

# Kwalitatieve beschikbaarheid van grond- en oppervlaktewater\*

'Ecological principles do provide a realistic basis for placing society's 'pursuit of happiness' goal on a qualitative rather than a quantitative basis' - E. P. Odum (1971).

## 1. Inleiding

De ecologie van het grondwater is een geheel andere dan die van het oppervlaktewater. Dit vindt zijn weerslag in de bestemmingen of functies die aan beide waterbronnen kunnen worden toegekend zoals de visserij en de watervoorziening voor de bevolking, de landbouw, de veeteelt



IR. B. C. J. ZOETEMAN  
Rijksinstituut voor Drink-  
watervoorziening,  
's-Gravenhage

en de industrie. De diversiteit aan mogelijke bestemmingen van het water is bepalend voor de kwalitatieve beschikbaarheid ervan. In het hiernavolgende zal in het algemeen het verschil in kwalitatieve beschikbaarheid tussen grond- en oppervlaktewater worden besproken en met name het verschil in gevoeligheid voor calamiteuze verontreiniging. Daarna zal in beknopte vorm de historische ontwikkeling van de kwalitatieve beschikbaarheid van het water worden geschetst om vervolgens aandacht te besteden aan de kwaliteitsdoelstellingen die in internationaal verband voor milieukomponenten als het grond- en oppervlaktewater worden geformuleerd en het gebruik van mathematische waterkwaliteitsmodellen om tot een optimaal geheel van maatregelen voor het realiseren van deze kwaliteitsdoelstellingen te komen.

## 2. Verschillen in kwalitatieve beschikbaarheid van grond- en oppervlaktewater

Zoals in tabel I globaal is weergegeven treden als belangrijkste verschillen tussen grond- en oppervlaktewater op de faktor tijd, de faktor licht en de stofwisseling over het grensvlak water-lucht en het grensvlak water-vaste stof.

Door de afwezigheid van licht en door de bijzonder lange verblijftijd, globaal 10 - 10.000 jaar in de bodem in Nederland, verkeert het grondwater in het algemeen in een statisch geochemisch evenwicht met de bodem, terwijl er in het water nauwelijks biologische activiteiten plaatsvinden. Daarentegen is de kwaliteit van oppervlaktewater in belangrijke mate de resultante van biologische productie- en consumptieprocessen die onderdeel uitma-

\* Lezing gehouden op 19 september 1974 tijdens het Aquatech '74 Congres te Amsterdam.

TABEL I - Fysische verschillenfactoren voor zoet grond- en oppervlaktewater.

Faktor	Grond- water in	
	Nederland	Rivierwater
Stroomsnelheid (m/jaar)	5.10 <sup>0</sup> -5.10 <sup>1</sup>	5.10 <sup>6</sup> -5.10 <sup>7</sup>
Beschikbare tijd voor zelfreiniging (jaar)	10 <sup>1</sup> -10 <sup>4</sup>	10 <sup>-2</sup> -10 <sup>-1</sup>
Invloed licht op waterkwaliteit (foto-synthese e.d.)	—	+
Invloed stofuitwisseling over water-lucht grensvlak op waterkwaliteit (beluchting e.d.)	—	+
Invloed stofuitwisseling over water-vaste stof grensvlak op waterkwaliteit (adsorptie e.d.)	+	±

ken van een complex en dynamisch geheel van voedselketenverschijnselen. De kwalitatieve beschikbaarheid van oppervlaktewater wordt dan ook in grote mate bepaald door de geschiktheid ervan als milieu voor plantaardige en dierlijke organismen. Anderzijds maakt de afwezigheid van licht, de relatief geringe afhankelijkheid van activiteiten op het landoppervlak en de grote ionenuitwisselings- en adsorptiecapaciteit van de bodem dat het grondwater bij uitstek een voorraad- en bufferfunctie kan vervullen en dat voor de drinkwatervoorziening bij voorkeur van grondwater gebruik zal worden gemaakt.

Het grote verschil in stroomsnelheid — rivierwater stroomt globaal een miljoen maal sneller dan grondwater — heeft vooral consequenties voor het effect van gevallen van calamiteuze verontreiniging. Een eerste verkenning van de mogelijke duur van een calamiteit op de Rijn met een stof, die zich als wateroplosbaar en persistent gedraagt, is recent uitgevoerd door het RID in samenwerking met de Directie Waterhuishouding en Waterbeweging van Rijkswaterstaat. Op grond van een één-dimensionaal model voor de verspreiding van een puntlozing als gevolg van een calamiteit op de Rijn nabij Straatsburg (Pulles, Sprong, 1974) en aannemende dat 1 % van de jaarlijks tussen Nederland en

Duitsland vervoerde hoeveelheid van een chemisch produkt hierbij vrij zou komen, is de mogelijke duur van de calamiteit bij een gemiddelde waterafvoer voor Gorinchem nagegaan. Hierbij is als criterium voor het optreden van een calamiteuze verontreiniging aangehouden de concentratie waarbij acute vissterfte binnen 24 uur optreedt voor 50 % van de organismen (Althaus en Jung, 1972) of waarbij het water voor 50 % van de bevolking een waarneembare stank bezit (Zoeteman et al, 1974) en als zodanig minder geschikt is voor de bereiding van drinkwater.

Enige indicatieve resultaten van deze verkennende studie zijn in tabel II weergegeven en leiden tot de konklusie dat calamiteiten met goed wateroplosbare chemische produkten in orde van grootte maximaal enige dagen kunnen duren. Geheel anders is het beeld bij calamiteuze verontreiniging van het grondwater door bijv. ongevallen met tankauto's of door breuk in transportleidingen en opslagtanks voor olie e.d.

