

Speurwerk in de VS in verband met watervervuiling

Verslag van een Studiereis*)

Een overheersende faktor in de Amerikaanse activiteiten betreffende de milieu-problematiek vormt het eind 1970 door president Nixon ingestelde Environmental Protection Agency (EPA).

EPA coördineert de activiteiten op het gebied van watervervuiling, luchtvervuiling, vaste afvalstoffen, radio-actieve verontreiniging en verontreiniging met pesticiden.

Het hoofd van EPA, W. D. Ruckelshaus, is direkt verantwoordig verschuldigd aan de president en EPA is dan ook als een ad hoc in het leven geroepen milieu-ministerie te zien. EPA verwacht voor de totale bestrijding van milieuverontreiniging over de periode 1970 - 1975 een investering van \$ 108 miljard. Ziet men dit bedrag tegenover de investering van \$ 50 miljard over 10 jaar voor het ruimtevaartprogramma „man on the moon”, dan is het duidelijk dat de milieuproblematiek in de VS ernstig wordt genomen. Teneinde milieuverontreiniging effectief te kunnen bestrijden beschikt EPA over een apart lichaam, het Office of Enforcement and General Council waarvan het Office of Water Enforcement een belangrijke vestiging heeft in Cincinnati, Ohio.

Het Office of Water Enforcement draagt bewijsmateriaal aan voor een gerechtelijke vervolging van degenen die onrechtmatige lozingen in het oppervlaktewater plegen, waarbij veelal per stroomgebied van een rivier de toelaatbare kwaliteit van het effluent is vastgesteld. Het belangrijkste deel van het speurwerk in de VS op het gebied van waterverontreiniging is geconcentreerd in het Water Quality Office van EPA, waarin tien grote laboratoria, over het land verspreid, samenwerken.

Verschillende van deze laboratoria hebben een personeelsbezetting van 100 à 200 man en elk heeft zich op een bepaald terrein gespecialiseerd. Enige illustraties hiervan, hoewel onvolledig, zijn:

- Studies aan estuaria:
Pacific Northwest Water Laboratory, Corvallis, Oregon.

- Waterverontreiniging door de bodem:
Robert Kirr Water Research Laboratory, Ada, Oklahoma.

- Toxiciteit van verontreinigingen voor waterdieren:
National Water Quality Laboratory, Duluth, Minnesota.

- Microbiologische analyse methoden:
Robert A. Taft Water Research Center, Cincinnati, Ohio.

- Karakterisering organische stoffen:
Southeast Water Laboratory, Athens, Georgia.

Deze laboratoria vielen vroeger onder de bekende Federal Water Pollution Control Administration van het Department of the Interior.

Tevens dient het Office of Water Programs te worden vermeld dat van ongeveer 32.000 stations beschikt over kwaliteitsgegevens van het oppervlaktewater in de VS. De gegevens zijn opgeslagen volgens het STORET computer systeem. Van verschillende plaatsen bevat het systeem gegevens vanaf 1960.

Kwaliteit waterbronnen

In het algemeen vinden in Amerika de waterleidingbedrijven die oppervlaktewater als grondstof gebruiken zich voor minder grote kwaliteitsproblemen gesteld dan in Nederland. Een illustratie hiervan geeft tabel I waarin enige kwaliteitsparameters van Amerikaanse wateren worden vergeleken met die van de Rijn voor 1970. Vooral ten aanzien van het zoutgehalte, de trofiegraad en het gehalte aan microverontreinigingen waaronder reukstoffen, zijn er grote verschillen. Hierdoor kan bij de drinkwaterbereiding worden volstaan met een chloring, eenvoudige coagulatie en flocculatie gevolgd door snelfiltratie. Smaakproblemen zijn veelal effectief te bestrijden door dosering van enige milligrammen poederkool per liter vóór de coagulatie. Inschakeling van koolfilters, ozonisatie en spaarbekkens met verblijftijden van

TABEL II - Nodige gemiddelde jaardosis aan actieve kool bij de drinkwaterbereiding voor Chicago uit Lake Michigan

jaar	dosis actieve kool mg/l
1947	2,0
1957	2,9
1967	3,8
1970	1,3

meerdere weken, zoals in Europa steeds vaker nodig blijkt, is doorgaans overbodig.

