

Toepassing van CRIME-DAV bij WMO voor keuze zuivering op Hammerflier

Situatieschets

De Waterleiding Maatschappij Overijssel NV (WMO) wordt op een aantal grondwaterpompstations geconfronteerd met hoge waarden voor hardheid en kleur. Er zijn dan ook plannen om op de grondwaterpompstations die daarvoor in aanmerking komen, zowel de hardheid als de kleur te verlagen. Eén van de pompstations is Hammerflier. Het grondwater van Hammerflier heeft een hardheid van 2,1 mmol/l en een kleur van 18 mg/l Pt/Co (zie het eerdere artikel over Hammerflier in

of men nog op de goede weg zit (nanofiltratie);

- de resultaten die uit de afweging voor Hammerflier komen, zullen WMO van nut zijn bij de keuzes die nog gemaakt moeten worden op andere pompstations waar op termijn ook kleur, hardheids- en chloride-problemen gaan spelen;
- toetsen of nanofiltratie past binnen de zuiveringsfilosofie van de WMO (hierop wordt in dit artikel niet verder ingegaan);
- voor de WMO levert de afweging argumenten op om de keuze voor nano-



IR. H. D. M. SOMBEKKE
Kiwa NV Onderzoek en Advies



IR. J. J. VAN ROTTERDAM
Kiwa NV Onderzoek en Advies



ING. J. A. M. VAN PAASSEN
Waterleiding Maatschappij
Overijssel NV



DR. IR. M. M. NEDERLOF
Kiwa NV Onderzoek en Advies

dit nummer, Van Paassen *et al.*). Voor ontharding ligt de bouw van korrelreactoren voor de hand. Dit is een bewezen techniek die al op veel plaatsen in Nederland zonder problemen wordt toegepast. Voor kleurverwijdering kan actieve-koolfiltratie ingezet worden, deze is op pompstation Hammerflier al operationeel. De conventionele aanpak van een gecombineerd kleur- en hardheidsprobleem is de bouw van korrelreactoren in combinatie met actieve-koolfiltratie. Een alternatief is nanofiltratie. Nanofiltratie biedt een goede mogelijkheid beide zuiveringsstappen in één stap te combineren. Nanofiltratie verwijdert vrijwel al het natuurlijk organisch materiaal (dus ook kleur) en een groot deel van de tweewaardige ionen (Ca^{2+} , Mg^{2+}). De WMO beproeft de optie nanofiltratie sinds november 1994 op pompstation Hammerflier omdat nanofiltratie naar verwachting goedkoper is en door de korte looptijden van de actieve-koolfiltratie.

Nanofiltratie of conventionele zuivering?

Ondanks het feit dat voor Hammerflier feitelijk al voor nanofiltratie is gekozen, wilde WMO toch nog eens de afweging expliciet maken tussen nanofiltratie en de conventionele aanpak met korrelreactoren en actieve-koolfiltratie. Hiervoor zijn diverse redenen:

- nu er door het uitgevoerde proefinstallatieonderzoek meer gegevens beschikbaar zijn dan enige tijd geleden, wil men toetsen

filtratie verder te kunnen onderbouwen. Dit is belangrijk in verband met de noodzakelijke vergunningen zoals een milieubeheervergunning en een WVO-vergunning (Wet verontreiniging oppervlaktewater) voor het lozen van het concentraat.

Integrale afweging

Om de twee zuiveringsscenario's 'nanofiltratie' en 'conventioneel' zo objectief mogelijk te kunnen vergelijken is gebruik gemaakt van een afwegingssysteem, die gebruikt maakt van de CRIME-DAV criteria (tabel I) en een panelsessie om deze criteria te wegen. Deze aanpak is gekozen omdat tijdens de workshop 'Bestemming van membraanconcentraat' op 6 december 1995 bleek dat de bedrijfstak behoefte had aan handvatten c.q. een systematiek waarmee de bedrijfstak richting vergunningverleners/ overheid de doorslaggevende argumenten ten gunste van membraanfiltratie inzichtelijk maakt zonder overigens de nadelige consequenties uit de weg te gaan. Uitgangspunt in deze systematiek is dat een afweging tussen verschillende beschikbare technieken zeker niet meer alleen op basis van kwaliteit en kosten kan worden gemaakt, maar dat ook andere criteria zoals ruimtegebruik, chemicaliën- en energieverbruik in de afweging moeten worden betrokken [Nederlof *et al.*, 1996]. De systematiek is toepasbaar en als bewijs dat deze ook werkt worden drie praktijkgevallen uitgewerkt. Hammerflier is de eerste; in de loop van 1997 zullen nog twee praktijkgevallen (een oppervlaktewater- en