Hier moet tenminste met een calamiteitsduur van jaren rekening worden gehouden. Zowel ten aanzien van acute als chronische verontreinigingsgevallen geldt dat de vervuiling bij grondwater veelal een lokaal karakter heeft, terwijl bij oppervlaktewater de vervuiling het gehele stroomafwaarts gelegen deel van een rivier beïnvloedt. Resumerend kan worden gesteld dat grondwatervervuiling doorgaans lokaal en niet biologisch van aard is maar een langdurig zo niet permanent karakter draagt en dat verontreiniging van het oppervlaktewater een regionale en vaak internationale betekenis heeft waarbij biologische en andere tijdgebonden factoren een belangrijke rol spelen.

Als gevolg van deze verschillen tussen beide waterbronnen ligt het accent van de benodigde maatregelen ter veiligstelling van de kwalitatieve beschikbaarheid bij grondwater op bescherming en bij oppervlaktewater op sanering.

In het hiernavolgende zal vanwege de meer

TABEL II - Oriëntatie betreffende mogelijke calamiteitsduur bij de Waal te Gorinchem (zie tekst voor gebruikte randvoorwaarden).

Organisch-chemisch produkt	In- en uitvoer Ned.-Duitsland in 1972 (CBS) (1.000 kg)	Calamiteitsduur te Gorinchem (uur)	Vissterfte bij Gorinchem	Vissterfte bij Straatsburg	Stank bij Gorinchem
Cyclohexaan	120.000	> 100			+
Styreen	92.000	> 100		+	+
Ethylbenzeen	53.000	70			+
Benzaldehyde	200	60			+
Tetrachloorethyleen	17.000	50		+	+
Xylenen	55.000	40		+	+
Tolueen	25.000	35		+	+
Org. Kwik Verbindingen	130	10	+	+	
Benzeen	58.000	5	+	+	
Hexchloorcyclohexaan	30	0		+	+

TABEL III - Kwaliteitsveranderingen in de Rijn te Lobith over de periode 1870-1970.

Parameter	Jaar		Globale toemingsfactor vracht te Lobith 1870-1970
	1870 <sup>1</sup>	1970 <sup>2</sup>	
Chloride (mg/l)	13	140	15
Sulfaat (mg/l)	40	75	2
Nitrat (mg/l)	1,5	12	10
Ammonium (mg/l)	0,15	1,9	15
IJzer (mg/l)	0,05	0,5	15
O-Fosfaat (mg/l)	0,15	2,1	15
BZV <sub>20</sub> (mg O <sub>2</sub> /l)	2,0	7,0	4

<sup>1</sup> Waarden ontleend aan Molt (1961) en Zoeteman (1973).

<sup>2</sup> Waarden afkomstig van RIZA.

TABEL IV - Kwaliteitsveranderingen in de Maas te Keizersveer voor 1965 en de beide jaren 1970/1972.

Parameter	Gemiddelden voor	
	1965 <sup>1</sup>	1970 en 1972 <sup>2</sup>
Chloride (mg/l)	35	55
Fluoride (mg/l)	0,4	0,6
Ammonium (mg/l)	1,5	2,5
Nitrat (mg/l)	10	12,5
O-Fosfaat (mg/l)	0,35	0,8
BZV <sub>20</sub> (mg O <sub>2</sub> /l)	5,5	7,5
Thermotolerante coliformen (MPN/ml)	20	40
Afvoer (m <sup>3</sup> /sec.)	400	400

<sup>1</sup> RIZA-metingen.

<sup>2</sup> RIZA- en RIWA-metingen.

TABEL V - Verandering van het nitraatgehalte in de bovenloop van de Hierdense Beek over de periode 1960-1973/1974.

Parameter	1960 <sup>1</sup>	1964 <sup>2</sup>	1973/1974 <sup>2</sup>
Nitrat (mg/l)	1,0	4,0	10 - 15

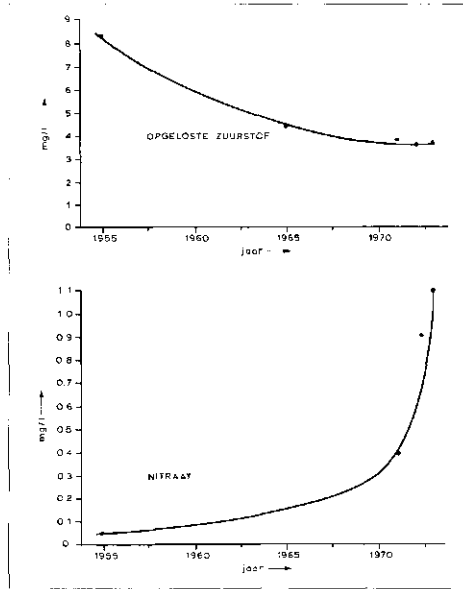
<sup>1</sup> Higler (1964).

<sup>2</sup> Provinciale Waterstaat Gelderland en RIN.

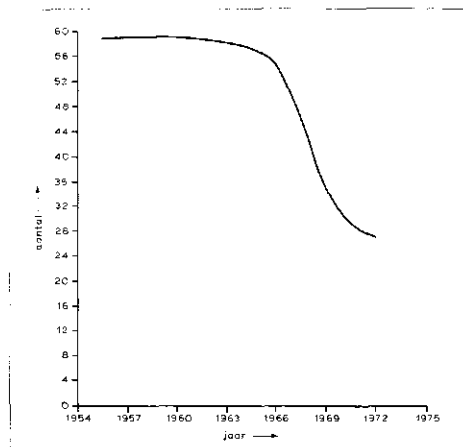
complexe kwaliteitsproblematiek vooral aan het oppervlaktewater aandacht worden besteed.

