

Waterverontreiniging en recreatie

De begrippen recreatie en waterverontreiniging

De combinatie van deze twee woorden is absurd: het zijn twee begrippen die in feite tegenover elkaar staan en moeilijk of niet te verenigen zijn. De beschrijving van deze tegenstellingen zal in dit artikel plaats vinden aan de hand van de volgende indeling:

1. Welke bijzondere eisen stelt recreatie, in het bijzonder waterrecreatie, aan het milieu.
2. Welke soorten recreatiewateren zijn er, en hoe luiden de normen daarvoor.
3. Welke soorten verontreinigende stoffen bestaan er.
4. Hoe is het gesteld met de kwaliteit van de grote rivieren en aangesloten wateren en wat zijn de consequenties daarvan voor het gebruik van recreatiewater.
5. Hoe is het gesteld met de kwaliteit van andere wateren in Nederland en wat zijn de consequenties daarvan voor het gebruik als recreatiewater.
6. Wat is bekend over het verontreinigend vermogen van recreanten en wat kan daartegen worden gedaan.

1. Welke bijzondere eisen stelt recreatie, in het bijzonder waterrecreatie, aan het milieu

Allereerst een paar woorden over het begrip recreatie. Dit kan zijn: het al of niet georganiseerd besteden van de vrije tijd aan iets anders dan dat, waarmee we gewoonlijk ons leven vullen, zoals het dagelijks werk. Dat andere kan in het ene uiterste bestaan uit (ander) werk, in het andere uiterste uit volkomen niets doen, met alle mogelijke variaties daar tussen. Doch het doel is gelijk: het in evenwicht houden van de menselijke geest, zodat deze in staat blijft een eventuele eentonigheid of spanning in het dagelijks leven aan te kunnen.

Dit vereist dat de indruk die het recreatiemilieu op de menselijke zintuigen resp. geest maakt, zeer positief zal moeten zijn. Aesthetica, én de wetenschap dat men met iets positiefs te maken heeft, spelen dan een grote rol. Niet in het minst als het recreatiemilieu buiten is gelegen, en met name als het met water te maken heeft.

Het water en zijn omgeving zullen dus aan hoge esthetische en kwaliteitsnormen moeten voldoen, willen zij naar behoren hun rol vervullen in het recreatief gebeuren, zowel letterlijk (fysische, chemische, bacteriologische en biologische geschiktheid) als figuurlijk (invloed op de menselijke geest).

2. Welke soorten recreatiewateren zijn er, en hoe luiden de normen daarvoor

Bij hantering van het begrip waterrecreatie dringt zich een verleidelijke indeling aan ons op, namelijk die van recreatie *aan*, *op* en *in* het water. Bij deze indeling bestaan er meer mogelijkheden, als het gaat om het opstellen van recreatieplannen en het stellen van normen, dan bij de simpele indeling „geschikt” of „ongeschikt voor recreatie”.

Bij recreatie *aan* het water valt de nadruk sterk op de voorzieningen en mogelijkheden langs en op de oever-

landen. Direct contact met het water zou met behulp van een juiste inrichting kunnen worden vermeden.

Bij recreatie *op* het water moet met name worden gedacht aan de pleziervaart. Ook deze is min of meer aangewezen op faciliteiten, aangebracht aan of op de oevers. Het is in de praktijk zeer moeilijk gebleken, bij deze vorm van recreatie het directe contact met het water uit te sluiten, dit blijft in feite theorie.

Onder recreatie *in* het water moet worden verstaan het baden en zwemmen. In het algemeen is deze vorm van recreatie aangewezen op de oevers van het betreffende water. Hierbij bestaat het directe contact met het water, dit is zelfs de bedoeling.

De eisen die aan de drie zojuist genoemde soorten recreatiewater worden gesteld, nemen in deze volgorde toe, vooral als het gaat om de waterkwaliteit.

De scheiding der recreatieve bezigheden met behulp van water is in de praktijk slechts in één opzicht vol te houden en wel door de volgende verdeling.

a. Er zijn wateren, die typisch dienst doen als transportwegen voor de scheepvaart, en/of als ontvangend water voor onontkoombare lozingen van al of niet gezuiverd afvalwater. Een voorbeeld wordt gevormd door de grote rivieren en scheepvaartkanalen. Het reeds plaats vindende gebruik van deze wateren brengt met zich mee, dat in het algemeen slechts recreatie aan en op het water kan worden toegestaan. De hiervoor bedoelde faciliteiten dienen zodanig te zijn, dat de recreatie in het water zoveel mogelijk wordt tegengegaan.

b. Er zijn wateren, waarvoor recreatieplannen en/of faciliteiten worden gemaakt of zijn uitgevoerd. In zulke wateren is de scheiding tussen recreatie aan, op of in het water nooit vol te houden. Als men de mensen naar een water toelukt door bijvoorbeeld de oeverzones in te richten, dan ontkomt men er in het algemeen niet aan dat het baden en zwemmen in de recreatieve bezigheden wordt opgenomen. Om deze reden doet men er goed aan, voor zulke wateren te rekenen op de strengste normen die ten aanzien van de waterkwaliteit worden gesteld: die van zwemwater.

Er bestaan vele normen en groepen van normen, die aan wateren kunnen worden gesteld, in afhankelijkheid van het gebruiksdoel. Rekening houdend met wat hierboven is opgemerkt, wordt een opsomming van normen in dit artikel beperkt tot twee groepen, en wel de volgende.

a. Normen, genoemd in de Memorie van Toelichting bij de komende Wet inzake de Verontreiniging van Oppervlaktewateren.

Deze luiden:

1. Het water moet geschikt zijn als grondstof voor de bereiding van drinkwater, dat tegen redelijke kosten kan worden gedistribueerd.
2. Het water moet als zodanig bruikbaar zijn voor industriële doeleinden.
3. Het water moet geschikt zijn als grondstof voor de bereiding van industriewater, waaraan niet zulke strenge eisen worden gesteld als aan leidingwater.

4. Het water moet als zodanig geschikt zijn als drinkwater voor vee, en als begietingswater voor land- en tuinbouw.
5. Het water moet zodanig van aanzien en samenstelling zijn, dat recreatie op het water zonder gevaar voor de volksgezondheid mogelijk is.
6. Het water moet zodanig van aard zijn, dat een behoorlijke visstand mogelijk is.

Gezien de gebruiksdoeleinden is het duidelijk, dat deze normen geënt zijn op het doel, dat voor de grote rijkswateren, bijvoorbeeld de grote rivieren, wordt nagestreefd. De nadruk wordt gelegd op het feit, dat alleen geschiktheid voor recreatie *op* het water wordt genoemd! Recreatie *in* het water, zoals baden en zwemmen, wordt daarmee buitengesloten. Bij de bespreking van de waterkwaliteit van de grote rivieren zal blijken, dat deze gedachtengang stoelt op de praktijk.

b. Normen voor zwemwater. Hiervoor zijn vele regels in omloop (geweest). Zij hebben betrekking op een aantal parameters, waarvan de volgende wel de belangrijkste zijn.

