

Het spaarbekkenrapport

Bij het verschijnen van het rapport der Commissie Limnologie van spaarbekkens

1. Inleiding

Het woord *limnè* kan in de Griekse literatuur zowel baai/zee-arm, als meer/poel, maar ook kunstmatig reservoir, bekken of vijver betekenen. In limnologie is niet de eerste, doch uitsluitend de tweede betekenis van toepassing en men duidt er de fenomenologie van het zoete water, speciaal van het stilstaande of stagnerende mee aan, alsmede het zich bezighouden met de verklaring van de waargenomen verschijnselen uit de natuurwetten en de randvoorwaarden.

Bij het bestuderen van meer en plas vallen in eerste instantie de vele biologische veranderingen op. De afwisseling der seizoenen brengt een breed palet van flora en fauna, waarvan het enkele waarnemen reeds boeiend is. Niet alleen zijn steeds andere dieren, o.a. vogels, op de plassen en hun oevers te vinden, ook het plantenleven en met name de algengroei vertoont rijke schakeringen naar soort en hoeveelheid.

Maar buiten de wijzigingen over het jaar blijkt, dat veelal ook de toestand in de loop van langere tijd veranderingen ondergaat.

Op het eerste gezicht maken al deze wisselingen een wat chaotische indruk op de beschouwer, doch allengs blijken er wetmatigheden te zijn. De fysische en chemische parameters leveren belangwekkende en belangrijke aanwijzingen voor het biologische gebeuren, maar omgekeerd heeft het aquatische leven in sterke mate invloed op de waterkwaliteit.

Bij de exploitatie van een meer, plas of bekken ten behoeve van de watervoorziening zal met alle factoren in meerdere of mindere mate rekening moeten worden gehouden. Het streven is erop gericht om gezuiverd water van zo hoog mogelijke kwaliteit af te leveren en daartoe zullen storingen in de vorm van slechte geur, smaak of kleur moeten worden voorkomen. In feite zal het spaarbekkenbedrijf in kwalitatief opzicht moeten worden geoptimaliseerd. Het is nauwelijks nodig te vermelden, dat de kwaliteit van het in te nemen oppervlaktewater in de loop der tijd steeds slechter is geworden, terwijl de afnemers kritischer worden inzake de kwaliteit en hogere eisen stellen.

Is enerzijds de limnologie door de verwarrende hoeveelheid feiten en feitjes wat troebel voor de niet-vakman, anderzijds is de ervaring met spaarbekkens voor de drinkwatervoorziening in Nederland tot dusverre beperkt. Vóór 1960 was dit stellig het geval. De waterleidingplas te Loenen werd gevuld met kwelwater uit de Utrechtse Heuvelrug, de Oranjekom te Leiduin met duinwater, enkele zgn. bezinkbekkentjes met korte verblijftijd te Rotterdam, Oud-Beijerland, Dordrecht, enz., met oppervlaktewater.

Het begin van de jaren zestig luidt een nieuwe ontwikkeling in. In de Braakman worden bekkens gemaakt, welke gevuld worden met water uit de Belgische polders; de Kleine Rug te Dordrecht, het Berenplaatbekken van Rotterdam en het IJsselmeerbekken te Andijk worden gevuld met water uit de Rijn. De plannen voor de Biesboschbeek krijgen gestalte en de uitvoering ervan vordert snel. Andere bekkens zijn in ontwerp.

In deze stroomversnelling had de Biologische Studie Commissie KIWA zich aan de taak gezet om een inventarisatie te maken van verschijnselen en factoren welke van belang zijn voor het bedrijven van een plas als spaarbekken voor een waterbedrijf.

De studie kreeg het karakter van een verkenning en het bleek nodig om de stof opnieuw en uitvoeriger te bewerken, terwijl op sommige punten proefnemingen nodig waren. Het

leek wenselijk dit in een afzonderlijke commissie onder te brengen.

Zo werd op 4 oktober 1967 vanuit de samenwerking tussen KIWA en Rijksinstituut voor Drinkwatervoorziening de Commissie Limnologie van Spaarbekkens (CLS) in het leven geroepen.

De taak van de commissie bestond behalve uit het voortzetten en uitbreiden van de door de BSC begonnen studie van „het meer als spaarbekken” met de wetenschappelijke zowel als de technische implicaties daarvan, ook uit het toegankelijk maken van de materie voor degenen, die het gezicht van het toekomstige waterbedrijf zullen bepalen en hen, die zich moeten bezighouden met de aanleg of de inrichting van spaarbekkens.