### 3. Historische ontwikkelingen

De afgelopen eeuw hebben zich ingrijpende ontwikkelingen voorgedaan in de kwalitatieve beschikbaarheid van met name het oppervlaktewater. Enerzijds zijn bestemmingen sterk in belang toegenomen, terwijl anderzijds als gevolg daarvan andere bestemmingen niet langer aan het water konden worden toegekend. Het resultaat van deze ontwikkelingen is dan ook geweest dat het oppervlaktewater in Nederland een steeds geringere diversiteit aan bestemmingen te zien heeft gegeven. Illustratief voor de sterke groei van de belasting van onze waterbronnen met afval-



Afb. 1 - Achteruitgang grondwaterkwaliteit in een pompput te Epe (metingen NV Waterleiding Maatschappij Gelderland).



Afb. 2 - Aantal bij de Vereniging van Nederlandse Gemeenten geregistreerde openlucht-zwembaden in verbinding staand met open water in het stroomgebied van de Rijn en de Maas over de periode 1954-1973 (gegevens VNG per 1-7-1974).

produkten van menselijke activiteiten is dat gedurende de laatste 100 jaar in het stroomgebied van de Rijn de bevolking in aantal is verdrievoudigd en het gemiddelde bruto nationaal produkt met een factor 25 is toegenomen.

Tevens is het goederenvervoer per schip geïntensiveerd van 45 miljoen ton in 1950 tot 150 miljoen ton in 1970, evenals het gebruik van oppervlaktewater voor de zeer snel stijgende vraag naar koelwater voor elektriciteitscentrales (TP 2000, Verkeer en Waterstaat).

Recent heeft daarnaast het recreatief gebruik voor sportvisserij en pleziervaartuigen een grote vlucht genomen. Exclusief roeiboten en kano's zijn er in Nederland momenteel ruim 100.000 pleziervaartuigen (TP 2000, Verkeer en Waterstaat).

Het is niet verwonderlijk dat als gevolg van dit steeds intensiever wordende, op de mens gerichte, watergebruik de kwaliteit ervan in ernstige mate is aangetast. Zoals tabel III laat zien is de belasting van het Rijnwater te Lobith voor diverse stoffen over de laatste eeuw met ongeveer een factor 10 toegenomen.

Ook de Maas te Keizersveer geeft de laatste jaren een duidelijke verslechtering te zien (tabel IV). Geldt de behoefte aan een krachtig saneringsbeleid bij de Rijn, zoveel te meer is dit noodzakelijk bij een relatief kleine en daardoor kwetsbare regenrivier als de Maas.

Zoals bekend wordt de kwaliteit van het grondwater voortdurend bedreigd door kwel van dieper gelegen zout grondwater. Anderzijds wordt vanaf het aardoppervlak de grondkwaliteit bedreigd door bemesting bij de landbouw en activiteiten van de bio-industrie.

De kwaliteitsverslechtering manifesteert zich veelal als eerste door een stijgend chloride- en nitraatgehalte. Een voorbeeld van het laatste in Nederland vormt de bovenloop van de Hierdense Beek welke wordt gevoed door grondwater van de Veluwe en die de laatste tien jaar aanzienlijk in kwaliteit is achteruitgegaan (tabel V). Behalve bij waterwingebieden dient vooral wanneer het grondwater fungeert als de voeding van zeldzame ecologische systemen zoals de beken en sprengen op de Veluwe een bijzonder stringent beschermingsbeleid te worden geëffectueerd. Een mogelijk vergelijkbare kwaliteitsverslechtering van het grondwater in een pompput van het pompstation te Epe geeft afb. 1 te zien.

Naast de landbouw en de bio-industrie vormen o.a. ongelukken bij wegtransport, lekkage van pijpleidingen en opslagtanks en percolatie-water van vuilstorten een bedreiging voor de grondwaterkwaliteit. Welke prijs is nu betaald voor de geschetste intensivering van het gebruik van de waterbronnen voor onder andere het transport van afvalprodukten?

Gedurende de laatste 10 jaar is bijzonder opvallend het in belangrijke mate verdwijnen van het gebruik van het Rijn- en Maaswater als zwemwater zoals weergegeven in afb. 2. Overigens zijn er volgens de gegevens van de Vereniging van Nederlandse Gemeenten nog steeds openlucht-zwembaden die in open verbinding staan met bijv. de Maas, de Lek en de Linge.

Is voor de bestemming zwemwater van de rivieren op betrekkelijk eenvoudige wijze een alternatieve oplossing te realiseren, dit is in het geheel niet het geval ten aanzien van de belangrijke functie die het rivierwater nog de eerste helft van deze eeuw heeft vervuld voor de beroepsvisserij. De dramatische achteruitgang van de kwa-

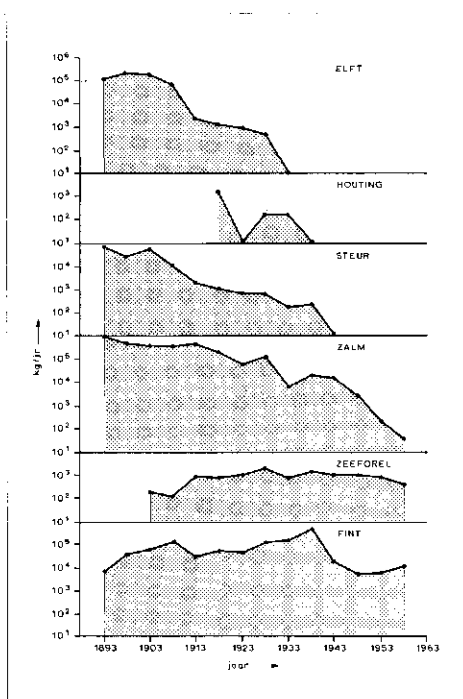
liteit van het aquatische ecosysteem in de rivieren, die overigens behalve door de vervuiling vooral door waterstaatkundige maatregelen is veroorzaakt, wordt duidelijk geïllustreerd door afb. 3. Uit deze afbeelding blijkt dat voor de groep van de riviertrekvis, waarvan een redelijk goede statistiek is bijgehouden, dat omstreeks 1938 de elft is verdwenen, direct gevolgd door de houting en de steur.