1. Helderheid. Ten behoeve van de esthetische waarde van het water (kleur, aanwezigheid van algen en/of slib), en van controle der zwemmers, dient zwemwater zo helder mogelijk zijn. In een bestaand oppervlaktewater zal men in het algemeen de tering naar de nering moeten zetten, aangezien de helderheid vaak beïnvloed wordt door hydrologische en biologische hoedanigheden, die niet zo eenvoudig te beïnvloeden zijn.

2. Hygiëne. Het water dient vrij te zijn van ziektekiemen, onder meer afkomstig van rioolwaterlozingen. Dit onderwerp zal elders in deze cursus worden besproken. Doch ten behoeve van de begripsvorming ontkomen we op deze plaats toch niet aan een korte uiteenzetting. In rioolwater kunnen meerdere groepen bacteriën worden onderscheiden.

Hiervan worden de volgende genoemd:

- de normale darmbewonende bacteriën, als zodanig niet ziekteverwekkend, en zeer massaal in rioolwater voorkomend (10^5 à 10^6 /ml). Hiertoe behoren de coliforme bacteriën.
- Ziekteverwekkende bacteriën, viren en andere micro-organismen. Deze zijn in het algemeen veel geringer in aantal, veel zeldzamer en minder resistent dan de zojuist genoemde coliforme bacteriën.

Combinatie van de genoemde verschijnselen heeft — reeds tientallen jaren geleden — geleid tot de volgende test: worden geen coliforme bacteriën meer aangetroffen (bepaald met behulp van de Eykmanproef bij 45°C), dan mag afwezigheid van ziekteverwekkende organismen worden verondersteld. In oppervlaktewater is de volkomen afwezigheid van coliforme bacteriën echter een illusie. Om deze reden is arbitrair vastgesteld, dat in oppervlaktewater, dat voor zwemmen geschikt wordt geacht, niet meer dan ongeveer 1 coliforme bacterie, bepaald met de gistingproef van Eykman bij 45°C , per milliliter mag voorkomen.

In ongezuiverd rioolwater zijn 10^5 à 10^6 van deze bacteriën aanwezig, in gezuiverd effluent ongeveer 10 % van deze waarde. Dit betekent dus dat het gehalte, bijvoorbeeld door verdunning, nog met een factor 10.000 à 1.000.000 zal moeten dalen om de zwemnorm te kunnen benaderen. Een dergelijke achteruitgang in aantal c.q.

verdunning van de met rioolwater geloosde bacteriën treedt in het algemeen slechts op een flinke *afstand* tot het lozingspunt, of een flinke *tijd* na het ogenblik van lozing op.

In recreatiewateren van beperkte omvang dient hieraan te worden tegemoetgekomen door de regel, dat deze wateren niet door rioollozingen mogen worden beïnvloed.

3. Welke soorten verontreinigende stoffen bestaan er

Verontreinigende stoffen boezemen een haast instinctieve afkeer in. Misschien is deze afkeer wel helemaal instinctief. Wanneer nuchter wordt nagegaan, waaruit een verontreiniging eigenlijk bestaat, en deze fysisch, chemisch en biologisch wordt omschreven, dan blijkt wel, hoeveel het „gevoel”, en het „idee”, te maken hebben met het begrip verontreiniging. Wat geenszins wil zeggen dat het verstand hierbij uitgeschakeld is. Aan de hand van de volgende indeling zullen de verschillende soorten verontreinigende stoffen worden besproken.

a. Zuurstofonttrekkende stoffen van huishoudelijke herkomst

Deze bestaan uit organische stof, in kleine en grote moleculen: bacteriën, vezels, celwandenmateriaal, tussenproducten en eindproducten van reeds plaats gehad hebbende afbraakreacties. Deze soort van stoffen hoort in het algemeen thuis in het biologisch milieu. Het is zelfs zo, dat wanneer deze stoffen in het water geraken, er vrijwel onvermijdelijk een afbraakorganisatie wordt ontwikkeld: bacteriën, schimmels, plankton en hogere dieren spannen zich in om de organische afvalstoffen te verwerken en als zodanig te elimineren. Op deze wijze wordt de materie in een biologische kringloop gehouden.

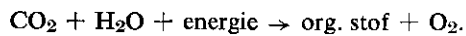
Deze groep van reacties kan worden aangeduid met het begrip „zelfreinigende werking van het water”. In zuurstofhoudend water ontwikkelt dit systeem zich op basis van het verbruik van zuurstof. Er zijn echter ook andere organismen die deze zuurstof nodig hebben, zoals vissen. Het zuurstofgehalte van water is o.m. afhankelijk van de temperatuur en bedraagt gewoonlijk 8 tot 11 mg/l. Daalt het gehalte tot beneden 5 mg/l, dan beginnen de vissen zich merkbaar slechter te voelen, doch zij kunnen het nog wel lang in zo'n milieu uithouden. Beneden een zuurstofgehalte van 3 mg/l komt aan hun uithoudingsvermogen een eind en kan op den duur vissterfte optreden.

De toevoer van organische afvalstoffen in een natuurlijk water is gewoonlijk zo laag, dat de belangen van andere dieren niet behoeven te worden geschaad door de zuurstofonttrekking als gevolg van de zelfreinigingsprocessen. Bij een lozing van afvalwater kan dit biologisch evenwicht in het water echter ernstig worden gestoord: de zuurstofonttrekkende afbraakreacties krijgen te veel voeding en kunnen daardoor, min of meer onontkoombaar, alle zuurstof in het water verbruiken. Zodra dit punt is bereikt — het geen zich uit in het optreden van o.a. vissterfte — verandert de biologische samenleving in het water totaal. Er komen micro-organismen tot ontwikkeling, welke thuishoren in een zuurstofarm tot zuurstofloos milieu. Deze organismen breken de organische afvalstoffen nog wel af, doch zij halen hun energie uit geheel andere processen dan die waarbij zuurstof als uitgangspunt dienst deed. Sommige soorten bacteriën zetten nitraten om in gasvormige stikstof. Andere redu-

ceren sulfaten tot zwavelwaterstof, dat als stinkend gas ontwijkt, en als giftige stof in het water vele organismen kan doden. Weer andere zetten sommige organische stoffen om in methaan, dat als „moerasgas” aan de lucht ontwijkt. Door al deze processen krijgt het water een weerzinwekkend aanzien — zo stuwt het zich ontwikkelende gas bodemslib naar het wateroppervlak — en veroorzaakt door zijn stank veel hinder in de omgeving.

Zuurstof behoeft niet alleen te worden verbruikt, het kan ook worden aangevuld. Hiervoor kunnen twee processen worden genoemd: reaeratie en koolzuurassimilatie. Reaeratie is een fysisch proces, dat bestaat uit het oplossen van zuurstof uit de lucht in het water, via het wateroppervlak. De evenwichtsconcentratie in het water bedraagt de eerdergenoemde 8 à 11 mg/l, welke waarde afhankelijk is van de temperatuur. Daalt het gehalte in het water tot een waarde lager dan deze z.g. verzadigingswaarde, dan vindt reaeratie plaats. De snelheid hiervan is afhankelijk van een aantal factoren: o.a. temperatuur, zuurstofonderverzadiging, stromingstoestand van het water en stromingstoestand van de lucht.