Een bijkomend belangrijk verschijnsel sinds de laatste jaren is het verbeteren van de kwaliteit van het oppervlaktewater als gevolg van de strijd tegen de watervervuiling. Als voorbeeld hiervan is in tabel II de gemiddelde jaarlijkse dosis actieve kool gegeven nodig bij de bereiding van drinkwater voor de stad Chicago uit water van Lake Michigan. Sinds 1967 is hier een duidelijke verbetering opgetreden.

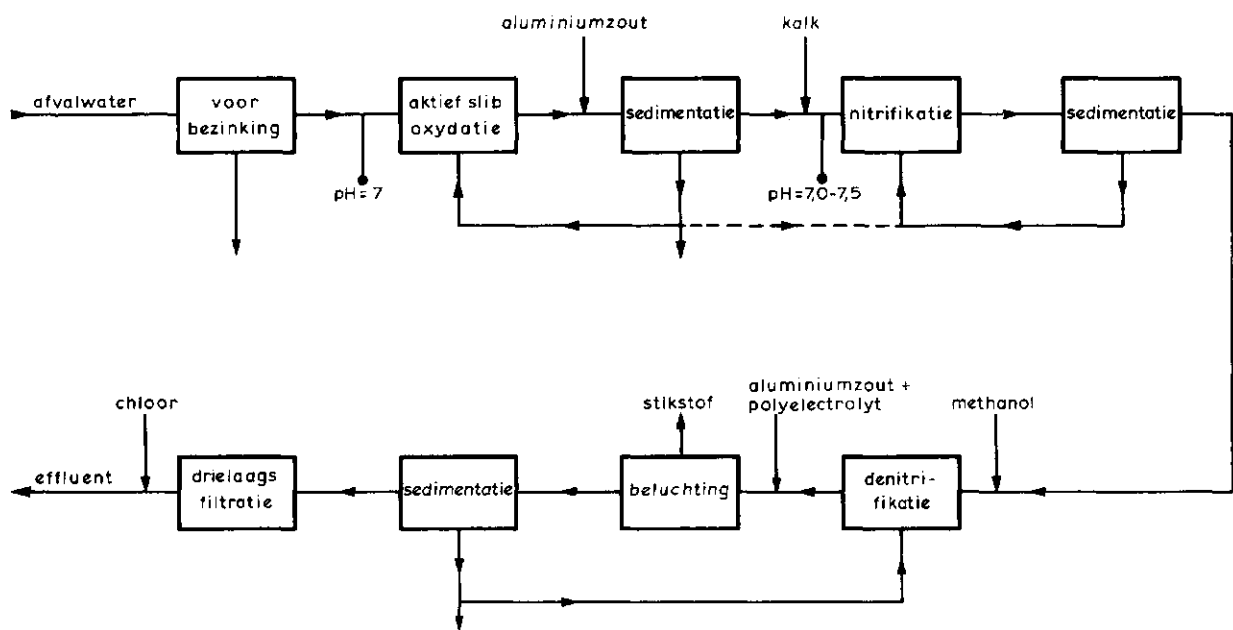
Wat de kwaliteit van de grote meren betreft doen zich vooral problemen voor in het kleine en ondiepe Lake St. Claire, gelegen tussen Lake Huron en Lake Erie, waar het hoge kwikgehalte van de vis een ernstige bedreiging vormt voor het intensieve gebruik als vis- en recreatiewater.

