

Algemeen overzicht over de relatie tussen waterkwaliteit en waterkwantiteit

Lezing gehouden tijdens de technische bijeenkomst van de CHO 'Samenhang tussen waterkwaliteit en -kwantiteit bij studies van oppervlaktewateren' op 18 oktober 1978.

1. Inleiding

Bij het kwantitatieve waterbeheer is men gewend te denken in termen van water-volumina en van debieten. Bij het kwalitatieve waterbeheer gaat men voor de verschillende gebruiksdoeleinden veeluit uit van normen, waarbij de vereiste waterkwaliteit wordt gedefinieerd in maximaal toelaatbare gehalten. Desondanks vertonen de problemen die zich bij het kwantitatieve en het kwalitatieve waterbeheer voordoen over het algemeen een vrij sterke samenhang. De waterkwaliteit in een watergang wordt



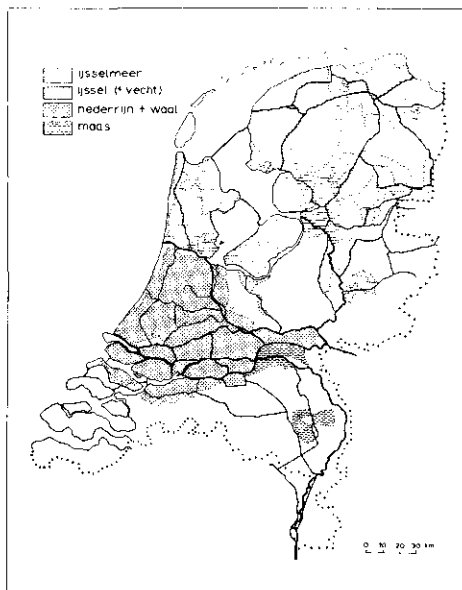
DR. P. E. RIJTEMA
Instituut voor Cultuurtechniek
en Waterhuishouding
Wageningen

niet alleen bepaald door de aard en de hoeveelheid van de afvalstoffen, maar ook door de hoeveelheid water die door de leiding stroomt. Vooral in kustgebieden en delta's, waar men onder andere te maken heeft met verziltingsverschijnselen is deze samenhang zeer sterk. De wederzijdse beïnvloeding wordt nog groter, indien de deltavormende rivieren in belangrijke mate zijn belast met afvalstoffen. Nederland is een duidelijk voorbeeld van een dergelijke situatie.

Het moeten voldoen aan bepaalde kwalitatieve criteria stelt de waterbeheerder vaak voor kwantitatieve problemen. Enerzijds betekent het moeten voldoen aan zekere kwantitatief vastgelegde waterbehoeften, dat de kwaliteit van het aangevoerde water bepalend is voor de uiteindelijke kwaliteit in een bepaalde regio. Anderzijds beïnvloedt het moeten voldoen aan criteria voor de waterkwaliteit zeer duidelijk de landelijke en de regionale kwantitatieve verdeling van het door de rivieren aangevoerde oppervlaktewater. Bij een inleidende beschouwing over de kwantitatieve en kwalitatieve waterhuishouding van het oppervlaktewater in Nederland kunnen we onderscheid maken in gebieden met wateraanvoer van elders en gebieden zonder externe wateraanvoer.

2. Gebieden met wateraanvoer

Het water dat door de Rijn en de Maas wordt aangevoerd vormt de belangrijkste bron van de watervoorziening van het oppervlaktewater in Nederland. Dit rivierwater wordt naar verschillende delen van Nederland getransporteerd en daarbij vervullen de volgende wateren met hun vertakkingen een belangrijke functie, namelijk de IJssel, het IJsselmeer, de



Afb. 1 - De gebieden met wateraanvoer, ingedeeld naar de herkomst van het aangevoerde water.