Samenvatting

De WMO heeft op basis van kostenoverwegingen en proefinstallatieonderzoek besloten nanofiltratie te realiseren op Ps. Hammerflier voor de verwijdering van kleur en hardheid. Om de keuze tussen de twee mogelijke zuiveringsscenario's, een conventionele grondwaterzuivering en een met nanofiltratie, te evalueren heeft de WMO gebruik gemaakt van de set criteria van CRIME-DAV (criteria en meetlatten voor de drink- en ander water voorziening).

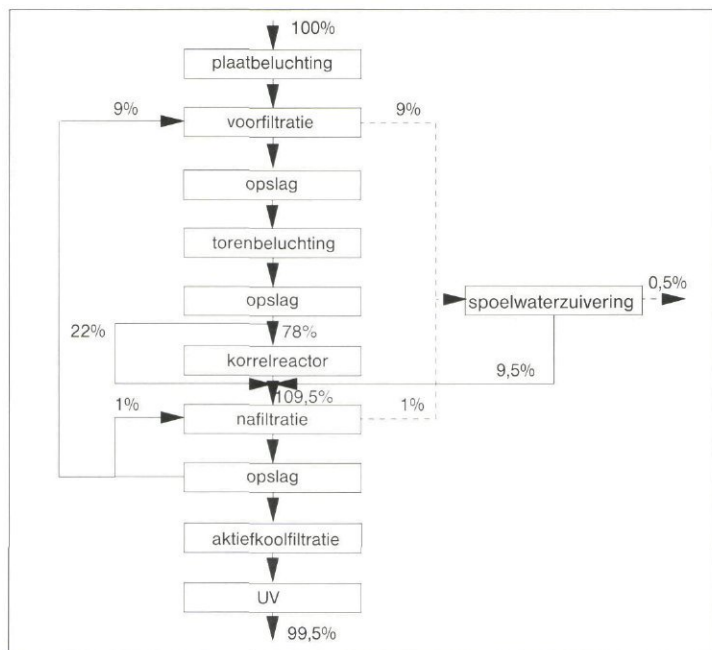
Na uitwerken van de verschillende criteria per scenario is door een panel van WMO vertegenwoordigers een 'gewogen' oordeel geveld.

De zuivering met nanofiltratie komt met een lichte voorkeur uit de bus. Dit wordt vooral veroorzaakt door het criterium 'kwaliteit en volksgezondheid'. 'Milieu-aspecten' scoorde bij nanofiltratie minder goed, voornamelijk als gevolg van het verspillen van grondstof in de vorm van membraanconcentraat en de lozing hiervan op oppervlaktewater.

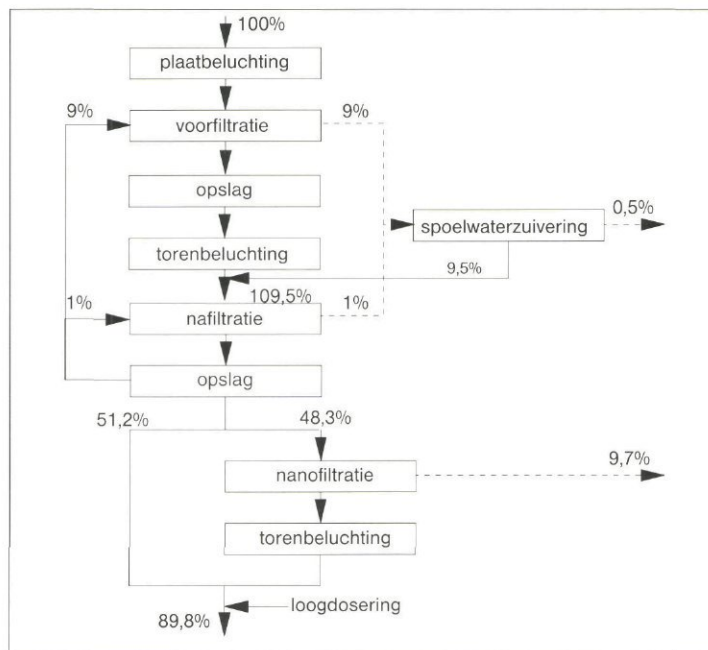
De inzet van de CRIME-DAV criteria is voor de WMO een zeer nuttig instrument gebleken bij de evaluatie van hun keuze en kan in een volgende situatie in een eerder stadium worden ingezet. Met name de gestructureerde wijze van kiezen, het blootleggen van meningsverschillen en het aangeven van knelpunten worden hierbij zeer gewaardeerd.