Grote kwaliteitsproblemen door verontreiniging met zouten doen zich voor bij de Colorado rivier, die voor enige miljoenen mensen een belangrijke irrigatie-functie vervult. Het zoutgehalte van ±2000 p.p.m. van deze rivier en het voorkomen op veel plaatsen van brak grondwater vormen sterke impulsen tot het intensieve Amerikaanse speurwerk-programma op het gebied van ontzouting. Dit programma, dat door het Office of Saline Waters van het Department of the Interior wordt geleid, omvat onder meer speurwerk op de volgende terreinen:

TABEL I - Vergelijking oppervlaktewater kwaliteiten voor 1970

Kwaliteits parameter 1970	Rijn te Vreeswijk- Amsterdam	Ohio te Tenneyson- Cincinnati	Potomac te Great Falls- Washington	Lake Michigan te Chicago
Chloride (mg/l)	134	30	13	8
Sulfaat (mg/l)	74	88	30	30
Fosfaat (mg/l)	0,35	0,03	0,07	0,04
Totale hardheid (meq/l)	4,8	2,7	2,1	< 2
BOD ₅ (mg/l)	5,9	1,6	2,5	< 1
Detergenten (mg/l)	0,12	< 0,01	0,03	< 0,02
Smaakgetal (grootte-orde)	50	5	5	5

*) Als Fellow van de Wereld Gezondheids Organisatie werd in verband met het chemisch-biologisch speurwerk t.b.v. de basisplannen voor de toekomstige openbare watervoorziening van Nederland een studiereis gemaakt in de Verenigde Staten van Amerika. De reis vond plaats van 13 september tot 17 oktober 1971. Reden tot de studiereis was het in Nederland ontwikkelde speurwerk ten behoeve van de drinkwatervoorziening te toetsen aan het Amerikaanse programma op dit gebied.



Afb. 1 - Geavanceerde afvalwaterzuivering volgens hoofdzakelijk biologisch principe.

Destillatie

- Combinatie van „Vertical Tube” verdamp(er) en „Multi Stage Flash” verdamp(er).
- Terugwinning van waardevolle mineralen uit de brine.

Omgekeerde osmose

- Nieuwe typen membranen o.a. op nylonbasis en sulfonamine-basis, met als doel langere levensduur of lagere kostprijs.

Uitvriezen

- Nieuwe hydratevormers zoals F-31 (CH_2ClF).

Kwaliteitsnormen oppervlaktewater

Bij het speurwerk ten behoeve van het opstellen van kwaliteitsnormen voor oppervlaktewater wordt ervan uitgegaan dat de functie van het water als milieu voor vissen en andere waterorganismen belangrijker is dan de functie als drinkwaterbron. De acute en chronische toxiciteitsproeven voor zware metalen en bestrijdingsmiddelen worden op het National Water Quality Laboratory te Duluth, Minnesota, dan ook alleen met waterdieren uitgevoerd. Dit onderzoek vindt sinds 1969 plaats en heeft reeds enige voorlopige resultaten opgeleverd. Zo geeft een concentratie aan kwik als methylkwikchloride van 0,5 p.p.b. binnen 4 weken 100 % sterfte bij *Gammarus*. Bij een concentratie van 0,3 p.p.b. kwik als methylkwikchloride wordt het toelaatbare kwikgehalte van 0,5 p.p.m. in weefsel van de beekforel in 2 maanden bereikt. Cadmium geeft sterfte van beekforel binnen 2 maanden bij een concentratie

van 6 p.p.b. Voor lood werd nog accumulatie in visweefsel geconstateerd bij een concentratie van 250 p.p.b. Een concentratie van 3 p.p.b. Arochlor-1254 (Monsanto), een sterk toxische PCB, geeft na 3 weken blindheid bij *Pimephales promelas*.

Voorlopig worden onder voorbehoud de volgende aanbevelingen voor toelaatbare concentraties in oppervlaktewater gedaan: PCB's kleiner dan 1 p.p.b., bij voorkeur kleiner dan 0,1 p.p.b., kwik als methylkwikchloride kleiner dan 0,1 p.p.b., cadmium kleiner dan 1 p.p.b. en lood kleiner dan 100 p.p.b.

Een voorbeeld van zeer sterke accumulatie is aangetroffen in Lake Michigan waar bij concentraties aan DDT lager dan 10 parts per trillion in 18 maanden deze stof tot 10 p.p.m., dus een faktor 10^6 , in het lichaamsvet van zalm werd geconcentreerd.