Na de ineenstorting van de zalmvisserij in de crisisjaren, waarbij de jaaropbrengst daalde van enige honderden tonnen/jaar tot ongeveer 10 ton/jaar, werd tenslotte voor het laatst omstreeks 1960 zalm in onze rivieren gevangen. Overigens was de smaak van de zalm al sinds de tweede wereldoorlog sterk achteruitgegaan. Een nog duidelijker beeld van de ineenstorting van de beroepsvisserij op de binnenwateren gedurende deze eeuw geeft afb. 4. Deze visserijgegevens zijn bewerkt aan de hand van de betreffende jaarcijfers over de visserij van de Directie van de Visserijen van het Ministerie van Landbouw en Visserij. Momenteel vormt eigenlijk alleen de visserij op aal nog een lonende bezigheid (Blom, 1973).

De verminderde kwalitatieve beschikbaarheid van het oppervlaktewater als bron voor de bereiding van drinkwater komt tot uiting in de berekende toegenomen kosten voor zuivering die de afgelopen eeuw voor een bedrijf als de Drinkwaterleiding van Rotterdam zijn gestegen van enige centen/m<sup>3</sup> aan aan het eind van de vorige eeuw tot enige dubbeltjes/m<sup>3</sup> op dit moment (Verheul, 1971). Uiteraard dient de achteruitgang van de kwaliteit van het rivierwater niet alleen uitgedrukt te worden in verminderde opbrengsten van de visserij en in gestegen zuiveringskosten bij de drinkwaterbereiding. Het uit verontreinigd oppervlaktewater bereide drinkwater en de consumptievis die ervan afkomstig is vertonen de sporen van verontreiniging met allerlei stoffen die mogelijk een chronische toxische werking op de gezondheid van de mens kunnen uitoefenen.

Ook op het gebied van de gezondheid van de mens hebben zich de afgelopen 100 jaar drastische veranderingen voorgedaan. In het begin van deze eeuw vormden de besmettelijke en parasitaire ziekten de belangrijkste doodsoorzaak van de mens, terwijl op het ogenblik ziekten van de bloedsomlooporganen en nieuwvormingen als belangrijkste doodsoorzaken naar voren springen, zoals weergegeven in afb. 5. De afgelopen 50 jaar is het aantal sterfgevallen als gevolg van nieuwvormingen bijna verdubbeld.

Op grond van een overzicht van specifieke doodsoorzaken, zoals in tabel VI vermeld, mag worden geconcludeerd dat kwaad-

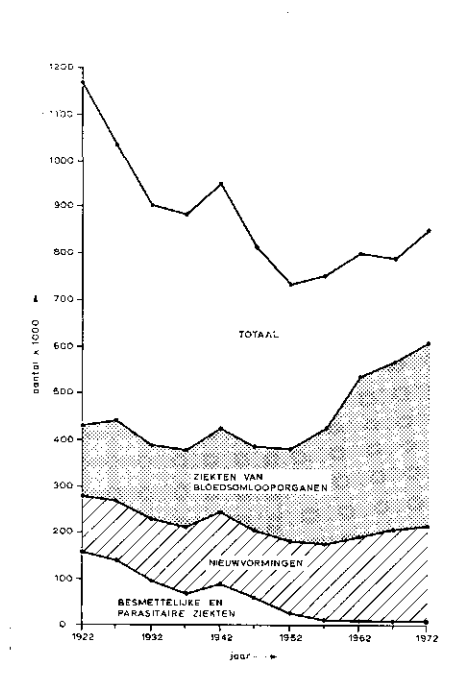
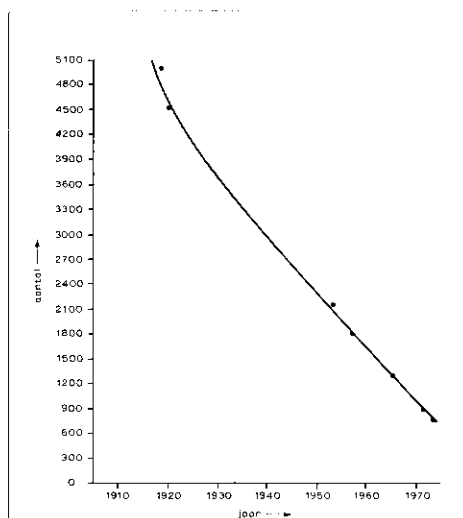


Afb. 3 - Jaarlijkse opbrengst aan riviertrekvis in Nederland over de periode 1893-1958 (bewerkt uit: jaarcijfers over de visserij, Staatsuitgeverij).

TABEL VI - Specifieke doodsoorzaken in Nederland voor 1972 (CBS-gegevens 1973).