een industriewatervoorbeeld) worden uitgewerkt.

De bij de WMO gehanteerde systematiek gaat uit van de (enigszins aangepaste) set hoofd- en subcriteria van CRIME-DAV [Van Nieuwenhuyze en Van Rotterdam, 1996]. Omdat de bron bij Hammerflier vast staat (grondwater) is een aantal criteria geschrapt die samenhangen met de keuze van de bron; die staat immers al vast. Omdat de criteria slechts ten dele kwantitatief en objectief zijn uit te werken heeft de uiteindelijke afweging (welk zuiveringsscenario is beter, welke criteria wegen het zwaarst) plaatsgevonden in de vorm van een panelsessie op 10 oktober 1996. Aangezien de samenstelling van het panel grote invloed kan hebben op het resultaat is gekozen voor een brede vertegenwoordiging vanuit de WMO. Zodoende waren vertegenwoordigers van diverse geledingen van het bedrijf aanwezig; nieuwe werken, productie, laboratorium, milieu, voorlichting en directie.



Afb. 1 - Scenario 1: Huidige zuivering uitbreiden met korrelreactoren.



Afb. 2 - Scenario 2: Nanofiltratie op voorgezuiverd grondwater.

Zuiveringsscenario's

Afbeeldingen 1 en 2 geven de proces-schema's van de twee te beoordelen zuiveringen weer (1% in de afbeelding komt overeen met 50.000 m³ per jaar grondwater/drinkwater/spoelwater/concentraat).

In scenario 1, aangeduid als de conventionele zuivering, wordt het water onthard in korrelreactoren en vindt kleurverwijdering plaats door actieve-koolfiltratie. In verband met het frequente regenereren van deze filters is een UV-desinfectie na de actieve-koolfiltratie geplaatst.

In scenario 2, wordt nanofiltratie ingezet na de nafiltratie-stap. De nanofiltratie vervangt hier dus drie zuiveringsstappen uit het conventionele scenario: korrelreactoren, actieve-koolfiltratie en UV-desinfectie.

In beide scenario's wordt jaarlijks 5 miljoen m³ water onttrokken (zijnde de hoeveelheid van de winvergunning van Hammerflie) en wordt het spoelwater van voor- en nafilts door een spoelwaterbehandeling, bestaande uit microfiltratie, hergebruikt. Het gezuiverde spoelwater wordt teruggevoerd in de hoofdzuivering, vóór de nafiltratiestap.

Het verlies aan spoelwater blijft hierdoor beperkt tot 25.000 m³/jaar.

Beide scenario's leveren een vergelijkbare kwaliteit drinkwater, namelijk water met een kleur van 10 mg/l Pt/Co en een hardheid van 1,2 mmol/l.

Doordat bij scenario 2 het concentraat van de nanofiltratie-installatie (500.000 m³/jaar) geloosd wordt op oppervlaktewater, wordt er beduidend minder drinkwater geproduceerd, namelijk 4,5 miljoen m³ ten opzichte van ruim 4,9 miljoen m³ in scenario 1. Met

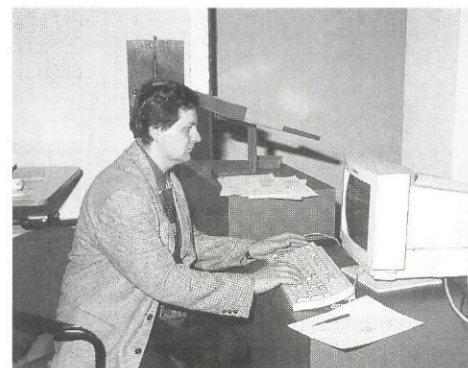
andere woorden om dezelfde hoeveelheid drinkwater te produceren, moet er bij scenario 2 circa 10% meer water worden onttrokken en gezuiverd.