De tweede belangrijke zuurstofbron bestaat uit de koolzuurassimilatie, door groene algen, wieren en waterplanten, volgens de bekende reactie:



Bij een evenwichtig optreden levert deze reactie een zeer waardevolle bijdrage aan het zuurstofgehalte van het water. Bij de bespreking van de bemestende zouten zal echter blijken, dat er ook nadelen aan verbonden zijn.

Het verloop van de afbraakreactie van organische stof met behulp van zuurstof is voor een biologische reactie zeer regelmatig. Zo regelmatig zelfs, dat hij kan worden geacht aan zekere wetmatigheden te zijn onderworpen en dat er een analyse op is gebaseerd teneinde het gehalte aan zuurstofonttrekkende organische stof in het water te bepalen. Door standaardisatie van de proefuitvoering (temperatuur 20° C, tijdsduur 5 dagen, geen toetreding van licht en lucht, aanvangszuurstofgehalte ongeveer gelijk aan de verzadigingswaarde) wordt gekomen tot het begrip BOD₅ (Biochemical Oxygen Demand in 5 dagen). Deze term wordt gehanteerd als een maat voor de verontreiniging.

b. Zuurstofonttrekkende stoffen van industriële herkomst

Deze industrie kan bestaan uit chemische industrie en uit industrie gebaseerd op de verwerking van landbouwproducten en voedingsmiddelen. Het zal duidelijk zijn, dat de afvalstoffen van de laatstgenoemde groep ongeveer van dezelfde aard zijn als huishoudelijke afvalstoffen en derhalve analoge reacties in het water oproepen.

De zuurstofonttrekkende afvalstoffen van chemische industrieën zijn in het algemeen laagmoleculair: alcoholen, lagere en hogere vetzuren, derivaten van deze stoffen en aromatische verbindingen. De biologische afbreekbaarheid hiervan kan zeer goed zijn.

Dit soort industriële afvalstoffen behoeven dus geen nadeliger invloed op het watermilieu uit te oefenen dan huishoudelijke afvalstoffen, ware het niet, dat zij veelal in kwantiteiten ter beschikking komen, welke het verontreinigend vermogen van vele steden en dorpen vele malen overtreffen.

c. Bemestende zouten

Hieronder moeten worden verstaan: fosfaten en stikstofverbindingen. Fosfaten komen voor als vrij orthofosfaat (PO₄⁻-ion), in complexe organische moleculen en als polyfosfaten, gebruikt als wateronthardingsmiddel in synthetische zeep. Alle vormen kunnen min of meer slecht oplosbare verbindingen of complexen aangaan met ijzer- en calcium-ionen of -hydroxyden. Stikstofverbindingen komen voor als aminen in organische afvalstoffen, als ammonium-ion en als nitieten (NO₂⁻) en nitraten (NO₃⁻), welke laatste twee door bacteriële omzettingen met behulp van opgeloste zuurstof uit het ammoniumion kunnen worden gevormd. Zowel fosfaten, ammoniumverbindingen als nitraten worden als kunstmest gebruikt en worden door het regenwater uit de grond uitgelooft en naar het oppervlaktewater afgevoerd.

De bemestende zouten hebben in het water eenzelfde werking als op het land: de groei van allerlei organismen, met name groene algen, wieren en waterplanten, wordt er sterk door bevorderd. De groei van deze organismen wordt in het algemeen beperkt door de lage concentraties aan juist deze stoffen. Zijn deze in overvloedige mate aanwezig, d.w.z. fosfaten in een concentratie van meer dan ca. 0,1 mg/l en stikstof in een concentratie van meer dan ca. 1 mg/l, dan kan de groei van vooral groene algen onafwendbaar voortgaan tot zeer dichte populaties zijn bereikt en het water grasgroen ziet („algenbloei”).

Bemestende zouten worden in de gangbare rioolwaterzuiveringsinstallaties in relatief geringe mate verwijderd:

	BOD ₅	N	PO ₄
produktie per mens per dag	54 g	10 g	5 g
verwijdering in r.w.z.i.	80-95 %	50-70 %	30-50 %

De orde van grootte van de bemesting, veroorzaakt door de lozing van huishoudelijk afvalwater, is dus gelijk, of dit nu gezuiverd wordt of niet.

Op deze plaats zal niet verder worden ingegaan op de finesses betreffende de planktonwereld in het water. Doch wel moeten de gevolgen van een al te grote ontwikkeling van groene algen voor de waterkwaliteit worden besproken.

De hiermee gekoppelde grote zuurstofproductie kan natuurlijk veel waarde hebben. Indien de produktie zo groot is dat het water oververzadigd raakt en de overmaat zuurstof aan de lucht afgeeft, is deze waarde echter zeer betrekkelijk. De zuurstofconsumptie van de algen, benodigd voor de eigen energiebehoefte, is uiteraard ook groot. Overdag is dit niet hinderlijk: zij produceren het zelf. Doch 's nachts kan het verbruik zo overheersend zijn, dat het zuurstofgehalte van het water daalt tot zeer lage waarde. Deze labiliteit kan funeste gevolgen hebben voor diverse groepen aquatische organismen.

Ook moet worden gesteld, dat algen eens afsterven en dan, als organische stof, ongeveer evenveel zuurstof vragen om te worden opgeruimd, als zij bij hun ontstaan hebben geproduceerd: de eerdergenoemde koolzuurassimilatiereactie verloopt nu precies andersom. Om deze reden kan het over-all-effect van de opbloei van groene algen dus nihil worden genoemd. Indien de afsterving massaal geschiedt, kan de zuurstofonttrekking door de grote hoeveelheid organische stof zo groot zijn, dat het water zuurstofloos wordt, met alle gevolgen van dien. Het over-all-effect van de opbloei van groene algen moet dan zelfs negatief worden genoemd.

d. *Inerte zouten*

Hiermee worden bedoeld de zouten welke in vrij lage concentraties (enkele honderden mg/l) nog geen duidelijke invloed hebben op de aquatische samenleving. Het zijn voornamelijk de zouten der alkalimetalen: Na, K, Ca, Mg en der meest gangbare zuren: H_2CO_3 , HCl, H_2SO_4 . De voornaamste bezwaren van de aanwezigheid van deze zouten treden op bij de bereiding van drinkwater en bij het gebruik als bevoeiingswater in land- en tuinbouw.

De grootste hoeveelheden van deze zouten zijn afkomstig van lozingen van industrieën. De daardoor geloosde hoeveelheden kunnen dermate groot zijn, dat de zojuist genoemde bezwaren tot regelrechte problemen kunnen uitgroeien (bv. de lozingen der Franse en Duitse industriegebieden in de Rijn).

e. *Stoffen welke de pH in het water veranderen*

Hieronder moeten worden verstaan een aantal zuren en logen, welke als afvalstoffen bij diverse soorten chemische industrieën vrijkomen. De zuren zijn gewoonlijk zwavelzuur of zoutzuur, de logen bevatten veelal natriumhydroxyde of calciumhydroxyde.