2. De opzet van het Rapport CLS 1971

Het rapport is derhalve niet te beschouwen als zelfstandige wetenschappelijke arbeid. De uit de literatuur en de beperkte Nederlandse en buitenlandse ervaring bekende gegevens werden voor zover mogelijk geplaatst tegenover de in ons land te verwachten omstandigheden van klimaat, grondstofkwaliteit en planologie en waar onderzoek werd verricht was dit pragmatisch en gericht op een evaluatie van factoren met hier verkrijgbaar oppervlaktewater en Nederlandse temperaturen en lichtintensiteiten.

De werkwijze van de CLS is daarbij geweest, dat deelonderwerpen door de meest terzake kundige leden zijn bestudeerd, waarna deze studies in de vorm van een preadvies zijn vastgelegd. Na uitvoerige discussie in de commissie werden verslagen vervaardigd, waarbij deze verslagen de zienswijze der auteurs vertolken. Het brede terrein is daarna samengevat in het „Rapport Commissie Limnologie van Spaarbekkens 1971”.

Het zal duidelijk zijn, dat in het kader van het Rapport geen uitputtende behandeling van de limnologie en de spaarbekenteknik en -technologie kon worden gegeven. Zo konden de randvoorwaarden slechts worden aangeduid. Ook van de limnologische processen, zowel de fysische als de biologisch-chemische, konden slechts de hoofdzaken worden behandeld. Hoofdstukken over kwaliteitsbeheersing en de invloed van het spaarbekken op de zuiveringsmethoden en omgekeerd zullen de grondgegevens moeten bevatten, waarop een beslissing over het al of niet inrichten van een spaarbekken en het afwegen van mogelijkheden en moeilijkheden moeten worden gebaseerd. Hoofdstukjes over meting en controle en landschappelijke aspecten completeren het Rapport.

3. Korte samenvatting van het Rapport

Een overzicht van de behandelde materie kan het best worden weergegeven door de in het Rapport zelf gegeven samenvatting:

„In de toekomst zal voor de watervoorziening van bevolking en industrie in toenemende mate gebruik moeten worden gemaakt van water uit de grote rivieren Rijn en Maas. Tijdens droge perioden kan, aan de Rijn om kwalitatieve redenen en aan de Maas hoofdzakelijk om kwantitatieve redenen, gedurende enige maanden geen water direct worden onttrokken. Overbrugging van deze perioden door aanleg van watervoorraden is derhalve onontbeerlijk. Volgens de huidige inzichten zal omstreeks het jaar 2000 voor de levering van ongeveer 2 miljard m³ water per jaar voorraadvorming in spaarbekkens nodig zijn.

Tijdens de opslag van water vindt een kwaliteitsverbetering

plaats als gevolg van de mineralisatie van organische stoffen en de bacteriële oxidatie van ammonium tot nitraat. Naast deze biologische zelfreiniging van het water treden processen op die een vermindering van de waterkwaliteit teweeg kunnen brengen. Deze kwaliteitsvermindering is veelal het gevolg van fotosynthetische produktie van organische stoffen door algen. De massale ontwikkeling van algen in het eutrofe oppervlaktewater van Nederland dient dan ook zoveel mogelijk te worden voorkomen. Deze algen vormen organische stoffen die het zelfreinigingsproces extra belasten; ze bemoeilijken tevens de zuivering van het opgeslagen water, doordat zij onder meer de filters kunnen verstopen en kleur- en reukstoffen aan het water kunnen afgeven. Vooral het plotseling sterk in aantal toenemen van het fytoplankton kan er oorzaak van zijn dat tijdelijk de zuiveringswerken worden overbelast en de produktiecapaciteit terugloopt.

Wat betreft het gedrag van opgeslagen water in fysisch, chemisch en biologisch opzicht is er een belangrijk onderscheid te maken tussen diepe en ondiepe bekkens. De bestaande spaarbekkens in Nederland moeten alle tot de ondiepe reservoirs worden gerekend. Daar de realisering van de in de toekomst benodigde spaarbekkeninhoud ongetwijfeld belangrijke problemen van ruimtelijke ordening met zich zal brengen, is het gewenst deze bekkens zo diep mogelijk te maken. Hierdoor kunnen de oppervlakten evenredig kleiner worden.