Doodsoorzaak	% bij		
	mannen	vrouwen	% van totaal
kwaadaardige nieuwvormingen	24,0	22,2	23,1
ischemische hartziekten	25,3	18,6	22,0
cerebrovasculaire ziekten	9,5	14,0	11,7
pneumonie	2,6	3,2	2,9
bronchitis, emfyseem, astma	3,9	1,4	2,7
ongevallen met motorvoertuigen	3,6	1,6	2,6
zelfmoord en zichzelf toegebracht letsel	1,0	0,9	1,0

Afb. 4 - Verloop aantal beroepsvissers over 1918-1973 (bewerkt uit: jaarcijfers over de visserij, Staatsuitgeverij).

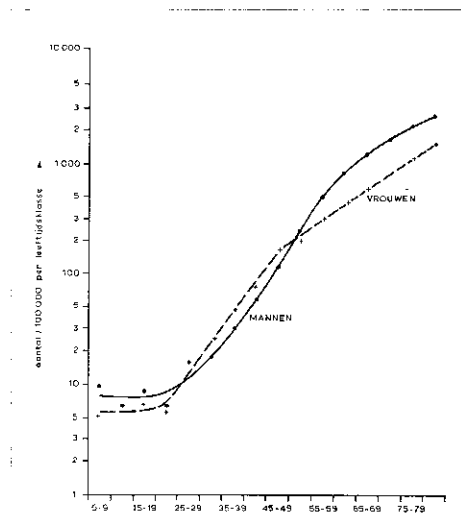


Afb. 5 - Sterfte naar jaar en naar doodsoorzaak per aantal van 100.000 van de gemiddelde bevolking in Nederland (CBS-gegevens).

aardige kankergezwellen globaal 10 x belangrijker zijn als doodsoorzaak dan verkeersongevallen. Ook valt uit deze tabel af te leiden dat één op de vier mensen aan kanker zal overlijden onder de huidige omstandigheden. Opvallend is hierbij dat de sterfte aan kanker in Nederland gemiddeld 20 % hoger ligt dan in de VS, waar de bevolkingsdichtheid en de verhouding BNP/km<sup>2</sup> landoppervlak ongeveer 10 x lager zijn dan in ons land.

Dat kanker typisch een belangrijke ziekte is bij langlevende organismen, zoals de

Afb. 6 - Sterfte bij vrouwen en mannen in 1972 aan kwaadaardige gezwellen naar leeftijdsklasse (CBS-gegevens).



mens, die lange tijd blootstaan aan de chronisch toxische werking van allerlei verontreinigingen, moge blijken uit afb. 6. Deze gegevens maken duidelijk dat milieuvervuiling ongetwijfeld een belangrijke oorzaak is van de gestegen importantie van kwaardige nieuwvormingen als doodsoorzaak. In hoeverre waterverontreiniging hiervoor mede verantwoordelijk is, kan op dit moment moeilijk worden gekwantificeerd. Gezien de effecten op lange termijn is echter bij de maatregelen ter bescherming van het water tegen vervuiling juist voor stoffen met een chronisch toxische werking de grootst mogelijke voorzichtigheid geboden, hetgeen duidelijk bij het formuleren van kwaliteitsdoelstellingen tot uiting zal moeten komen.

#### 4. Kwaliteitsdoelstellingen

Hoewel de preambule van het Traktaat van Bern van 29 april 1963, waarbij de Internationale Commissie ter Bescherming van de Rijn tegen Verontreiniging haar officiële status kreeg reeds luidde:

'geleid door de wens het water van de Rijn zuiver te houden, ennaar strevend de verdere verontreiniging van de Rijn te verhinderen en zijn huidige toestand te verbeteren, in de overtuiging dat dit een dringende taak is',

moet uit het voorafgaande worden geconcludeerd dat er meer voor een schonere Rijn nodig is dan deze goede bedoelingen van de Rijnoverstaten alleen.

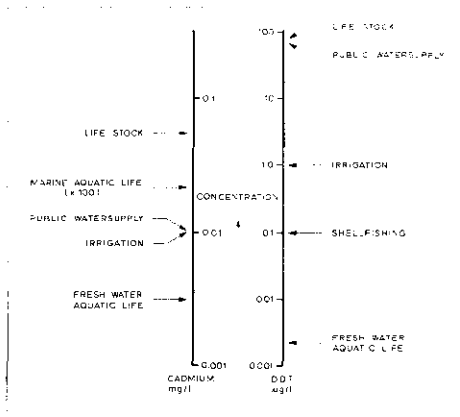
Bouwstenen voor een effectieve verbetering zijn het in voorbereiding zijnde zoetwaterverdrag in het kader van de Raad van Europa, de kwaliteitsdoelstellingen die in het kader van de Europese Gemeenschappen worden geformuleerd en het verdrag tegen chemische verontreiniging van de Rijn dat mogelijk nog dit jaar kan worden gesloten.

Kwaliteitsdoelstellingen vormen een belangrijk beleidsinstrument bij het bestrijden en voorkomen van waterverontreiniging. Overeenkomstig het Publicatieblad van de Europese Gemeenschappen nr. C-112/15 (20 dec. 1973) vertegenwoordigen kwaliteitsdoelstellingen het geheel van eisen waaraan een bepaald milieu of gedeelte van een milieu nu of in de toekomst moet voldoen.

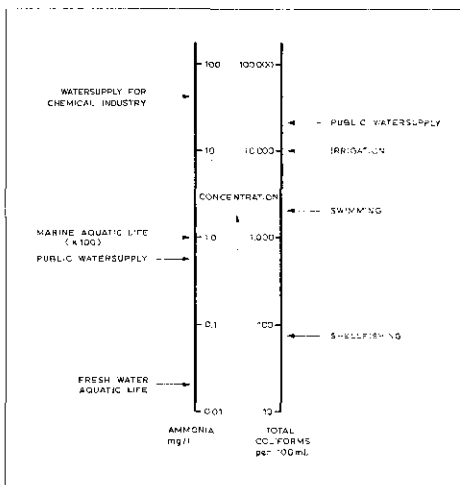
Bij het bepalen van de kwaliteitsdoelstellingen dient rekening te worden gehouden met een zodanig basisbeschermingsniveau als maximum waarde, dat de mens of een ander object niet wordt blootgesteld aan een onaanvaardbaar gevaar.