De pH van oppervlaktewater varieert tussen 6,5 en ongeveer 9. De laagste waarde heerst in zure veenwateren, de hoogste in wateren waarin algenbloei optreedt (eliminatie van koolzuur). Gemiddeld, bv. in de grote rivieren, heeft het water een pH van ongeveer 7,5. Het bufferend vermogen van oppervlaktewater is vrij groot. Wordt 0,5 milli-equivalent zuur — resp. loog — toegevoegd, dan daalt resp. stijgt de pH nog niet buiten de natuurlijke grenzen. Zonder bufferend vermogen zou hij overgaan in een waarde van 3,3 resp. 10,7. Het bufferend vermogen is groter naarmate een sterkere verontreiniging van het water heeft plaatsgevonden. Zo circuleert het bericht, dat de — zeer schone — Zweedse wateren langzaam verzuren, hetgeen nadelig voor de forellenstand wordt geacht. De verzuring wordt toegeschreven aan het toenemend SO_2 -gehalte van de lucht, afkomstig van de grote Westeuropese industriegebieden.

f. *De matig giftige stoffen*

In deze categorie worden ingedeeld de stoffen, welke ten aanzien van aquatische organismen, o.a. vissen, een directe toxiciteit bezitten bij een concentratie van 10 tot 100 mg/l. Een lozing van deze afvalstoffen in geconcentreerde vorm in een oppervlaktewater van enig formaat kan al snel tot genoemde waarde worden verdund ($1000\text{ g/l} \rightarrow 100\text{ mg/l}$, factor 10.000 x).

De herkomst van deze afvalstoffen is gelegen in de chemische industrie. De gevolgen van de lozing voor de waterkwaliteit zijn afhankelijk te stellen voor de onderlinge verhoudingen (volumina lozing tegenover volumina oppervlaktewater). Voorbeelden zijn: acrylonitril, benzoëzuur, acetaat-esters, looizuur, formaline, enkele alcoholen, sulfiet, chromaat, zwavelkoolstof, pikrinezuur, kobalt, nikkel.

Opgemerkt zij, dat stoffen die qua giftigheid in deze categorie vallen, andere effecten kunnen hebben die reeds bij veel lagere concentraties merkbaar zijn. Hiertoe kan bv. het smaakbederf bij vissen behoren.

g. *De echt giftige stoffen*

Hiertoe behoren de stoffen, welke in een concentratie

van 0,1 tot 10 mg/l een directe toxiciteit bezitten ten aanzien van aquatische organismen zoals vissen. Voor deze stoffen is zelfs in grote rivieren nauwelijks of geen verdunnend vermogen genoeg aanwezig om lozingen van enig formaat te verwerken, er moet dan op merkbare vergiftige zones worden gerekend ($1000\text{ g/l} \rightarrow 1\text{ mg/l}$, factor 1.000.000 x).

De herkomst van deze stoffen is gelegen in de chemische en metaalverwerkende industrie. Zij kunnen in twee grote groepen worden onderverdeeld:

— organische verbindingen, bv. aniline, benzaldehyde, benzeen, p-chinon, hydrochinon, nitroverbindingen, fenolen enz.;

— zware metalen: Fe, Zn, Cu, Pb, Cd, Hg, enz.

Voor de zojuist genoemde organische verbindingen, overwegend van aromatisch karakter, geldt in versterkte mate dat zij naast hun giftige werking, ook in sublethale concentraties reeds nadelige eigenschappen hebben. Zo kunnen sommige dezer verbindingen in een 100- à 1000-voudig lagere concentratie ongewenst zijn doordat zij smaakbederf bij vissen veroorzaken.

h. *De zeer sterk giftige stoffen*

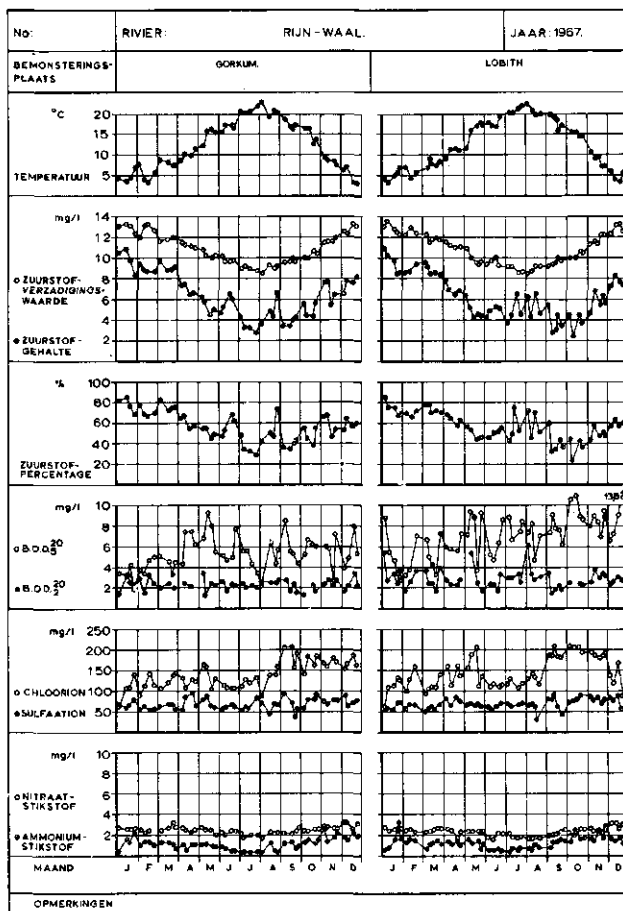
Hiertoe worden gerekend alle stoffen, die in een concentratie kleiner dan 0,1 mg/l direct giftig zijn voor aquatische organismen, met name vissen.

Tot deze groep behoren voornamelijk de chemische bestrijdingsmiddelen. Deze zijn ontwikkeld en geselecteerd op basis van hun dodelijkheid. Zij bestaan veelal uit een organische molecuul, waarin Cl, P, S en/of metalen zijn opgenomen. De molecuulopbouw is vaak zo onnatuurlijk, dat de afbraak in het natuurlijk milieu, waarin toch een zeer grote verscheidenheid van enzymatische afbraakreacties ter beschikking staat, slecht of vrijwel niet plaats kan vinden. Ook deze eigenschap, de zg. persistentie, heeft bij de ontwikkeling van deze soort van stoffen een rol gespeeld.