Nederrijn, de Waal, het Hollands Diep en het Haringvliet. Vanuit dit hoofdaanvoersysteem wordt rechtstreeks water ingelaten in een groot aantal gebieden. Ook wordt aan dit systeem water onttrokken om kanalen te voeden voor transport naar gebieden die niet rechtstreeks aan het hoofdsysteem kunnen onttrekken. Afb. 1 geeft een verdeling van de gebieden met wateraanvoer, ingedeeld naar de herkomst van het water. Uit deze afbeelding blijkt

TABEL I Indeling van de gebieden met wateraanvoer, ingedeeld naar de herkomst van het water (Van Boheemen, 1977).

IJsselmeer	57 %
IJssel	4 %
Nederrijn, Waal, Hollands Diep, Haringvliet	35 %
Maas	4 %

TABEL II - De raming van de wateraanvoerbehoefte door Rijkswaterstaat (1968), de door Van den Berg (1970) bepaalde situatie en de wateraanvoer in 1976 (Van Boheemen, 1977) in 10⁶ m³. W = Watervoorziening, D = doorspoelen.

	Rijkswaterstaat 1968		Van den Berg 1970		Van Boheemen 1977	
	W	D	W	D	W	D
Poldergebieden						
Noord-Nederland	1000	250	500	50	444	222
Noordwest-Nederland	260	250	200	50	156	230
Middenwest-Nederland	375	250	300	140	384	128
Zuidwest-Nederland	165	15	—	—	5	7
Rivierengebied	355	0	250	0	308	0
Subtotaal	2155	765	1250	240	1297	587
Hoge gronden						
Noordoost-Nederland	500	0	—	0	153	0
Zuidoost-Nederland	565	0	—	0	21	0
Zeeuws-Vlaanderen e.o.	50	0	—	0	0	0
Subtotaal	1115	0	—	0	174	0
Totaal	3270	765	—	240	1471	587

dat 51 % van Nederland moet worden gerekend tot de gebieden met wateraanvoer. Een indeling van de gebieden met aanvoer naar de herkomst van het water is gegeven in tabel I.

Door Van den Berg (1970) is een analyse uitgevoerd van de wateraanvoer in Nederland in droge jaren voor 1970. Hierbij is een vergelijking gemaakt met de raming van de wateraanvoerbehoefte in een 95 %-droog jaar afkomstig uit de nota 'De waterhuishouding in Nederland' (Rijkswaterstaat, 1968). Uit het onderzoek van Van Boheemen (1977) zijn de wateraanvoergegevens uit het droge jaar 1976 bekend. De resultaten van de verschillende onderzoeken zijn weergegeven in tabel II.

Naast enkele overeenkomsten vertoont tabel II ook duidelijke verschillen tussen de door Rijkswaterstaat geraamde wateraanvoerbehoefte en de in droge jaren gerealiseerde wateraanvoer. Vooral op de hoge gronden blijkt de gerealiseerde aanvoer duidelijk achter te blijven bij de raming.

Uit de gegevens blijkt echter wel duidelijk, dat Nederland een typisch voorbeeld is van een deltagebied, waarbij de deltavormende rivieren in belangrijke mate bepalend zijn voor de kwaliteit van het oppervlaktewater in een groot deel van het land.

Voor het wateraanvoergebied Noordwest-Nederland is de door Rijkswaterstaat geraamde wateraanvoer 510 10⁶ m³ en de in 1976 gerealiseerde wateraanvoer 386 10⁶ m³. Bij een oppervlakte van de boezemwateren in dit gebied van 8600 ha en een aangenomen gemiddelde waterdiepte van 1 m betekent dit dat de geraamde en gerealiseerde wateraanvoer gelijk is aan resp. 6 en 4,5 maal de boezeminhoud. De hoeveelheid water, die werd gebruikt voor doorspoeling was ongeveer 3 maal de

TABEL III - Zomergemiddelden van enkele kwaliteitsparameters van het ingelaten water en aan het einde van de transportweg in Noordwest-Nederland.