Voorbereiding sessie

Voordat de sessie plaatsvond zijn de criteria per scenario toegelicht in een korte notitie en ter voorbereiding aan de deelnemers beschikbaar gesteld [Sombekke *et al.*, 1996]. Zo konden deze zich aan de hand van de deels kwalitatieve, deels kwantitatieve objectieve invulling van de criteria en beschrijvingen van de beide scenario's al enigszins een mening vormen. Vooral voor de moeilijk kwantificeerbare criteria, zoals bestuurlijk en maatschappelijk draagvlak, waardering klant en dergelijke, is een panel noodzakelijk om de scenario's te kunnen vergelijken.

Waarderen: geen eenvoudige kwestie

Het waarden van de criteria begon wat aarzeland en was in het begin niet altijd even consistent. Na iedere waarderingsronde werden de resultaten gepresenteerd

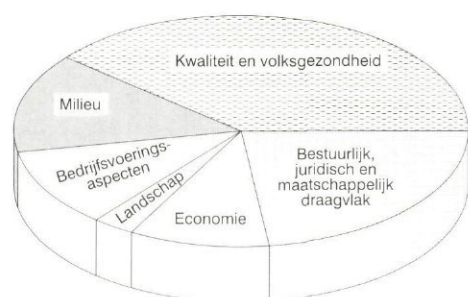


Na iedere scoreronde werden direct de resultaten per computer verwerkt, gepresenteerd en bediscussieerd.

en werd ook direct duidelijk of de meningen/scores dicht bij elkaar of juist ver uit elkaar lagen. Vooral in het laatste geval was dat aanleiding voor toelichting en discussie. Op basis van de toelichting en discussie kon consistentie worden bereikt. Juist de toelichting en discussie is één van de belangrijkste aspecten van de panel-sessie. In een aantal gevallen stelden enkele panelleden hun waardering bij.



Een aantal panelleden aan het werk.



Afb. 3 - Verdeling van de gewichten over de hoofdcriteria.

TABEL I - Waardering deelnemers voor hoofd- en subcriteria.

Nr. (Sub)criterium	Waardering
1 <i>Kwaliteit en volksgezondheid</i>	0,39
1.1 Voldoen aan normen/aanbeveling	0,40
1.2 Risico introductie nieuwe stoffen	0,11
1.3 Waardering afnemer, klant, gebruikscomfort	0,30
1.4 Beschermde voorraad	0,19
2 <i>Bedrijfsvoeringsaspecten</i>	0,14
2.1 Bedrijfszekerheid	0,46
2.2 Leveringszekerheid	0,38
2.3 Flexibiliteit	0,16
3 <i>Milieu</i>	0,11
3.1 Energieverbruik	0,19
3.2 Productie herbruikbaar afval	0,07
3.3 Productie niet herbruikbaar afval	0,29
3.4 Grondstoffengebruik	0,16
3.5 Beïnvloeding milieucompartimenten	0,29
4 <i>Landschap</i>	0,03
4.1 Inpasbaarheid	0,31
4.2 Ruimtegebruik	0,50
4.3 Landschapsbouw	0,19
5 <i>Economie</i>	0,10
5.1 Investerings	0,27
5.2 Exploitatiekosten	0,73
6 <i>Bestuurlijk, juridisch en maatschappelijk draagvlak</i>	0,23
6.1 Bestuurlijk, juridisch draagvlak	0,45
6.2 Maatschappelijk draagvlak	0,30
6.3 Realisatietermijn	0,25

Afbeelding 3 geeft de score op de hoofdcriteria aan, in tabel I is dit nader uitgewerkt.