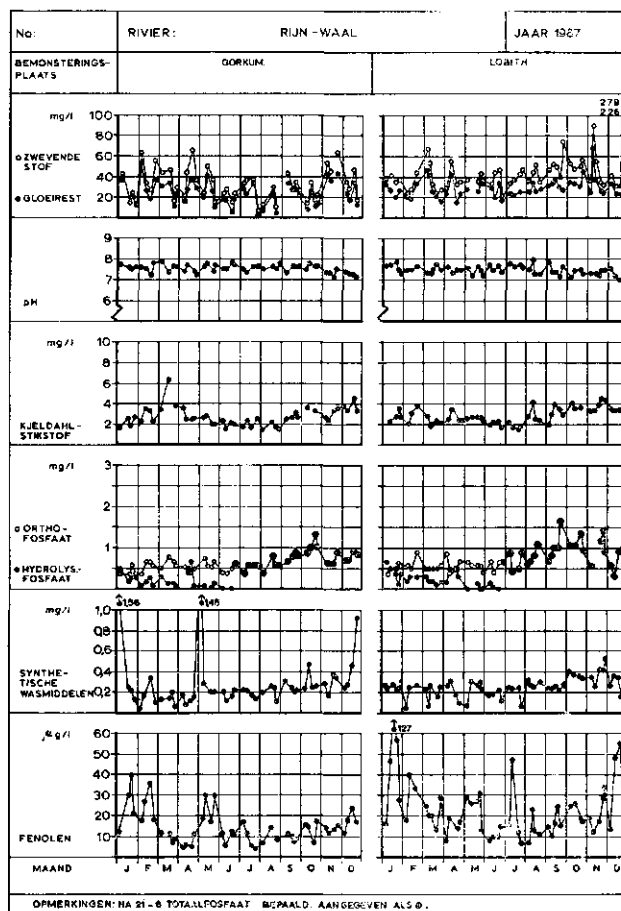
Sommige groepen bestrijdingsmiddelen, waaronder de gechlorideerde koolwaterstoffen als bekendste, lossen beter op in vet dan in water. Om deze reden worden zij door de micro-organismen, o.a. plankton, als het ware uit het water geëxtraheerd. Lagere organismen dienen als voedsel voor hogere. Het rendement in het lichaamsgewicht is hierbij enkele tientallen procenten, doch de gechlorideerde koolwaterstoffen kunnen nagenoeg kwantitatief in het vet (-achtige) weefsel van de hogere organismen worden opgeslagen. Worden op deze wijze enkele trappen in de voedselketen gepasseerd, dan kunnen aan het einde daarvan (vissen, visetende vogels en dieren) concentraties worden bereikt die fatale gevolgen kunnen hebben (directe vergiftiging, vermindering van het voortplantingsvermogen).

Door deze eigenaardigheden is het voorkomen van deze soort van stoffen in oppervlaktewater als een zeer hachelijke zaak te beschouwen. De herkomst moet worden toegeschreven aan lozingen van afvalwater van de producerende en verwerkende industrie enerzijds en aan het afvloeien van overtollig water uit gebieden waar deze stoffen worden toegepast, anderzijds.

De eerste bron kan worden bestreden, en dit gebeurt ook, al zijn de maatregelen kostbaar. Doch gezien de aard van de tweede bron, is het de vraag in hoeverre het uiteindelijke resultaat bevredigend kan zijn.



Afb. 1 - Chemische hoedanigheid van het Rijnwater in 1967.



Afb. 2 - Chemische hoedanigheid van het Rijnwater in 1967 (vervolg).

4. Hoe is het gesteld met de waterkwaliteit van de grote rivieren en aangesloten wateren, en wat zijn de consequenties daarvan voor het gebruik als recreatiewater

De term „waterkwaliteit” heeft geen zelfstandig bestaan. Hij kan worden gekarakteriseerd door een aantal gegevens, bv. analyseresultaten, welke tesamen een beeld geven dat aan het bedoelde begrip beantwoord. Ook de uitdrukking „goede” of „slechte kwaliteit” vormt geen zelfstandig begrip; dit is integendeel altijd relatief, bv. in vergelijking met andere wateren, of in vergelijking met hetzelfde water na een bepaalde zuivering.

De karakteristieken welke voor het aangeven van de waterkwaliteit worden gebruikt, zijn afhankelijk van het doel en kunnen dus nogal variëren. Bij het RIZA zijn hiertoe in gebruik: temperatuur, zuurstofgehalte en -verzadigingspercentage, BOD₂ (als steun voor de BOD₅), BOD₅, ammonium-ion, nitraat-ion, Kjeldahl-stikstof, fosfaat-ion, hydrolyseerbaar fosfaat (polyfosfaat), totaal-fosfaat, fenolen, synthetische detergenten, zwevende stof, gloeiërest der zwevende stof, chloor-ion, sulfaat-ion, de pH; het aantal Eykman-vergisters bij 45° C, het aantal MacConkey-vergisters bij 37° C, de titer aan Streptococcus faecalis, het kiemgetal bij 20° C en tenslotte het kiemgetal bij 37° C.

Zoals uit het jaarverslag van dit instituut over 1965 blijkt, worden deze analyses verricht in watermonsters, verzameld op een 35-tal punten gelegen langs alle takken van

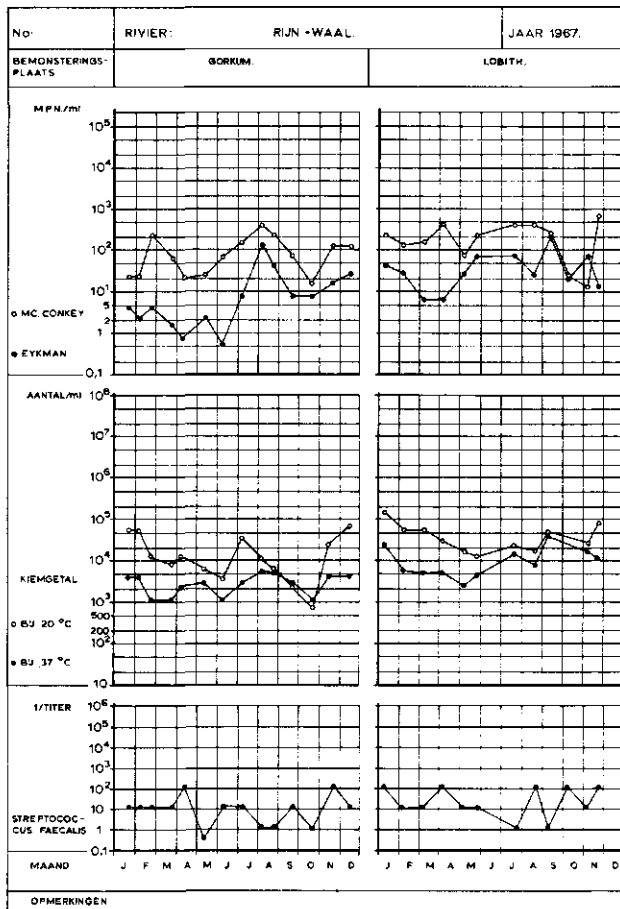
de Rijn en langs de Maas. De frequentie van het onderzoek varieert van eenmaal per maand tot eenmaal per week, afhankelijk van analyse en plaats.

Op deze wijze zijn een groot aantal waarnemingen verzameld, welke een vrij betrouwbaar beeld opleveren betreffende de waterkwaliteit in deze rivieren. Het cijfermateriaal zal in de vorm van RIZA-mededelingen worden gepubliceerd. Een voorbeeld treft u aan in de afb. 1, 2 en 3, waarin alle waarnemingen zijn vermeld, die van de Rijn te Lobith en Gorinchem over het jaar 1967 zijn verzameld.

Een vollediger inzicht wordt gegeven in tabel I. Hierin zijn vermeld de gemiddelde waarden van alle gegevens, betreffende het zomerseizoen (21 juni-20 september) en het winterseizoen (21 december-20 maart), over de jaren 1958 t/m 1967. De bemonsteringsplaatsen zijn: Gorinchem voor de Rijn en Keizersveer voor de Maas. De benedenlopen van beide rivieren staan de laatste jaren, in verband met de plannen tot winning van drinkwater, in het brandpunt van de belangstelling.