Kwaliteitsparameter	Zomergemiddelden in g.m ⁻³			
	Cl-	Kjeld.-N	Tot.-N	Tot.-P
Inlaat (L. Scharlam)	282	1,05	1,56	0,13
Einde transportweg (m.p. 3)	346	3,10	4,34	1,14

boezeminhoud. Het oppervlaktewater in het gebied wordt vanaf de inlaat uit het IJsselmeer tot aan het einde van de transportweg tevens nog door interne bronnen verontreinigd. Van enkele kwaliteitsparameters zijn in tabel III de zomergemiddelden van het inlaatwater en aan het einde van de transportweg weergegeven.

Uit tabel III blijkt dat het chloridegehalte in het boezemwater in hoofdzaak wordt bepaald door het chloridegehalte van het IJsselmeer, terwijl de N- en P-gehalten sterk worden bepaald door de interne belasting in het gebied.

Uit het onderzoek van de werkgroep Midden West-Nederland (1976) blijkt dat de kwaliteit van de boezemwateren in dat gebied in de zomer voor 70 % wordt beheerst door de kwaliteit van het Rijnwater. Voor stikstof en fosfaat ligt de zaak aanzienlijk gecompliceerder en is het minder eenvoudig om de invloed van het Rijnwater aan te tonen. In beide gebieden is het de interne stikstof- en fosfaatbelasting, alsmede de processen die gedurende de transportweg optreden, die een zeer gecompliceerd beeld geven.

Uit het onderzoek van Bots, Jansen en Noordewier (1978) naar de fysisch-chemische samenstelling van het water in het Noorden des Lands blijkt dat de ionensamenstelling van het oppervlaktewater in de winter in grote delen van het gebied anders is dan in de zomer. In de zomer is in het gebied een sterke toeneming van water, dat kan worden getypeerd als het NaCl-type, ten gevolge van het ingelaten IJsselmeerwater. Deze toeneming van dit type water gaat ten koste van oppervlaktewater waarin calciumbicarbonaat de dominante verbinding is, terwijl sulfaten als belangrijkste verbinding in de zomer in het oppervlaktewater niet meer voorkomen. In een aantal oppervlaktewateren heeft de inlaat van IJsselmeerwater tot gevolg dat in de zomer calciumchloride als voornaamste verbinding voorkomt. Deze wijziging in ionensamenstelling zal vooral ten aanzien van natuurbeheersaspecten consequenties kunnen hebben.

3. Gebieden zonder wateraanvoer

Tot de gronden die geen externe aanvoer van oppervlaktewater hebben, behoren ongeveer 95 % van de zandgronden, het

lösgebied in Zuid-Limburg, de zeekleigronden in Zuidwest-Nederland, de Wieringermeer en Noord-Groningen. Het is met name in de zandgebieden waar zich de problemen rond het kwantiteits- en kwaliteitsbeheer het duidelijkst manifesteren. Naast beekverbetering, ontwateringsmaatregelen en peilbeheersing door stuwen is het vooral de enorme onttrekking van grondwater ten behoeve van de drinkwatervoorziening en de industrie die het natuurlijke afvoerpatroon sterk hebben gewijzigd.

Uit het onderzoek van Rijtema (1974) naar de wateronttrekking in Oost-Gelderland blijkt bijv. dat in de beïnvloede gebieden ongeveer 50 % van het neerslagoverschot wordt onttrokken. Dit geeft een belangrijke reductie van de afvoer via het diepere grondwater naar het oppervlaktewater. Het grootste deel van het onttrokken grondwater wordt na huishoudelijk en industrieel gebruik sterk verontreinigd via puntbronnen van rioleringen en zuiveringsinstallaties elders op het oppervlaktewater teruggevoerd. Uit een onderzoek van Steenvoorden (1978) blijkt dat in het Barneveldse Beekgebied in droge perioden in 1977 in sommige delen van het stroomgebied het effluentaandeel van de rioolwaterzuiveringsinstallaties kan oplopen tot ongeveer 70 % van de totale afvoer. Onder deze omstandigheden is de invloed van het effluent bepalend voor de kwaliteit van het afgevoerde oppervlaktewater. Extreme perioden van droogte zijn voor een goed waterkwaliteitsbeheer van belang voor het bepalen van te nemen maatregelen, omdat in deze perioden geen of slechts weinig verdunning mogelijk is met het uit natuurlijke afvoer afkomstige water.