Uit de tabel en afbeelding 3 blijkt dat de deelnemers het hoogste gewicht (39%) toekennen aan het criterium 'kwaliteit en volksgezondheid' en binnen dit criterium aan de subcriteria 'voldoen aan normen en aanbevelingen' en 'waardering afnemer klant'. Ook krijgt het criterium 'bestuurlijk, juridisch en maatschappelijk draagvlak' een hoge waardering (23%). Daarbinnen met name 'bestuurlijk draagvlak'. 'Landschap' wordt door een ieder als niet belangrijk voor de keuze beoordeeld (gewicht 3%). Uiteraard zijn de meningen over het belang van een aantal subcriteria onderling verdeeld. Dit kwam tijdens de sessie ook tot uiting. Binnen het panel bleken de meningen verdeeld te zijn over de subcriteria 'beïnvloeding milieucompartimenten' en

'realisatietermijn' en over de hoofdcriteria 'bedrijfsvoering' en 'draagvlak'. Zo vonden drie panelleden binnen 'milieu' 'beïnvloeding milieucompartimenten' het belangrijkste (sub)criterium, terwijl twee panelleden dit het nagenoeg minst belangrijke (sub)criterium vonden. Hetzelfde geldt voor 'realisatietermijn'. Dit werd of uitermate belangrijk of uitermate onbelangrijk beoordeeld ten opzichte van 'bestuurlijk en maatschappelijk draagvlak'. Deze verschillende meningen hebben evenwel geen grote invloed op de (gemiddelde) waardering voor de (sub)criteria.

Score deelnemers zuiveringsscenario's

Nadat de gewichten van de diverse criteria waren vastgesteld, werd door ieder panel lid per subcriterium vastgesteld in hoeverre en in welke mate zuiveringsscenario 1 beter dan wel slechter scoorde dan zuiverings-scenario 2. Na iedere score werd hier ook over gediscussieerd en kon opnieuw een

Werkwijze panelsessie

Toekennen gewichten

Tijdens een panelsessie worden gewichten toegekend aan zowel de hoofdcriteria als de subcriteria. De eerste stap bestaat uit het scoren van de subcriteria onderling binnen een hoofdcriterium. Ieder panel lid geeft binnen een hoofdcriterium de rangorde van de subcriteria aan. Hierna worden de hoofdcriteria onderling gescoord. Bij het scoren wordt gebruik gemaakt van een matrix waarin de scores variëren van absoluut minder belangrijk (-9) tot absoluut belangrijker (+9).

Voorbeeld

criterium	1	2	3
1	.	5	-3
2	.	.	-9
3	.	.	.

criterium 1 is wezenlijk belangrijker dan criterium 2
criterium 1 is in geringe mate minder belangrijk dan criterium 3
criterium 2 is absoluut minder belangrijker dan criterium 3

Een computerprogramma berekent vervolgens de gewichten in percentages; alle subcriteria per hoofdcriterium zijn samen 100% en alle hoofdcriteria zijn samen 100%. Na iedere scoreronde worden de resultaten gepresenteerd en bediscussieerd. Panelleden kunnen dan eventueel hun scores nog bijstellen, bijvoorbeeld als blijkt dat een individueel panel lid een totaal afwijkende score blijkt te geven ten opzichte van de rest, om welke reden dan ook. Uiteraard blijven het individuele meningen.

Scoren alternatieven

Na het vaststellen van de gewichten wordt per subcriterium gescoord voor de diverse zuiveringsscenario's. Door een gewogen sommatie wordt de totaalscore per zuiveringsscenario bepaald.

score eventueel bijgesteld worden. Tabel II geeft de totaalscore weer.

TABEL II - Totaalscore voor beide zuiveringsscenario's.

Criteria	Gewicht criterium	Score conventioneel	Score nanofiltratie
Kwaliteit en volksgezondheid	0.39	0.38	0.62
Bedrijfsvoering	0.14	0.38	0.62
Milieu	0.11	0.76	0.24
Landschap	0.03	0.22	0.78
Economie	0.10	0.34	0.66
Draagvlak	0.23	0.55	0.45
Totaal gewogen score		0.46	0.54

Toelichting tabel:

Op het criterium 'Kwaliteit en Volksgezondheid' scoort nanofiltratie beter dan de conventionele zuivering. Van de 100% scoort nanofiltratie 62% en de conventionele zuivering 38%.