Daartegenover dient rekening te worden gehouden met een nuleffect-niveau of voor sommige stoffen een natuurlijk niveau als minimum waarde.

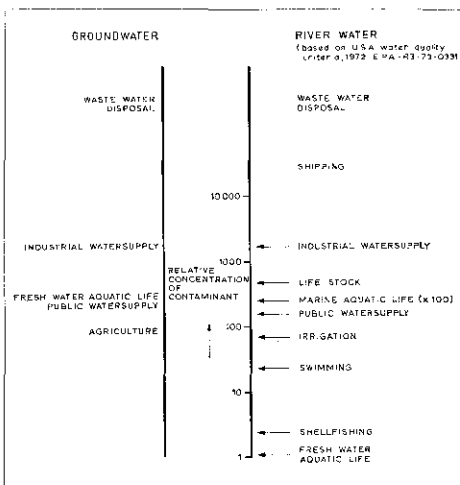
Het is duidelijk dat bij het vaststellen van



Afb. 7 - Aanbevolen grenswaarden voor cadmium en DDT ter veiligstelling van enige gebruiksdoeleinden van zoete oppervlaktewateren in de USA (Water Quality Criteria, 1972, EPA publicatie R3-73-033).



Afb. 8 - Aanbevolen grensvoorwaarden voor ammoniak en totaal aantal coliformen ter veiligstelling van enige gebruiksdoeleinden van zoete oppervlaktewateren in de USA (Water Quality Criteria, 1972, EPA publicatie R3-73-033).



Afb. 9 - Tentatieve volgorde van enige gebruiksdoeleinden van zoete grond- en oppervlaktewateren, gerangschikt naar de overeenkomende kwaliteits-eisen.

basisbeschermingsniveaus en daarvan afgeleide kwaliteitsdoelstellingen behalve toxicologische gegevens zoals dosis-tijd-effect-relaties mede ethische, economische en politieke aspecten van belang zijn. Zo speelt bijv. bij de afweging van enerzijds het nuttig effect en anderzijds het gezondheidsrisico van een milieuverontreiniging ook het welvaartsniveau een rol.

Een minstens even belangrijk aspect is de mate van inspraak die mogelijk is bij het vaststellen van een basisbeschermingsniveau.

In dit verband merkt Van der Kreek (1974) terecht op: 'By giving the public insight, they may actively take part in considering the merits and demerits of the use of a substance. Everybody is inclined to take more risks voluntarily than when compelled'.

Vooraf voor de carcinogene en mutagene stoffen, waar het nuleffect-niveau veelal ligt bij de concentratie nul en waar zich in toenemende mate een gezondheidsprobleem voordoet, wordt van verschillende zijden een parlementaire beslissingsprocedure noodzakelijk geacht. Een dergelijke ontwikkeling zal intensief epidemiologisch onderzoek ter aanvulling van de nog schaarse toxicologische informatie meer dan ooit noodzakelijk maken.

Van groot belang voor de sanering van het oppervlaktewater is nu dat de kwaliteitsdoelstellingen die de eisen bepalen waaraan een milieu moet voldoen met het oog op de bestemming ervan, gemeenschappelijk door de betrokken landen worden vastgesteld.

Dit betekent bijv. in het kader van de Internationale Rijn Commissie dat per riviertraject vanaf de oorsprong in Zwitserland tot aan de monding in Nederland de bestemmingen worden overeengekomen en dat aan de hand van het bestemmingspakket de kwaliteitsdoelstellingen, meestal in de vorm van maximaal toelaatbare concentraties van verontreinigingen, voor een bepaald riviertraject en een bepaalde periode worden vastgesteld.

Vaak zal de diversiteit aan mogelijke bestemmingen geringer worden naarmate een meer stroomafwaarts en vervuild riviergedeelte wordt beschouwd. Tevens zullen bestemmingen die aan de monding van een rivier moeten worden gerealiseerd bepalend zijn voor de saneringsmaatregelen die tenminste in het stroomopwaarts gelegen riviergedeelte moeten worden getroffen. Als illustratie van het verband tussen bestemmingen en kwaliteitsdoelstellingen is een overzicht samengesteld van de maximaal toelaatbare concentraties, die in de VS zijn aanbevolen ter veiligstelling van diverse bestemmingen, voor Cadmium, DDT, Ammonium en totaal aantal coliformen (afb. 7 en 8).

Hierbij zijn de eisen, die aan het rivierwater zijn te stellen met het oog op de bescherming van het mariene ecosysteem, ter illustratie berekend door de waarden voor het zeewater met een factor 100 te vermenigvuldigen.

Een tentatief algemeen overzicht voor de volgorde waarin, bij toenemende vervuiling, bestemmingen niet langer kunnen worden gerealiseerd, geeft afb. 9.