4. Samenhang tussen waterkwaliteit en waterkwantiteit

De kwaliteit van het water dat een leiding uitstroomt wordt in principe bepaald door de hoeveelheid water van een gegeven kwaliteit die de leiding instroomt en de hoeveelheid verontreinigende stof die er in de leiding wordt opgebracht.

Verplaatsing van de vervuiling in de leiding vanuit een vervuilingbron geschiedt door de verplaatsing van het medium, in dit geval water, waarin de stof zich bevindt. Door de stroomsnelheidsverdeling van het water in een leiding, door dispersie en dif-

fusie, verplaatst de verontreiniging zich niet als een blok door het leidingssysteem, maar neemt de concentratie met de afgelegde afstand af.

Verder kan de vervuilende stof in het milieu interactieprocessen aangaan, waardoor de concentratie zich ook wijzigt. De term interactieprocessen duidt op een aantal processen die in het water plaatsvinden en waarbij opgeloste stoffen uit de waterfase verdwijnen of eventueel vanuit het bodemslib in oplossing komen. Het onderzoek voor de kwantificering van waterkwaliteitsaspecten zal zich moeten richten op een correcte fysische beschrijving van de processen, zodat met behulp van mathematisch-fysische modelberekeningen uitspraken kunnen worden gedaan. Voor de theoretische aspecten van deze modelbenaderingen wordt verwezen naar Lijklema (H₂O (12) 1979, nr. 2, blz. 27).

Bij het analyseren en kwantificeren van de processen die de kwaliteit van het oppervlaktewater beïnvloeden is het noodzakelijk om water- en stoffenbalansen op te stellen. Bij de optredende bronnen kan onderscheid worden gemaakt tussen externe en interne invloeden. Externe bronnen kunnen velerlei zijn, waarbij kan worden gedacht aan de kwaliteit van het Rijnwater, het IJsselmeer en de Noordzee. Bij de interne factoren moet worden gedacht aan de in het stroomgebied voorkomende belastingen ten gevolge van kwelwater, gas- en koelbronnen, huishoudelijk en industrieel afvalwater, bemesting, neerslag, gladheidsbestrijding en recreatie. De analyse en kwantificering van de voorkomende belastingsbronnen kunnen niet alleen als uitgangspunt dienen voor het overwegen van maatregelen voor het beperken van de invloed van de belangrijkste bronnen, maar zijn tevens een belangrijk gegeven in verband met het vast te stellen doorspoelingsbeleid om de nadelige invloeden van deze bronnen te verminderen. Voor de nadere kwantificering van de stikstof- en fosfaatbelasting van polders en stroomgebieden wordt verwezen naar Steenvoorden en Oosterom (H₂O (12) 1979, nr. 2, blz. 33).

Wijziging in de voedselrijkdom van het water door wijzigingen in de fosfaat- en stikstofbelasting en mogelijk ook wijziging van de ionensamenstelling door wateraanvoer van buiten het gebied kunnen de groei, ontwikkeling en samenstelling van plantengemeenschappen in het water in sterke mate beïnvloeden. Bij de bestudering van de gevolgen van het waterkwaliteits- en waterkwantiteitsbeheer heeft men naast het transport van stoffen ook te maken met aerobe en anaerobe afbraak van anorganische stoffen, minerali-

is te verwachten dat de afbraaksnelheid voor BZV enigszins afhankelijk is van de stroomsnelheid.

De verhouding contactoppervlak-volume speelt waarschijnlijk een belangrijke rol in de verwijdering van organisch materiaal en het afsterven van micro-organismen die zich aan bodemmateriaal en planten plegen te hechten. De turbulentie in het water beïnvloedt het transport van voedingsstoffen en zuurstof. In ondiep en snelstromend water is een hogere verwijderingssnelheid van coliforme organismen waargenomen dan in diepe, traagstromende rivieren [16].