De totale gewogen score wordt berekend door het sommeren van de scores per criterium vermenigvuldigd met het gewicht per criterium.

Uit de totaalscore blijkt een lichte voorkeur voor de zuivering met nanofiltratie (54%). Deze lichte voorkeur voor nanofiltratie wordt vooral veroorzaakt door de hoge score die nanofiltratie krijgt voor 'kwaliteit en volksgezondheid' en daarbinnen voor 'voldoen aan normen en aanbevelingen' en de 'waardering afnemer, klant, gebruikscomfort'. De hoge score voor kwaliteit en volksgezondheid wordt voornamelijk veroorzaakt doordat met nanofiltratie gemakkelijk de kleur verder te verlagen is, wanneer de kwaliteit van de bron (m.b.t. kleur) slechter wordt. Deze criteria kregen ook een hoog gewicht toegekend. 'Milieu' en 'draagvlak' scoren minder voor nanofiltratie. De reden hiervoor is vooral het membraanconcentraat. Immers bij de zuivering met nanofiltratie wordt 500.000 m³ grondstof in de vorm van membraanconcentraat feitelijk weggegooid. Er wordt dus minder efficiënt omgegaan met de grondstof.

Het subcriterium 'beïnvloeding milieucompartimenten' scoort lager doordat het concentraat op oppervlaktewater wordt geloosd. De onzekerheid over het verlenen van een WVO-vergunning heeft tot gevolg dat het panel verwacht dat het bestuurlijk draagvlak voor de zuivering met nanofiltratie lager zal zijn dan voor de conventionele zuivering.

De lagere waardering voor 'milieu' en 'draagvlak' bij nanofiltratie wordt weer rechtgetrokken door de positievere waardering voor 'bedrijfsvoering' en 'economie'. Vooral de 'flexibiliteit' en 'bedrijfszekerheid' van nanofiltratie worden hoog ingeschat. Ondanks het feit dat de exploitatiekosten voor de conventionele zuivering 7 cent

per m³ geproduceerd drinkwater lager zijn, scoort nanofiltratie op het criterium 'economie' toch hoger. Dit komt doordat bij het conventionele scenario de exploitatiekosten snel stijgen wanneer de kleur van het grondwater in de praktijk hoger uitvalt dan de aangenomen waarde. De financiële consequenties van een verhoogde kleur zijn bij nanofiltratie veel beperkter doordat de deelstroomverhouding eenvoudig aangepast kan worden.

'Landschap' heeft een laag gewicht en de voorkeur voor nanofiltratie voor 'landschap' heeft dan ook nauwelijks effect op de eindscore. Deze voorkeur wordt veroorzaakt door de compacte bouw en het geringere ruimtegebruik.

Vooraf bij de subcriteria 'productie herbruikbaar afval' en 'bestuurlijk en maatschappelijk draagvlak' waren de meningen over conventioneel of nanofiltratie nogal verdeeld.

Meer aandacht voor milieu

De keuze van de WMO voor nanofiltratie op pompstation Hammerflier is onderschreven in de panel sessie. Opvallend is wel de lagere score van nanofiltratie voor 'milieu'. Dit wordt voornamelijk veroorzaakt door het concentraat. De subcriteria 'grondstoffenverbruik' en 'beïnvloeding milieu-compartimenten' scoren laag doordat het concentraat op oppervlaktewater wordt geloosd. Wanneer de milieubezwaren van nanofiltratie kunnen worden vermindert, zal het scenario in totaal beter gaan scoren. Een brede gebiedsgerichte benadering van de concentraatlozing kan een positieve bijdrage aan de waardering voor milieu geven. Als het concentraat namelijk geloosd wordt met het effluent van een afvalwaterzuivering, waar ook het drinkwater uiteindelijk op terecht zou komen, is het netto-effect, met uitzondering van de toevoegingen, veel minder groot dan bij een willekeurig lozingspunt. Door een zorgvuldige locatiekeuze van het lozingspunt hoeft 'beïnvloeding milieucompartimenten' niet negatief te scoren. Wanneer de milieuaspecten hoger scoren zal automatisch ook het draagvlak verbeteren.