Zowel bij diepe als bij ondiepe bekkens doet het probleem van massale algengroei zich voor en dienen preventieve en correctieve maatregelen te worden genomen. Bij ondiepe bekkens kan algengroei alleen effectief worden bestreden door defosfatering van het in te nemen water.

Fosfaat is een noodzakelijke factor voor de groei van algen en kan door een voorbehandeling gemakkelijk uit het water worden verwijderd.

Fosfaatverwijdering vindt plaats bij coagulatie met ijzer- of aluminiumzouten, gevolgd door verwijdering van de ontstane vlokken. Ook kan, indien ontharding is gewenst, het fosfaat door kalk- of natronloogdosering worden onttrokken.

Tijdens genoemde defosfateringswijzen treedt ook verwijdering op van zwevende stoffen, waaraan schadelijke organische en anorganische stoffen, zoals het toxische kwik en cadmium, veelal zijn geadsorbeerd.

Een voorbehandeling verdient dus tevens aanbeveling om accumulatie van toxisch materiaal en het gevaar van plotseling vrijkomen, tijdens anaerobie nabij de bodem, in het spaarbekken tegen te gaan.

Hoewel een gedeeltelijke fosfaatverwijdering reeds de groeisnelheid van algen aanzienlijk kan doen verminderen, wordt het risico van plotselinge groei pas geheel uitgesloten bij een zeer lage fosfaatbelasting van het bekken. Deze fosfaatbelasting wordt bepaald door de verblijftijd van het water in het bekken en de fosfaatconcentratie in het ingenomen water. Bij kortere verblijftijden dan ongeveer 6 maanden lijkt een dergelijke gecompliceerde voorbehandeling weinig zinvol. Een gedeeltelijke voorbehandeling is hier aanbevelingswaardig, waarbij tijdens de zuivering van het opgeslagen water rekening moet worden gehouden met incidenteel hoge algencentraties.

Bij spaarbekkens met verblijftijden langer dan 6 maanden is vergaande fosfaatonttrekking door coagulatie, sedimentatie en snelfiltratie tot concentraties van ca. 10 µg/l aantrekkelijk daar zodoende het risico van algengroei praktisch wordt uitgesloten.

In geval van bekkens met kortere verblijftijden dan 4 weken kan het achterwege laten van voorbehandeling worden overwogen, gezien het feit dat de algen nu onvoldoende tijd krijgen om zich massaal te ontwikkelen.

De commissie was ten aanzien van dit punt niet eenstemmig, een deel van de leden meent dat een zekere mate van voorzuivering van het in te nemen water steeds noodzakelijk is ter verkrijging van een goede kwaliteit van het eindprodukt. Ook werd de gedachte vertolkt, dat investeringen voor spaar-

bekkens pas werkelijk gerechtvaardigd zouden zijn, als in de bekkens water van goede kwaliteit wordt opgeslagen. Onder goede kwaliteit wordt dan mede een laag zoutgehalte (eventueel verkregen door gedeeltelijke demineralisatie) begrepen. In de commissie is slechts beperkt ter sprake gekomen in welke mate voorgezuiverd moet worden.

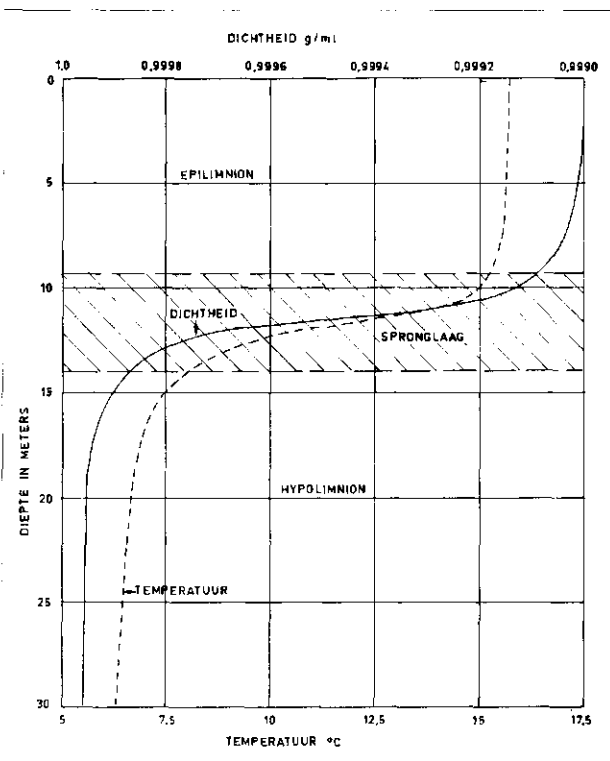
Behalve aan slib, fosfaten en verbindingen van zware metalen moet aandacht worden geschonken aan stoffen als bestrijdingsmiddelen, minerale olie, reuk- en smaakstoffen en dergelijke, doch ook aan zouten. Zou een ver voorgezuiverd water in de spaarbekkens worden gebracht, dan zou dit gevolgen hebben op vele gebieden, bijv. de noodzakelijke verblijftijd, de betrouwbaarheid van het eindprodukt, de constantheid van de kwaliteit, de recreatiemogelijkheden, enz. Verdergaande studie is noodzakelijk.