De gelegenheid ontbreekt om op deze plaats diep in te gaan op de betekenis van de gegeven karakteristieken. Een groepsgeblijve bespreking van de voor recreatiewateren belangrijkste gegevens mag echter niet achterwege blijven.

a. Het zuurstofgehalte van het Rijnwater is laag tot zeer laag; vooral in de zomer worden kritische waarden als 5 mg/l en 3 mg/l vaak onderschreden. Het ge-



Afb. 3 - Bacteriologische hoedanigheid van het Rijnwater in 1967.

halte aan BOD₅ is daarentegen, vooral in de zomer, vrij hoog. In deze situatie kan verbetering worden gebracht door het treffen van uitgebreide zuiveringsmaatregelen.

Dit dient niet alleen in ons land, doch in alle landen in het stroomgebied van de Rijn te geschieden. Dit internationale aspect maakt deze zaak niet eenvoudig. Doch mede als resultaat van veeljarig overleg wordt de noodzaak tot maatregelen langzamerhand overal ingezien en zijn deze laatste in uitvoering of in voorbereiding.

Het zuurstofgehalte van de Maas laat nog niet veel te wensen over. Doch de hoge waarde der BOD₅, vooral in de zomer, moge een waarschuwing zijn dat het met de kwaliteit van de Maas toch niet zó florissant gesteld is.

b. De gehalten aan bemestende zouten, zowel van het Rijnwater als van het Maaswater, zijn zeker hoog genoeg om algenbloei te geven. Deze treedt in de Maas, in perioden met lage rivierafvoer en veel zonneschijn, dan ook wel degelijk op. In de Rijn is dit nog niet het geval, hetgeen vermoedelijk moet worden toegeschreven aan het feit, dat deze altijd stromende rivier een hoog slibgehalte en dus een geringe lichtdoorlatendheid bezit, wat een remmende invloed kan hebben op de ontwikkeling van de algen. Wordt Rijnwater ergens ingelaten en komt het daar tot rust, dan treedt wel algenbloei op. Het Brielse Meer is daarvan een voorbeeld. Ook in het IJsselmeer wordt het verschijnsel bij windstil, warm en zonnig weer dikwijls waargenomen. Deze mate van eutrofiëring der grote rivieren is niet eenvoudig terug te brengen. Dit

TABEL I - Gegevens over de waterkwaliteit van de Rijn te Gorinchem en de Maas te Keizersveer, in de vorm van gemiddelde waarden voor de zomers en de winters van 1958 t/m 1967.

Waarneming	zomer		winter	
	Rijn	Maas	Rijn	Maas
rivierafvoer m ³ /sec.	2010	160	2660	560
temperatuur °C	19,1	18,6	4,5	4,7
O ₂ in mg/l	4,2	7,5	8,7	11,4
O ₂ in % verzadiging	46	80	67	88
BOD ₅ mg/l	6,1	6,3	4,6	3,7
fenolen µg/l	11	8	28	10
detergenten mg/l	0,26	0,36	0,50	0,25
NH ₄ ⁺ - N mg/l	1,2	0,7	2,2	1,5
NO ₃ ⁻ - N mg/l	2,2	3,5	2,6	2,4
PO ₄ ⁻ mg/l	0,33	0,36	0,44	0,40
polyfosfaat mg/l	0,60	0,50	0,43	0,43
Cl ⁻ mg/l	142	63	146	37
SO ₄ ⁻ mg/l	77	62	82	46
pH	7,5	7,8	7,5	7,8
zwevende stof mg/l	43	30	40	40
coliformen Eykman 45° C	6	6		
coliformen McConkey 37° C	70	70		
S.faecalis	7	2		
kiemgetal 20° C	10.000	10.000		
kiemgetal 37° C	2.000	2.000		

(de laatste vijf waarnemingen in aantal bacteriën per ml opgegeven als gemiddelden van alle waarnemingen over het jaar 1967).

vereist nieuwe zuiveringsmethoden, waarover elders in deze cursus zal worden gesproken. Ook hier geldt weer, dat slechts maatregelen, in internationaal verband genomen, zullen kunnen helpen. Daardoor wordt deze toch al kostbare aangelegenheid extra moeilijk. Een belangrijk gedeelte van de fosfaten is echter niet afkomstig van de onvermijdelijke huishoudelijke activiteiten, doch vindt zijn oorsprong in het gebruik als wateronthardingsmiddelen in synthetische zeep en als min of meer gemakkelijk oplosbare kunstmest op het land. Het verdient aanbeveling om te trachten, deze gewoonten op een doeltreffende manier te wijzigen, alvorens op grote schaal wordt overgegaan op echte zuiveringsmaatregelen.

c. Het gehalte aan coliforme bacteriën, bepaald met de

Eykmanproef bij 45° C, is duidelijk hoger dan in de eerder genoemde norm voor zwemwater (ongeveer 1 per ml) is toegestaan. Bij een toewijzing van de functie van ontvangend water voor al dan niet gezuiverd rioolwater, aan de grote rivieren — een functie die in het algemeen onontkoombaar is — behoeft dit geen verwondering te wekken.

Door middel van aanvullende zuiveringsmaatregelen, bv. chlorering van het effluent, is hieraan wel wat te doen, doch het veelomvattende van de maatregelen (mogelijk zelfs internationaal) maakt toepassing voor de lozingen op de grote rivieren bepaald discutabel. Het idee van de functie als ontvangend water voor afvalwater wordt daarmee toch niet weggenomen.

De conclusie betreffende de kwaliteit van het water in de grote rivieren — en de daarmee direct gevoede wateren — dient derhalve te zijn, dat dit water uit esthetisch en hygiënisch oogpunt niet geschikt is voor gebruik als zwemwater. Gezien de kosten en de complicaties van de ter verbetering te nemen maatregelen, ziet het er niet naar uit dat deze geschiktheid in de nabije toekomst zal toenemen.

Bij het opzetten van recreatieplannen in het gebied der grote rivieren — hetgeen overigens zeer aan te bevelen is — dienen zwemmers en baders van het rivierwater te worden afgeleid door het aanbod van zwembaden waarin de waterkwaliteit kan worden beheerst. Het rivierwater zelf dient alleen als transportmedium voor pleziervaart te worden beschouwd.

5. Hoe is het gesteld met de kwaliteit van de andere wateren in Nederland, en wat zijn de consequenties daarvan voor het gebruik als recreatiewater

Het is uiteraard onmogelijk om binnen het bestek van één artikel in te gaan op de diverse bijzonderheden betreffende de waterkwaliteit van alle oppervlaktewater van Nederland. Toch zijn een aantal generaliserende opmerkingen te maken, aan de hand waarvan een lokale situatie, op basis van aldaar verrichte analyses, kan worden beoordeeld. Deze beoordeling kan plaats vinden aan de hand van hetgeen hierboven over de waterkwaliteit in de grote rivieren is gezegd.

a. Het zuurstofgehalte. Dit kan plaatselijk sterk nadelig worden beïnvloed door lozingen van afvalwater, doch wateren waarin geen lozingen plaats vinden, geven in het algemeen geen reden tot klagen, althans in dit opzicht. Door het nemen van adequate zuiveringsmaatregelen kan een ongunstige situatie sterk worden verbeterd, dit is hier een eenvoudiger zaak dan bij een grote, stromende, door talloze lozingen verontreinigde rivier.