Verbreiding draagvlak

Uit andere studies is bekend dat de samenstelling van het panel van invloed is op de toekenning van de gewichten [Grondwaterbeheer Midden Nederland, 1992]. Het kan daarom raadzaam zijn om een dergelijke afwegingssessie niet alleen te beperken tot vertegenwoordigers van het eigen bedrijf, maar bijvoorbeeld ook overheden, milieuorganisaties e.d. hierbij uit te nodigen. Verwacht mag worden dat de uiteindelijke keuze dan een breder draagvlak geniet.

CRIME-DAV met panel sessie: nuttige systematiek

Het enthousiasme bij de WMO'ers over de methodiek was erg groot. De waarderingsmethode op zich is niets nieuws (multi-criteria analyse). Echter door de opzet in de vorm van een panel sessie, het direct verwerken per computer van de scores, het bediscussieren van scores en gewichten, leidt ertoe dat aan het eind van de sessie (in een dag) een integrale keuze kan worden gemaakt uit enkele zuiverings-scenario's. Uiteraard is een goede voorbereiding van de sessie van belang. De panel sessie heeft voor de WMO duidelijk gemaakt, dat men met de keuze voor nanofiltratie op de goede weg zit. Bij de verdere uitwerking zullen vooral de milieuaspecten een rol spelen. Het panel kwam tot de conclusie dat de methodiek geschikt is voor het afwegen van scenario's en beslissingen binnen de WMO, met name ook in het stadium van planvorming.

Literatuur

- Grondwaterbeheer Midden Nederland (1992). *Een nieuw evenwicht, Grondwaterbeheer Midden Nederland*, Rapport van de Stuurgroep. Lelystad, 6 november 1992.
- Nieuwenhuyze, R. F. van en Rotterdam, J. J. van (1996). *Instrumentarium voor de duurzame veiligstelling van de drinkwatervoorziening (1)*. CRIME-DAV: een nieuwe set criteria en meetlatten voor het maken van keuzes. H₂O (29) 1996, nr. 24, p. 704-707.
- Nederlof, M. M. e.a. (1996). *Membraanfiltratie: een integrale afweging van succesfactoren en valkuilen*. Kiwa-rapport SWI 96.201, december 1996.
- Paassen, J. A. M. van e.a. (1997). *Verlaging van kleur en hardheid met nanofiltratie op pompstation Hammerflier*. H₂O (30) 1997, nr. 11, p. 362 e.v.
- Sombekke, H. D. M. e.a. (1996). *Ps. Hammerflier: verwijdering van kleur en hardheid, conventioneel of nanofiltratie*. Kiwa-rapport SWI 96.200, december 1996.

• • •

Hammerflier

• Slot van pagina 365.

- Stand van zaken ontharden in korrelreactoren in Nederland*. Kiwa-rapport SWE 95.001.
4. Merks, C. W. A. M., Nederlof, M. M. en Brink, H. (1996). *Korrelreactoren voor ontharding; membraanprocessen voor gecombineerde problemen, verslag Kiwa workshop 'Ontharden in de toekomst'*. H₂O (29) 1996, nr. 29, p. 283-285.
5. Watson, I. and Hornburg, C. D. (1989). *Lowenergy membrane nanofiltration for removal of color, organics and hardness from drinking water supplies*. Desalination 72: 11-22.
6. Morin, O. J. (1994). *Membrane Plants in North America*, Journal American Water Works Association 86: 42-54.
7. Sombekke, H., Paassen, J. A. M. van, Rotterdam, J. J. van en Nederlof, M. M. (1997). *Toepassing van CRIME-DAV bij WMO voor keuze zuivering op Hammerflier*. H₂O (30) 1997, nr. 11, p. 358 e.v.
8. Fu, P., Ruiz, H., Thompson, K. and Sprangenberg, C. (1994). *Selecting membranes for removing NOM and DBP precursors*. Journal American Water Works Association, 86: 55-72.
9. Rietman, B. M. en Verdouw J. (1996). *Start onderzoek nanofiltratie Hammerflier: een waardevolle ervaring*

- of een kostbaar fiasco?* Kiwa-rapport SWI 96.138.
10. Schippers, J. C. en Verdouw, J. (1980). *The Modified Fouling Index, a method of determining the fouling characteristics of water*. Desalination 32: 137-148.
11. Kooij, D. van der (1992). *Assimilable organic carbon as an indicator of bacterial regrowth*. Journal American Water Works Association, 84: 57-65.