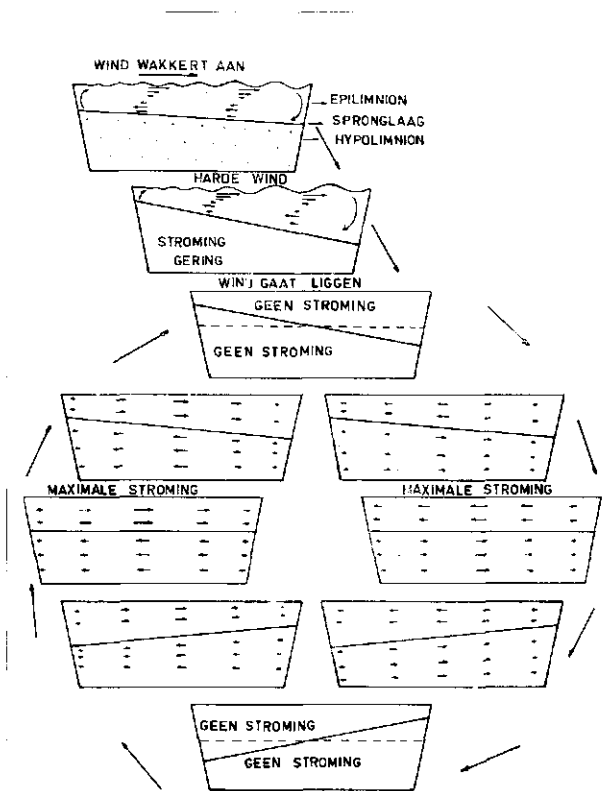
Voor het tegengaan van algengroei in diepe spaarbekkens staat behalve de fosfaatverwijdering nog een tweede methode ter beschikking, namelijk die van beperking van licht door menging over grote diepte. Op grond van theoretische overwegingen zal deze methode bij opslag van Rijn- en Maaswater vooral geschikt zijn indien menging over een diepte van 20 - 30 m tot stand wordt gebracht. Ook bij diepten van 15 - 20 m is evenwel een aanzienlijke beperking van de groeisnelheid van het fytoplankton te verwachten.

Dit leidt tot de conclusie, dat de grootst mogelijke diepte uit een oogpunt van planktonbeheersing optimaal is. Diepe bekkens brengen echter een specifieke limnologische problematiek met zich, waarover voor de Nederlandse omstandigheden nog weinig bekend is.

's Zomers zullen bekkens met een grotere diepte dan 8 à 10 meter het verschijnsel thermische stratificatie vertonen. Hierdoor ontstaat een warme door de wind gemengde bovenlaag, het epilimnion en een relatief koude, van de atmosfeer geïsoleerde onderlaag, het hypolimnion. Beide lagen worden gescheiden door de zogenaamde spronglaag (afb. 1). Dat de spronglaag niet steeds horizontaal ligt en onder invloed van de wind schommelingen vertoont, wordt aangegeven in afb. 2. „Stratificatie is op zichzelf niet ongunstig daar zodoende 's zomers water uit het relatief koude hypolimnion voor de

Afb. 1 - Temperatuur- en dichtheidsprofiel in een stabiele stratificatie.





Afb. 2 - Geschematiseerde diagrammen van het optreden van een interne seiche en het effect op het stromingspatroon in epi- en hypolimnion.

drinkwaterbereiding zou kunnen worden gebruikt, ware het niet dat andere factoren dit minder aantrekkelijk maken. Eén van deze factoren is de afwezigheid van zuurstof in het hypolimnion, doordat de in het water opgeloste zuurstof snel wordt verbruikt tijdens de mineralisatie van de vele organische stoffen in het verontreinigde oppervlaktewater. Daar in het hypolimnion weinig menging plaatsvindt, kan slechts zeer weinig zuurstof uit het epilimnionwater aan het hypolimnion worden toegevoegd.