De nadruk wordt echter gelegd op het feit, dat het effluent van een rioolwaterzuiveringsinstallatie, zonder in het ontvangende water een zekere verdunning te ondergaan, aanleiding kan geven tot het ontstaan van zuurstofloze toestanden.

b. De eutrofiëring. De meeste Nederlandse oppervlaktewateren zijn te rijk voorzien van bemestende zouten, waardoor overmatige groei van algen, wieren, kroos en hogere waterplanten kan optreden. Zoals eerder gezegd, wordt door het nemen van zuiveringsmaatregelen volgens conventionele methoden in dit opzicht weinig bereikt. Een bijzonderheid is nog, dat vele der wateren, direct of indirect, worden gevoed met Rijnwater, dat reeds een aanzienlijke hoeveelheid bemestende zouten bevat. In poldergebieden en landbouwstreken moet de bron van herkomst voor een belangrijk deel worden toegeschreven aan het gebruik van kunstmest. Indien echter bewezen is, dat een lozing van al of niet gezuiverd huishoudelijk afvalwater de oorzaak vormt, kan door het nemen van bijzondere zuiveringsmaatregelen — waarover elders in deze cursus wordt gesproken — lokaal veel worden bereikt.

c. De hygiëne. Het gehalte aan rioolbacteriën van een oppervlaktewater van kleiner formaat wordt niet alleen beïnvloed door lozingen van steden en dorpen, doch ook de lozingen van kleinere woongemeenschappen, losse huizen en bv. woonschepen, kunnen hiertoe een merkbare bijdrage leveren. Een voordeel is, dat de bacteriën na verloop van tijd afsterven, zodat de bacteriële verontreiniging vrijwel altijd een lokaal karakter heeft — al kan de „bedorven” oppervlakte aanzienlijke afmetingen hebben. Door de afsterving der bacteriën is het gevaar, dat streken welke indirect met Rijnwater worden gevoed, door uit de Rijn afkomstige bacteriën worden besmet, zeer gering te achten.

Het nemen van bijzondere zuiveringsmaatregelen, zoals chlorering van afvalwater — wat elders in deze cursus

wordt besproken — kan lokaal veel verbeteringen brengen.

Er zijn dus diverse kanten aan het verontreinigingsprobleem. Indien een plan wordt opgesteld, waarin van een bestaand oppervlaktewater een voor zwemmen geschikt recreatiewater moet worden gemaakt, dienen al deze facetten te worden bestudeerd. Onder meer de volgende vragen spelen hierbij een rol.

Hoe is het gesteld met de samenstelling („kwaliteit”) van het desbetreffende water? Hoe is de hydrografische situatie? Vanuit welke wateren wordt het onderhavige water gevoed, hetzij direct, hetzij indirect? Hoe is het gesteld met de samenstelling van dat voedingswater? Vinden er lozingen plaats? Hoe zinvol is het om zuiveringsmaatregelen te nemen, om het gezuiverde effluent te ontdoen van de bemestende zouten, om het te desinfecteren, alles in vergelijking tot de kwaliteit van het ingelaten water?

Hoe staat het met het gebruik van kunstmest op de aanliggende gronden? Wat zal de produktie van afvalwater zijn, van de verwachte recreanten zelf? Welke maatregelen kunnen daartegen worden genomen? En zelfs bij de mogelijkheid van een technisch volmaakte uitvoering: blijft het idee van de lozing van een vergaand gezuiverd afvalwater, in een recreatiewater, acceptabel?

Indien nu wordt teruggegrepen naar hetgeen in hoofdstuk 1 is gesteld, dan is waarschijnlijk de beste benadering voorlopig nog deze, dat eerst wordt getracht afvalwater of effluent daarvan buiten de aangewezen recreatiewateren te lozen. Slechts indien dat om een of andere reden niet mogelijk of niet zinvol is, zou kunnen worden overgegaan tot het nemen van ver doorgevoerde zuiveringsmaatregelen ter plaatse.

6. Wat is bekend over het verontreinigend vermogen van recreanten, en wat kan daartegen worden gedaan

In het vorige hoofdstuk is het verontreinigend vermogen van de recreanten reeds aan de orde geweest.

Het kwalitatieve aspect hiervan behoeft weinig toelichting. Wat zijn eigenschappen betreft, is het van recreatiegebieden afkomstige rioolwater geheel of vrijwel geheel te vergelijken met dat van een voortdurend bewoonde stad of dorp.

Het kwantitatieve aspect behoeft echter meer aandacht. Het gaat slechts om een gedeelte van het jaar, hoofdzakelijk de maanden juni, juli en augustus, waarin van een redelijke tot volle bezetting van de recreatiecentra (als bv. kampeerterrinen) sprake is.

Bij een concentratie van meer dan enkele tientallen mensen vindt reeds een zo geregelde produktie van afvalwater plaats, dat daarmee iets kan worden gedaan. Het is duidelijk, dat naarmate de voorzieningen op een kampeerterrin beter zijn, de afvalwaterproduktie meer op die van een normaal woongebied gaat lijken.

Over het verontreinigend vermogen van een recreant met name een kampeerder, zijn tot op heden weinig of geen gegevens beschikbaar. Daarom is het zinvol de cijfers te noemen, welke zijn verkregen bij het onderzoek dat in de afgelopen twee jaren is uitgevoerd bij een flink kampeerterrin in Oost-Flevoland. Het afvalwater daarvan wordt ter plaatse gezuiverd door middel van een voor Nederland nieuwe methode, namelijk een biezenveld. Daarop wordt later nog teruggekomen. Uit metingen is gebleken dat per kampeerder per dag aan afvalstoffen wordt geproduceerd o.a. (in orde van grootte):

hoeveelheid water:	20-25 l	(normaal 100 - 150 l)
BOD ₅	: 75 g	(normaal 54 g)
N	: 7 g	(normaal 10 g)
PO ₄	: 2,5 g	(normaal 5 g)

Op basis van deze gegevens kan het verontreinigend vermogen van een kampeerder worden gesteld op 50 - 70 % van dat van de gemiddelde stedeling.

Het afvalwater van recreatiecentra is even goed zuiverbaar als normaal huishoudelijk afvalwater. Het feit dat de hoeveelheid ervan niet het gehele jaar door gelijk is, doch alleen gedurende de zomermaanden wordt geproduceerd, maakt conventionele biologische zuivering echter zeer moeilijk. Een dergelijke goede zuiveringsmethode behoeft een vrij aanzienlijke aanloopperiode. Het is niet denkbeeldig, dat de afvalwaterproductie door een kampeerterrein reeds ophoudt, vóórdat de zuiveringsinstallatie goed op dreef is gekomen. Om deze reden moet worden aanbevolen, in de eerste plaats te trachten het afvalwater af te voeren naar een gemeentelijke rioolwaterzuivering in de omgeving, waar het zou kunnen worden meegezuiverd. De bedoelde zuiveringsinstallatie zal van aanzienlijk formaat moeten zijn, om de extra belasting zonder gevaar voor de goede werking te kunnen opvangen.

Recreatiecentra zijn gewoonlijk gelegen of gepland in fraaie gebieden, waar meestal slechts kleinere plaatsen te vinden zijn. Er kan dan ook lang niet altijd op worden gerekend, dat binnen een redelijke afstand van zo'n kampeerterrein een installatie van voldoende capaciteit aanwezig is.