Bij het vaststellen van kwaliteitsnormen voor oppervlaktewater dient de aandacht zich vooral te richten op die toxische metalen waarvan de productie over de laatste decennia een sterke stijging vertoont, zoals kwik en cadmium en de persistente gechloroerde koolwaterstoffen.

Karakterisering organische vervuiling

De afgelopen jaren heeft in de USA bij de analyse van organische stoffen in water de toepassing van computers in combinatie met geavanceerde instrumentele technieken sterk de aandacht gekregen.

In dit verband is allereerst vermeldenswaard de „Gross Pyrolytic Analyzer”, die de laatste 3 jaar is ontwikkeld op het Southeast Water Laboratory, Athens,

Georgia in samenwerking met Rocketdyne, Division of North American Rockwell Corporation. Het instrument is geschikt voor het monitoren van specifieke organische lozingen in oppervlaktewateren. Het principe berust op een pyrolyse bij 650°C van de organische stof, afkomstig van een geïnjecteerd watermonster van 150 microliter, waarna de ontledingsproducten door een gasvloeistofchromatograaf, uitgerust met vlaminisatiedetector, worden gescheiden en gedetecteerd. Hierbij blijken steeds een zevental gelijke ontledingsproducten te ontstaan waaronder methaan, ethaan en etheen, evenwel in relatieve hoeveelheden die karakteristiek zijn voor het uitgangsmateriaal.

Door inschakeling van een integrator en een computer kan van de oorspronkelijk aanwezige stof worden nagegaan wat het gehalte was aan eiwitten, suikers en vetten. De methodiek is te zien als een zeer waardevolle verfijning van de bekende Total Organic Carbon analyse.

Toepassing van computers in combinatie met gaschromatografie-massaspektrometrie wordt bij de identifikatie van organische stoffen van groot belang geacht, niet alleen ter vereenvoudiging van de identifikatie maar vooral ook ter verhoging van de gevoeligheid door automatische correctie van de spectra voor het achtergrondsignaal.

Om dezelfde reden worden belangrijke toekomstige mogelijkheden gezien voor de combinatie gaschromatograaf-infraroodspectroscop-computer. Deze inschakeling van computers bij de analyse van organische stoffen in water levert een nieuwe doorbraak waardoor de betrouwbare identifikatie van nog kleinere

hoeveelheden organische stoffen mogelijk wordt gemaakt.

Wat het karakter van organische reukstoffen betreft heeft de ervaring van dr. A. A. Rosen (Office of Water Enforcement, Cincinnati, Ohio) geleerd dat naast de gronderig ruikende sesquiterpenen van biologische origine, de meeste reukstoffen in de Ohio afkomstig zijn van de synthetische organische industrie en de oxydatieve-petrochemische industrie.

Het concentreren van organische stoffen vindt op veel laboratoria nog plaats met de bekende kool-chloroform-extractie. Door A. K. Burnham e.a. van het Department of Chemistry, Iowa State University, Ames, Iowa, is voor een selectieve concentratie van weinig polaire organische stoffen uit water met succes gebruik gemaakt van de harsen XAD-2 en XAD-7 van Rohm and Haas, Philadelphia, Pa.

Een zeer interessante universele analyse-techniek voor reukstoffen is ontwikkeld door dr. A. Dravnicks (Odor Science Center, Illinois Institute of Technology, Chicago, Ill.). Hierbij worden reukstoffen uit de gasfase geadsorbeerd op Chromosorb-102, vervolgens overgevroren in een injectie-naald waarna injectie volgt in de gaschromatograaf.

Op dit Illinois Institute of Technology wordt tevens een geurverwijderings-systeem met actieve kool getest voor astronauten in een ruimtecapsule waarbij als teststoffen skatol, indol, valerianaanzuur en boterzuur worden gebruikt.