3.3. Algen groei

De afhankelijkheid van de groeisnelheid van algen van de lichtintensiteit betekent dat de waterdiepte een belangrijke factor is in de regulering van algengroei. Naast de variatie in de tijd is het lichtklimaat immers ook een exponentiële functie van de diepte. De over tijd en diepte geïntegreerde groeifunctie is dan ook in sterke mate afhankelijk van de zgn. extinctiediepte εH , waarin H de waterdiepte en ε de extinctiecoëfficiënt is [17]. Een belangrijke beheersmaatregel voor spaarbekken is het handhaven van een voldoende (meng)diepte om hinderlijke algengroei tegen te gaan. In Nederland zijn de Biesbosch-bekken hierop ingericht [18].

Samenvattend kan gesteld worden dat de aangevoerde hoeveelheden water via verblijftijd en mengedrag een grote invloed kunnen uitoefenen op de kwaliteit van het water, terwijl ook een aantal voor de waterkwaliteit belangrijke processen door kwantitatieve aspecten als stroomsnelheid en waterdiepte mede bepaald worden.

4. Conclusies

De waterkwaliteit wordt in hoge mate mede bepaald door de kwantiteit. In Nederland wordt zeer intensief de kwantiteit gestuurd; soms met het oog op de kwantiteit zelf (bijv. peilbeheersing in rivieren, kanalen, polders), soms met het oog op de kwaliteit (bijv. doorspoeling van de Zaan en stadsgrachten, zoutbestrijding) en vaak met het oog op beiden (bijv. opslag in spaarbekken; duinfiltratie). In verband met de nauwe samenhang tussen kwaliteit en kwantiteit is het van groot belang dat er integratie plaats vindt zowel op het gebied van onderzoek als op het gebied van beheer. Een toenevende interactie tussen hydrologen, waterzuiveraars en waterkwaliteitsspecialisten is gewenst.

Het is te hopen dat de betrokkenheid van meerdere departementen bij verschillende aspecten van het waterbeheer niet tot ver-

snippering en ondoelmatigheid in het beheer zal leiden, maar dat zich een wettelijk kader zal ontwikkelen waarin verschillende beheersaspecten op zinvolle wijze kunnen worden afgewogen en geïntegreerd. Dit zelfde geldt voor de ruimtelijke integratie van het waterbeheer, waar landelijke, regionale en lokale instanties bij betrokken zijn.