De moeilijkheden worden geïllustreerd door de situatie op de Zeeuwsche en Zuidhollandse eilanden en op de Waddeneilanden. Walcheren, Schouwen, Goeree en Voorne bezitten in de zomer een ongeveer twee maal zo grote bevolking als in de winter, Vlissingen en Middelburg niet meegerekend. Op de Waddeneilanden is deze verhouding nog ongunstiger.

Het is natuurlijk mogelijk, de zuiveringsinstallaties in de betreffende gebieden af te stemmen op de maximale zomeraantallen, doch dit werkt uiteraard kostenverhogend, terwijl ook de handhaving van de goede werking buiten de vakantieperiodes, wanneer de installaties sterk onderbelast zijn, een punt van extra zorg vormt.

Om deze redenen wordt nogal eens een toevlucht gezocht in de aanleg van persleidingen naar oppervlaktewateren van voldoende formaat, waaraan geen hoge kwaliteitseisen worden gesteld. Met behulp van dergelijke wateren zou, althans in eerste instantie, de wisselvalligheid in het aanbod van afvalwater kunnen worden opgevangen door ongezuiverd te lozen. Dergelijke wateren zijn echter niet overal voorhanden, vooral niet in de omgeving van recreatiecentra, waar immers zulke hoge eisen aan het oppervlaktewater worden gesteld en waar, zoals eerder gezegd, lozing van afvalwater zoveel mogelijk dient te worden vermeden.

Het is duidelijk dat het laatste woord over de problemen betreffende het afvalwater van recreatiecentra nog niet is gesproken. Behalve de — relatief — kostbare maatregelen die zojuist zijn opgenoemd, kan op deze plaats nog geen algemene oplossing worden gegeven.

Het is daarom interessant, iets te vermelden over de voorlopige resultaten van de proef, die in samenwerking tussen de Rijksdienst voor de IJsselmeerpolders, de Dienst der Zuiderzeewerken en het RIZA wordt verricht bij het eerdergenoemde kampeerterrein in Oost-Flevo-

land. Bij deze proef gaat het om de zuivering van ruw rioolwater met behulp van een biezenveld. Hieronder dient te worden verstaan een ondiepe plas (0,2 - 0,3 m water) waarin in de vorm van een gesloten vegetatie mattenbies (*Scirpus lacustris lacustris*) groeit.

De oorsprong van het idee is te vinden in Duitsland. In enkele Duitse vakbladen zijn 10 à 20 (korte) artikelen verschenen, waarin aldaar lopende proeven over de nazuivering van het effluent van rioolwaterzuiveringsinstallaties en van industrieel afvalwater, worden beschreven. Met name mej. Käthe Siedel verricht hieromtrent reeds gedurende jaren actief onderzoek. In de artikelen wordt de nadruk gelegd op de verwijdering van gesuspenseerd materiaal, stikstof, fosfaat, bacteriën en incidentele afvalstoffen als fenolen.

De zuivering van ruw afvalwater met behulp van deze methode was een Nederlands idee, afkomstig van dr. ir. H. J. Eggink (destijds RIZA) en ir. G. P. Felius (Zuiderzeewerken). Een geschikt proefobject werd gevonden in een kampeerterrein in Oost-Flevoland, gelegen langs het Veluwerandmeer. Voor dit en andere kampeerterreinen werd namelijk gezocht naar een oplossing van het afvalwaterprobleem.

Op deze manier sneed het mes aan twee kanten. Dank zij de veelzijdige en enthousiaste medewerking van de Rijksdienst voor de IJsselmeerpolders leverden de uitvoering en het onderzoek van het project relatief weinig moeilijkheden op.

In de zomers van 1967 en 1968 is de zuiverende werking van het biezenveld in velerlei opzicht onderzocht. Dit onderzoek wordt voortgezet. Over de tot nu toe bereikte resultaten is een artikel in voorbereiding. Daarin kan nog geen uitspraak worden gedaan over de toepassingsmogelijkheden van een biezenveld voor de zuivering van afvalwater in het algemeen. De voorlopige conclusies kunnen in het kader van deze cursus echter wel worden gegeven en luiden als volgt.

- In verband met de groeicyclus der biezen (het zijn meerjarige planten, doch het bovengrondse gedeelte sterft in het najaar af) kan toepassing slechts plaats vinden voor afvalwater, dat in de zomermaanden wordt geproduceerd.
- Indien het veld onder water wordt gehouden, heeft de intermitterende toevoer van afvalwater op zich geen negatieve gevolgen voor de zuiverende werking.
- Per hectare, bij een waterdiepte van 25 cm, kan het afvalwater van 2000 kampeerdere (ca. 150 m³/dag) mits goed over het veld verdeeld, vérgaand worden gezuiverd. De reductie bedraagt:

voor de BOD ₅	: 95 %
voor de COD	: 85 %
voor de N	: 75 %
voor de PO ₄	: 75 %

voor coliforme bacteriën, bepaald met de gistingsproef van Eykman bij 45° C: van ca. 10⁵/ml in het influent tot ca. 1/ml, of lager in het effluent.

- Het is nog niet bekend, of deze reductiefactoren ook op de lange duur zo zullen zijn. Zo kan de verwijdering van bemestende zouten op de duur wel minder worden, doordat het milieu waaruit de planten hun voedingsstoffen betrekken, oververzadigd raakt.

- Het is nog niet bekend, of de biezen zelf in staat zullen zijn, een dergelijke belasting met afvalstoffen te overleven. De indruk bestaat dat ze overvoerd raken,

● *vervolg van pag. 397*

te lang uitgroeien, gevoelig worden voor wind, neerslaan en degenereren.

f. Het is nog niet bekend, waaruit de zuiverende werking precies bestaat. De hoge reductie van BOD⁵, COD en bacteriën kan worden veroorzaakt door een zeer effectieve bezinking in het rustige water tussen de biezenstengels, waarna het materiaal in de sliblaag aeroob wordt omgezet. De reductie van stikstof en fosfaat kan (gedeeltelijk) worden veroorzaakt door de groei der biezen. In het ideale geval zouden de meststoffen in deze vorm (biezenoogst) uit het milieu kunnen worden verwijderd. Het is de vraag, of dit praktisch mogelijk is.

g. De kosten, met name die der aanleg, zijn laag, vergeleken met die van een conventionele zuiveringsinstallatie. Zij zijn voor een groot deel afhankelijk van

de grondprijs. Het ziet er naar uit, dat voor de aanleg van een biezenveld een prijs kan worden genoemd die merkbaar lager ligt dan f 100,— per inwonerequivalent, terwijl de prijs voor de bouw van een rioolwaterzuiveringsinstallatie voor enkele duizenden inwonerequivalenten duidelijk boven de f 100,— per i.e. is gelegen.

De voorlopige conclusie luidt, dat zuivering met behulp van een biezenveld een aantrekkelijke mogelijkheid lijkt voor de behandeling van afvalwater, afkomstig van recreatieterreinen (kamperterreinen) welke alleen 'szomers bezet zijn. Met name in hygiënisch opzicht is het effluent van deze methode verrassend goed te noemen. Er moeten echter nog allerlei onzekere factoren worden uitgezocht en dat kan pas het geval zijn bij langduriger onderzoekingen dan die welke tot op heden hebben plaatsgevonden.