Afvalwaterzuivering en ozon

De zuivering van afvalwater, welke in de Verenigde Staten veelal intensiever en op grotere schaal plaats vindt

dan in Europa, zal in de komende jaren nog verder worden verbeterd teneinde te voldoen aan de scherpe kwaliteitseisen die voor elk stroomgebied zijn geformuleerd. Op vele plaatsen dient voor 1975 de tweefasige afvalwaterzuivering te zijn uitgebouwd tot een systeem dat stikstof- en fosforverbindingen vergaand verwijderd. Hiertoe is door EPA te Washington DC een proeffabriek gebouwd waar verschillende geavanceerde behandelingswijzen worden vergeleken. Een hoofdzakelijk biologisch zuiverings-systeem bestaat, naast de gebruikelijke eerste twee fasen en fosfaatverwijdering door coagulatie met aluminiumzouten, uit stikstofverwijdering door nitrifikatie en denitrifikatie waarbij ca. 30 p.p.m. methanol als koolstofbron wordt gedoseerd.

Afb. 1 geeft schematisch de procesgang weer. Het hier aangegeven systeem van stikstofverwijdering is op praktijkschaal reeds toegepast in Manassas, Virginia en wordt gebouwd in Washington DC. Het afvalwater van Washington, hoofdzakelijk huishoudelijk van aard, bevat na de in afb. 1 gegeven zuivering minder dan 1 p.p.m. organisch gebonden stikstof, 1 p.p.m. stikstof afkomstig van nitriet en nitraat, 0,1 p.p.m. fosfaat en bezit een BOD kleiner dan 5 p.p.m.

Een alternatieve zuiveringsmogelijkheid langs volledig fysisch-chemische weg, zoals in afb. 2, schematisch weergegeven, is in studie. Hierbij wordt in twee trappen gecoaguleerd in het sterk alkalische pH-gebied en wordt recirculatie van het calciumcarbonaat bezien. De stikstofverwijdering door breekpuntschloring wordt uitgevoerd met een contacttijd van 10 minuten onder intensief mengen.

Ten aanzien van het veelvuldig gebruik

van chloor bij de afvalwaterzuivering in de VS zijn recent enige vragen gerezen. Het National Water Quality Laboratory te Duluth, Minn. heeft aangetoond dat gechloreerd water met een totaal rest chloorgehalte van slechts 20 p.p.b. lethaal is voor bleekforel in 7 dagen. Naar aanleiding van deze waarneming is een uitgebreid onderzoek gaande waarbij de acute en chronische toxiciteit van gedesinfecteerd effluent voor meerdere waterorganismen wordt bepaald. De verschillende desinfectiemethoden bestaan uit chlooring, chlooring gevolgd door dechloring met SO_2 en ozonisatie. Tot nog toe is alleen bij het gechloreerde effluent een toxisch effect aangetoond.

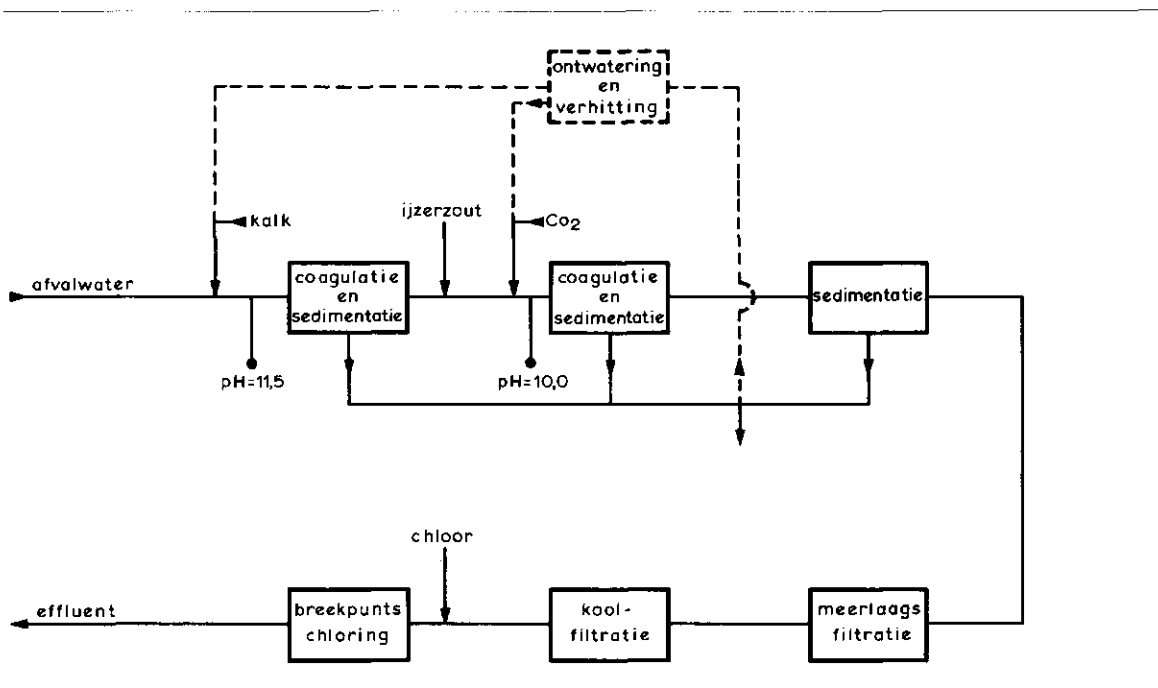
Niet alleen vanwege het toxische karakter van gechloreerd afvalwater is een stijgende belangstelling voor ozon te constateren. De milieuhygiënische risico's verbonden aan het opslaan en transporteren van steeds grotere hoeveelheden chloor maken het aantrekkelijk uit te zien naar alternatieve desinfectantia die op de plaats van toepassing op eenvoudige wijze kunnen worden vervaardigd.

