werkzaam zullen zijn; de WMO en de WOT. Als gevolg van dit plan moet ook Almelo nog bij de WMO komen. De WMO werd op 18 september 1930 opgericht en is ruim zestig jaar later uitgegroeid tot een bedrijf dat drinkwater levert aan inwoners van het grootste gedeelte van de provincie Overijssel, twee Flevolandse en vier Drentse gemeenten. Daarnaast levert de WMO water en gros aan het waterleidingbedrijf van Oost-Twente. Voor de bereiding van drinkwater maakt de WMO gebruik van grondwater, dat wordt gezuiverd in de 21 pompstations die de WMO bezit. Deze liggen verspreid over het gehele verzorgingsgebied en leveren bijna 70 miljoen m³ (= 70 miljard liter) drinkwater per jaar. (Persbericht WMO)

Aansluiting 300.000ste klant in Emmeloord van de WMO.



Waterschappen: oppervlaktewater nog steeds ernstig vervuild door bestrijdingsmiddelen

De Unie van Waterschappen vindt strengere maatregelen voor het gebruik van verboden bestrijdingsmiddelen noodzakelijk. Uit een inventarisatie blijkt dat in 1990 en 1991 het Nederlandse oppervlaktewater ernstig verontreinigd is door bestrijdingsmiddelen. Ten opzichte van voorgaande jaren is er geen sprake van verbetering.

Op 70% van de meetpunten wordt de algemene milieukwaliteit overschreden door met name middelen als Lindaan, Bentazon en Atrazine. Gezien de nadelige effecten daarvan op het aquatisch milieu

dringt de Unie er bij de betrokken ministers op aan gepaste maatregelen te nemen om de verontreiniging van het oppervlaktewater door bestrijdingsmiddelen terug te dringen. De Unie denkt daarbij onder meer aan het niet langer toelaten van middelen, het uitsluiten van toedieningstechnieken die direct of indirect tot onaanvaardbare emissies naar het oppervlaktewater leiden en aan maatregelen in de sfeer van de handhaving van de Bestrijdingsmiddelenwet.

In het bijzonder vraagt de Unie aandacht voor het illegaal gebruik van Endosulfan dat in een aantal gevallen nog in het oppervlaktewater wordt aangetroffen. Dit ondanks het feit dat de toelating van dit middel per 1 januari 1990 is ingetrokken. (Persbericht Unie van Waterschappen)