• • •

Vennen

• Slot van pagina 370.

- Oisterwijk. I. De vennen in het westelijk gedeelte*. Hugo de Vrieslaboratorium, Universiteit van Amsterdam, Amsterdam.
- Lancaster, J., Real, M., Juggins, S., Monteith, D. T., Flower, R. J. and Beaumont, W. R. C. (1996). *Monitoring temporal changes in the biology of acid waters*. Freshw. Biol. 36: 179-201.
- Leuven, R. S. E. W., Kersten, H. L. M., Schuurkes, J. A. A. R., Roelofs, J. G. M. and Arts, G. H. P. (1986). *Evidence for recent acidification of lentic soft waters in The Netherlands*. Water, Air, Soil Poll., 30: 387-392.
- Marnette, E. C. L., Houweling, H., Dam, H. van and Erisman, J. W. (1993). *Effects of decreased atmospheric deposition on the sulfur budgets of two Dutch moorland pools*. Biogeochemistry, 23: 119-144.
- Mol, A. W. M. (1986). *Overzicht van hydrobiologische literatuur in Noord-Brabant*. RIN-rapport 86/4. Rijksinstituut voor Natuurbeheer, Leersum.
- Nijpels, E. H. T. M. (1987). *Tussentijdse evaluatie verzuringsbeleid*. Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer/Ministerie van Verkeer en Waterstaat/Ministerie van Landbouw, 's-Gravenhage.
- Nijpels, E. (1989). *Bestrijdingsplan verzuring: de problematiek van de verzuring*. Tweede Kamer der Staten-Generaal, vergaderjaar 1988-1989 18 225, nr. 31. SDU, 's-Gravenhage.
- Oliver, B. G., Thurman, E. M. and Malcolm, R. L. (1983). *The contribution of humic substances to the acidity of colored natural waters*. Geochim. Cosmochim. Acta, 47: 2031-2035.
- Reuss, J. O. and Johnson, D. W. (1986). *Acid deposition and the acidification of soils and waters*. Springer, New York.
- RIVM (1993). *Milieurendement van het NMP-2: aanvulling op de nationale milieuerkenning 3*. Samsom H. D. Tjeenk Willink, Alphen aan den Rijn.
- RIVM (1995). *Milieubalans 95*. Samsom H. D. Tjeenk Willink, Alphen aan den Rijn.
- Schuurkes, J. A. A. R., Kok, C. J. and Hartog, C. den (1986). *Ammonium and nitrate uptake by aquatic plants from poorly buffered and acidified waters*. Aquat. Bot., 24: 131-146.
- Schuurmans, C. J. E. (1977). *Meteorologische aspecten van de droge zomer van 1976*. H₂O, (10) 1977, p. 178-180.
- Shaffer, P. W., Hooper, Eshleman, R. P. K. N. and Church, M. R. (1988). *Watershed vs in-lake alkalinity generation: a comparison of rates using input-output studies*. Water, Air, Soil Poll., 39: 263-273.
- Skjellkvåle, B. L., Newell, A. D., Raddum, G., Johannessen, M., Hovind, H., Tjomsland, T. and Wathne, B. (1994). *The six years report: Acidification of surface water in Europe and North America*. Dose/response relationships and long-term trends. Norwegian Institute for Water Research, Oslo.
- Siegel, S. (1956). *Nonparametric statistics for the behavioral sciences*. McGraw-Hill, New York.
- Verkaar, D., Duuren, L. van en Schaminée, J. (1992). *De internationale betekenis van Nederland voor hogere planten op grond van biografische gegevens*. De Levende Natuur 93: 34-39.
- Zadelhoff, E. van and Lammers, W. (1995). *The Dutch ecological network*. Landschap, 12: 77-88.

• • •