Literatuur

1. Meybeck, M., 1976. *Dissolved and suspended matter carried by rivers: composition, time and space variations, and world balance*. In: Interactions between sediments and fresh water; Proceedings of an international symposium, Amsterdam, september 1976. Junk - PUDOC.
2. STORA, 1977. *Project 38b: Vuiluitwerp van rioolstelsels*. Jaarverslag 1977. Stichting Toegestapt Onderzoek Reiniging Afvalwater. Rijswijk.
3. Beunders, B. A. J., 1978. *Fosfaathuishouding en algengroei in het Barneveldse Beekgebied*. D-Verslag, TH Twente, maart 1978, in samenwerking met Commissie Bestudering Waterhuishouding Gelderland.
4. Steenvoorden, J. H. A. M., Oosterom, H. P., 1979. *Fosfaat en stikstofbalansen van polders en beekgebieden*. H₂O 2 (12) 33-39.
5. Levenspiel, O., 1967. *Chemical Reaction Engineering*; John Wiley, New York.
6. Bansal, K., 1971. *Dispersion in natural streams*; J. Hydr. Div. ASCE, November 1971, p. 1867 e.v.
7. Solodovnikov, V. V., 1960. *Introduction to the statistical dynamics of automatic control systems*. Dover Publications Inc., New York.
8. Eggink, H. J., 1965. *Het estuarium als ontvangend water van grote hoeveelheden afvalstoffen*; Staatsdrukkerij, 's-Gravenhage.
9. Limnologisch onderzoek: *Project planktonbeheersing in bekkens*. Limnologisch onderzoek 1976; concept 1977. Afdeling Milieu Onderzoek Deltadienst en Chemisch-Biologische Afdeling RID.
10. Straten, G. van, 1978. *Hydrologische aspecten bij zuurstofhuishouding en algenbloei in rivier-systemen*.
11. Graf, W. H., Pazis, G. C., 1977. *Les phenomenes de deposition et d'erosion dans un canal alluvionnaire*. J. of Hydraulic Research 15 [2] 151-166.
12. Terwindt, J. H. J., 1976. *Deposition, transportation and erosion of mud*. In: Interactions between sediments and fresh water; Proceedings of an international symposium, Amsterdam, september 1976. Junk - PUDOC.
13. Håkanson, L., 1977. *The influence of wind, fetch and waterdepth on the distribution of sediments in Lake Vänern, Sweden*. Can. J. Earth Sciences 14, 397-412.
14. Hartmann, L., 1967. *Influence of turbulence on the activity of bacterial slimes*. J. Water Poll. Control Fed. 39, 958.
15. Rickard, M. D., Gaudy Jr., A. F., 1968. *Effect of mixing energy on sludge yield and cell composition*. J. Water Poll. Control Fed. 40 R. 129.
16. Fair, G. M.; Geyer, J. C.; Okun, D. A., 1968. *Water and Wastewater Engineering: Volume 2; Chapter 33: Ecology and management of receiving waters*. John Wiley; New York.
17. Lorenzen, M.; Mitchell, R., 1973. *Theoretical effects of artificial destratification on algal production in impoundments*. Env. Science and Technol. 7 (10) 939-944.
18. Oskam, G., 1974. *Enkele limnologische aspecten van de Biesbosch-bekken*. H₂O 17 (7) 363-366.

● *vervolg van pagina 26*

Algemeen overzicht over de relatie tussen waterkwaliteit en waterkwantiteit

satie van voedingselementen, de N-opname door organismen, de groei en het afsterven van organismen. Door deze processen wordt met name de zuurstofhuishouding en de algenbloei in oppervlaktewateren in sterke mate bepaald. Voor een nadere kwantificering van deze processen wordt verwezen naar Van Straten (1979). De uitvoering van de waterstaatkundige werken in het deltagebied hebben voor de waterhuishouding in Zuidwest-Nederland grote consequenties in verband met de vorming van een aantal afgesloten bekkens. De wijzigingen in de watersamenstelling en het opheffen of beperken van de getijdebeweging zullen het natuurlijk watermilieu sterk beïnvloeden. Voor de gevolgen van deze afsluiting en de problemen die bij het beheer van deze bekkens ontstaan wordt verwezen naar Bannink (1979).

Literatuur

- Boheemen, P. J. M. van, 1977. *Het waterverbruik binnen de land- en tuinbouwgebieden in de droge zomer van 1976*. Nota ICW 975: 114 pp.
- Bots, W. C. P. M., Jansen, P. C. en Noordewier, G. J., 1978. *Fysisch-chemische samenstelling oppervlakte- en grondwater Noordwest-Nederland*. Regionale Studies ICW 13: 111 pp.
- Lijklema, L., 1978. *Theoretische aspecten van de samenhang tussen waterkwaliteit en -kwantiteit in oppervlaktewater*. H₂O (12) 1979, nr. 2, blz. 27.
- Rijkswaterstaat, 1968. *De waterhuishouding in Nederland*.
- Rijtema, P. E., 1974. *Te verwachten landbouwkundige gevolgen van de waterwinning in Oost-Gelderland*. Nota ICW 797: 20 pp.
- Steenvoorden, J. H. A. M., 1978. *Fosfaat- en stikstofbalans voor het oppervlaktewater in het Barneveldse Beekgebied*. Nota ICW 1080: 24 pp.
- Steenvoorden, J. H. A. M. en Oosterom, H. P., 1978. *Fosfaat- en stikstofbalansen van polders en beekgebieden*. H₂O (12) 1979, nr. 2, blz. 33.

● ● ●

● ● ●