Het aquatische ecosysteem stelt aan de waterkwaliteit veelal eisen, die een factor 100 - 1000 x strenger zijn dan voor drinkwatervoorziening van de mens. Het is daarom niet verwonderlijk dat de huidige verontrusting in verband met de geschiktheid van het rivierwater voor de landbouw en de drinkwatervoorziening is voorafgegaan door een sterke verarming van het rivierwaterecosysteem in de stroomafwaarts gelegen gedeelten van Rijn en Maas. Uit afb. 9 kan tevens worden geconcludeerd dat alle mogelijke bestemmingen zijn gewaarborgd indien de instandhouding van het oorspronkelijke rivierwaterecosysteem wordt gerealiseerd. In dit verband is het nuttig te vermelden dat de Franse wetgeving, die model heeft gestaan voor de bestemming-kwaliteitsdoelstelling-gedachte, spreekt van het begrip 'vocation', dat in het Nederlands zowel met 'bestemming' als met 'roeping' kan worden vertaald. Gesteld mag worden dat het water vele bestemmingen heeft, maar slechts één roeping, en dat het noodzakelijk is om het aan deze roeping zo veel mogelijk te doen beantwoorden. De kwaliteitsdoelstelling legt behalve het niveau van verontreiniging tevens de periode, waarbinnen dit niveau moet worden bereikt, vast en geeft daarmee de prioriteiten van een saneringsprogramma aan.

Tegenwoordig worden de prioriteiten voor sanering in algemene zin ook wel aangegeven door stoffen in twee of drie categorieën te rangschikken waarbij de meest milieuschadelijke stoffen met de beste technische middelen op de korste termijn moeten worden gesaneerd. Sinds het verdrag van Oslo van 15 februari 1972 ter voorkoming van zeeverontreiniging door dumping is voor de verschillende categorieën de aanduiding 'stoffen van de zwarte, grijze (en beige) lijst' in gebruik geraakt. In het communiqué van de Ministersconferentie over de bescherming van de Rijn tegen verontreiniging op 4 en 5 december 1973 te Bonn zijn de eerste versies van deze drie lijsten voor de sanering van de Rijn vastgelegd. (Stuk 12.600, zitting 1973-1974 Tweede Kamer). Als saneringsmechanisme kan men zich nu de procedure voorstellen conform tabel VII.

Wanneer men zich realiseert dat het om vele tientallen, zo niet honderden stoffen

TABEL VII - Mogelijke saneringsprocedure voor een internationale rivier.

Saneringsprocedure		Zwart	Grijs	Beige
1.	Identificatie als:	x	x	x
2.	Verplichting nieuwe lozingen tot toepassen van:	beste techn. middelen	techn. middelen	techn. middelen
3.1.	Vaststellen immissiewaarden (kwaliteitsdoelstellingen) o.a. volgens bestemmingen riviertrajecten	x	x	x
3.2.1.	Vaststellen inventarisatiedrempel	x	x	x
3.2.2.	Opstellen inventaris na 1 jaar	x	x	x
4.	Sanering bestaande lozingen in overgangperiode van (A < B < C) jaar	A	B	C
	Met toepassing van	beste techn. middelen	techn. middelen	techn. middelen
5.	Harmonisatie saneringsmaatregelen e.d.	x	x	x
6.	Toetsing/Bij overschrijding immissie- en emissiewaarden:	lozingsverbod	betere techn. middelen	betere techn. middelen
7.	Herziening immissiewaarden en/of inventarisatiedrempel	x	x	x

gaat dan is het duidelijk dat het hier een zeer gecompliceerde en tijdrovende zaak betreft, die gebaat is bij zo concreet mogelijke internationale verplichtingen die tevens eenvoudig controleerbaar dienen te zijn.

Uiteraard loopt men hierbij steeds het gevaar dat saneringsmaatregelen die vandaag al kunnen worden uitgevoerd, uitblijven tot men het eens is geworden over bestemmingen, kwaliteitsdoelstellingen, inventarisatiedrempels e.d. Desondanks lijkt met een op bovenstaande leest geschoeide conventie betreffende de bescherming van de Rijn tegen chemische verontreiniging een belangrijke stap in de goede richting te worden gezet.

##### 5. Mathematische modellen

Voor het realiseren van een grote diversiteit aan bestemmingen van waterbronnen is, naast het formuleren van kwaliteitsdoelstellingen, het opstellen van een prognose van de belasting aan verontreinigingen en het afwegen van de uit economisch oogpunt meest optimale saneringsmaatregelen noodzakelijk. Hierbij kunnen mathematische waterkwaliteitsmodellen van nut zijn. Mathematische waterkwaliteitsmodellen zullen in de eerste plaats een relatie moeten weergeven tussen de ontwikkeling van bevolking en industrie en de lozing van verontreinigingen in het rivierwater (Zoeteman, 1973).

Verder is het gedrag van een verontreiniging tijdens het verblijf in de rivier, waarbij biologische omzetting, verdamping, fotolyse, sedimentatie e.d. een rol spelen van belang voor modelontwikkelingen. In toenemende mate zullen de moeilijk afbreekbare organische stoffen in rivier-

water bepalend voor de kwaliteit worden, zodat de zuiveringsmaatregelen van biologische methoden meer naar fysisch-chemische methoden zullen moeten worden verlegd. Een belangwekkende studie naar de meest optimale saneringsaanpak, uit technologisch en economisch oogpunt, ter bestrijding van de belasting van de Rijn met moeilijk afbreekbare organische stoffen in de periode 1970-2000 is uitgevoerd door Stumm en Roberts (1973). Zij komen tot de konklusie dat niet een bouw van chemisch-biologische zuiveringsinstallaties bij alle lozingen de optimale oplossing biedt, maar dat primair nodig is een verdergaande fysisch-chemische zuivering van het afvalwater van de grote steden en de grote industriële bedrijven, waar tevens interne bedrijfsmaatregelen dienen plaats te vinden.