In dit verband vormt ozon, mede gezien de andere eigenschappen van kleur- en smaakverbetering, een aantrekkelijk alternatief voor chloor.

Hergebruik

Gezien de strengere eisen die aan de kwaliteit van afvalwater worden gesteld en de hogere kosten die daardoor met het lozen zijn gemoeid, wordt het hergebruik van afvalwater voor industriële en huishoudelijke doeleinden steeds meer een zaak die moet worden overwogen. Een verschijnsel dat deze trend verder

Afb. 2 - Geavanceerde afvalwaterzuivering langs fysisch-chemische weg.



versterkt is het grote probleem van de verwerking van slib van afvalwaterzuiveringsbedrijven indien dit slib onder meer is verontreinigd met toxische metaalverbindingen.

De West-Southwest Treatment Plant van het Metropolitan Sanitary District of Great Chicago heeft een modelstudie op praktijkschaal opgezet, het Fulton County Project. Hierin worden de gevolgen van aanwending van slib als meststof bij de landbouw op de kwaliteit van het grond- en oppervlaktewater ter plaatse nagegaan. Het bedrijf, dat het grootste ter wereld is, ongeveer 1,5 miljard m³ afvalwater/jaar behandelt en 1100 ton vaste stoffen per dag produceert, ziet deze directe toepassing voor de land-

bouw als meest aantrekkelijke oplossing voor het probleem van de slibafvoer. Mocht uit de modelstudie blijken dat het afvalwater een te hoog gehalte bezit aan toxische verbindingen om het slib deze bestemming te kunnen geven dan zullen strengere lozingsnormen voor de industrie worden opgesteld.

Bij het terugwinnen van voor het watermilieu schadelijke maar voor de betreffende industrie waardevolle stoffen uit het afvalwater ligt voor het omgekeerde osmose proces een grote toekomst weggelegd.

Het hergebruik van afvalwater vormt enerzijds een uitdaging aan de technologie van de waterbereiding maar leidt

anderzijds bij aanwending als drinkwater tot een dermate grote potentiële bedreiging van de volksgezondheid dat een intensief speurwerkprogramma deze ontwikkeling dient te begeleiden.

Zonder een voorafgaande demonstratie van de hygiënische betrouwbaarheid van gerecirculeerd water aan de hand van onderzoek heeft de American Water Works Association in een verklaring van 29 juni 1971 zich vooralsnog tegen het toepassen van hergebruik bij de openbare watervoorziening uitgesproken.

Wat het speurwerk in dit kader betreft stelt de AWWA: „Such research and development is considered to be of greater national need than that now being directed to desalinization”.