Teneinde tot dergelijke waterkwaliteits- en saneringsmodellen te komen is in nationaal verband een samenwerking van RID, Directie Waterhuishouding en Waterbeweging, Deltadienst, RIZA, landbouwhogeschool Wageningen, TH Twenthe en het Waterloopkundig Laboratorium tot stand gebracht terwijl internationaal zal worden samengewerkt met o.a. het Institut für Wasserchemie te Karlsruhe en de Eidgenössische Anstalt für Wasserversorgung, Abwasserversorgung, Abwasserreinigung und Gewässerschutz (EAWAG) te Zürich.

Hoewel mathematische modellen ertoe kunnen bijdragen om de maatschappelijke ontwikkeling te richten op het zo snel mogelijk bereiken van een maximale bestemmingsdiversiteit en daarmee een verbeterde kwalitatieve beschikbaarheid van onze waterbronnen, is het tevens goed om ten aanzien van de oorzaak van alle problemen, het overmatig lozen van afval-

stoffen, een gezegde van de beroemde Chinees Lao Tse in gedachte te houden die reeds eeuwen voor de aanvang van onze jaartelling schreef: 'Hij die van ophouden weet maakt zich niet te schande maar zal het lang uithouden'.

#### Literatuur

- Althaus, H., Jung, K. D. (1972). *'Wirkungskonzentrationen schädigender bzw. toxischer Substanzen in Wasser'*. Hygiene-Institut des Ruhrgebietes, Gelsenkirchen.
- Blom, B. (1973). *'Het gebruik van de Nederlandse rivieren en overige binnenwateren als viswater per 1 jan. 1971'*. Hoofdafdeling Sportvisserij en Beroepsvisserij van de Directie van de Visserijen. Documentatierapporten Nr. 16, 's-Gravenhage.
- CBS (1957). *'De sterfte in Nederland naar geslacht, leeftijd en doodsoorzaak van 1921-1955'*.
- CBS (1972). *'De maandstatistiek van bevolking en volksgezondheid'*. Jaargang 20, Supplement jaaroverzicht 1971.
- CBS (1973). *'De maandstatistiek van bevolking en volksgezondheid'*. Jaargang 21, Supplement jaaroverzicht 1972.
- Dongen, B. van (1970). *'Zwembadenbouw biedt perspectief'*. Bouw 22, (30 mei).
- EPA (1973). *'Water Quality Criteria, 1972'* (Advance Copy) (to be published as EPA-R3-73-033). Washington DC 20460.
- Higler (1964). *'De levende natuur'*, pag. 279.
- Jaarcijfers over de visscherij (1939 en vanaf 1946). Verslagen en mededelingen van de directie van de visscherijen (Departement van Economische zaken/Ministerie van Landbouw, Visscherij (en Voedselvoorziening)). (Staatsdrukkerij, 's-Gravenhage).
- Driemaandelijke overzichten omtrent de uitkomsten der Visserij (1942-1944). (Departement van Landbouw en Visserij). (Algemene Landsdrukkerij, 's-Gravenhage).
- Verslagen over de Visscherij (tot ± 1935). Verslagen en Mededelingen van de Afdeling Visscherijen (Departement van Binnenlandsche Zaken en Landbouw). (Algemene Landsdrukkerij, 's-Gravenhage).
- Jaarverslagen der Visscherij-inspectie, Verslagen betreffende den staat der binnenvisscherij (tot ± 1920). Mededeelingen en Verslagen van de Visscherij-inspectie. (Departement van Landbouw, Nijverheid en Handel). (Gebr. van Cleef, 's-Gravenhage).
- Kreek, F. W. van der (1974). *'Working paper Benefit/risk balance'*. European Colloquium on 'Problems raised by the contamination of man and his environment by persistent pesticides and organo-halogenated compounds'. (Luxembourg, 14 - 16 May, 1974).
- Lao Tse. *'Tao Te King'*, vertaling naar E. J. Welz (F.). Kroonder, Bussum (1959).
- Molt, E. L. (1961). *'Verontreiniging van het Rijnwater'*. Dertiende Vakantiecursus Drinkwatervoorziening, TH Delft (Moormans Periodieke Pers NV, 's-Gravenhage).
- Odum, E. P. (1971). *'Fundamentals of Ecology'*. (W. B. Saunders Company, Philadelphia).
- Pulles, J. W., Sprong, T. A. (1974). Ongepubliceerde gegevens van de Directie Waterhuishouding en Waterbeweging van Rijkswaterstaat.
- RIWA (1973). *'De samenstelling van het Rijn- en Maaswater in 1972'*. (Condensatorweg 54, Amsterdam).
- RIZA (1965-1970). *'Jaarboeken der waterkwaliteit van de Rijnwateren, Rijntakken en Maas'*. (Staatsdrukkerij, 's-Gravenhage).
- Stumm, W., Roberts, P. V. (1973). *'Prioritäten bei der Rheinwassersanierung'* 3. Arbeitstagung der IAWR-Düsseldorf, pag. 69. (Condensatorweg 54, Amsterdam).
- TP 2000 (1970). Ministerie van Verkeer en Waterstaat (Staatsdrukkerij, 's-Gravenhage).
- Verheul, T. (1971). *'Kwaliteit als parameter bij de keuze van de bron'*. H<sub>2</sub>O, 4, 407.
- Zoeteman, B. C. J. (1973). *'The potential pollution index as a tool for river water quality management'*. Technical Paper Series No. 6. (WHO International Reference Centre for Community Water Supply, Parkweg 13, The Hague, The Netherlands).
- Zoeteman, B. C. J. Piet, G. J., Ruygrok, C. T. M., Heuvel, R. van de (1974) *'Threshold Odour Concentrations in water of chemical substances'*. RID-mededeling 74-3. (Parkweg 13, 's-Gravenhage).