Door de anaerobie lossen uit het bodemslib ijzer en mangaan op met daaraan geadsorbeerde stoffen zoals fosfaat. Ook andere stoffen als ammoniak, zwavelwaterstof en onvolledig gemineraliseerde organische stoffen met een ongewenste geur en smaak kunnen in hoge concentratie worden aangetroffen in anaeroob hypolimnionwater. Steeds zal dan ook het optreden van een chemische stratificatie moeten worden vermeden door een betere zuurstoftoevoer te bewerkstelligen. In principe kan de chemische stratificatie worden opgeheven door de thermische stratificatie m.b.v. verticale menging te elimineren of door alleen het hypolimnion te circuleren en te beluchten. De eerste methode is het meest toegepast en kan geschieden d.m.v. pompen, injectie van samengeperste lucht of door het ingenomen water in een vooraf bepaalde richting te laten stromen. Dit laatste is het eenvoudigst te verwezenlijken in nieuw te bouwen reservoirs.

Behalve maatregelen ter voorkoming van een kwaliteitsvermindering tijdens voorraadvorming spelen overwegingen van geheel andere aard een belangrijke rol bij het ontwerp van spaarbekken. Zo is de vorm van het reservoir afhankelijk van geohydrologische en planologische factoren en wordt deze vooral bepaald door de functie van de voorraadvorming. De functie kan naast overbrugging bestaan uit kwaliteitsverbetering door egalisatie of biologische zelfreiniging. Staat kwaliteitsverbetering door egalisatie centraal dan zal het reservoir als mengbekken worden ingericht, terwijl voor de bevordering van exponentieel met de tijd verloopende zelf-

reinigingsprocessen een onderverdeling van het reservoir in meerdere eenheden noodzakelijk is teneinde een ideaal verdringingsbekken te benaderen. Voor het harmonisch inpassen van de verschillende functies van voorraadvorming bij de aanleg van een spaarbekken zal een nadere studie van de kwaliteitsaspecten niet kunnen worden gemist.

Hierbij kunnen veel problemen aan de bestaande ondiepe bekkens worden onderzocht.

Voorbeelden hiervan zijn: de accumulatie van toxische stoffen, de zuurstofhuishouding, de verwijdering van virussen en de vorming c.q. verwijdering van hinderlijke organische reuk- en smaakstoffen.

Ook het effect van temperatuurverhoging op de waterkwaliteit door het gebruik van oppervlaktewater o.a. als koelmiddel voor elektriciteitscentrales zal in de nabije toekomst nader moeten worden bestudeerd.

Voor de problematiek rond diepe bekkens die naast het effect van voorbehandeling op de ontwikkeling van fytoplankton vooral betrekking heeft op het effect van menging op chemische stratificatie en algengroei, is evenwel onderzoek in modelproeven noodzakelijk. Deze proeven in diepe modelreservoirs zullen er in belangrijke mate toe kunnen bijdragen, dat de aanleg en bedrijfsvoering van toekomstige bekkens in Nederland op optimale wijze worden ingepast in het geheel van de zuivering van oppervlaktewater tot drinkwater²⁷.

4. Enkele bijzondere onderwerpen

De eerste vier hoofdstukken van het Rapport bleken noodzakelijk als inleiding tot de behandeling der kwaliteitsbeheersing van het bekkewater. De kwaliteit van dit water bepaalt tezamen met de nazuivering de kwaliteit van het eindproduct. De in dit Rapport opgesomde preventieve en correctieve maatregelen konden meestal slechts summier worden behandeld.

Een van de preventieve maatregelen is de *beperking van licht*.

Heterotrofe organismen hebben voor hun stofwisseling organisch materiaal nodig, dat ze omzetten in celmateriaal. Bij dit proces gaat een deel van die stoffen over in eindproducten als koolzuur, water, ammoniak, stikstof, zodat deze in een stilstaande plas voor de bacteriën verloren gaan. De hoeveelheid organische stof vermindert dus en daarmee daalt het aantal bacteriën, dat zich in leven kan houden. Van dit vermogen tot verwerking van stoffen wordt gebruik gemaakt in de oxidatieve rioolwaterzuivering. Door het terugvoeren van de bacteriën (retourslib) in het proces komt men daar tot een zo goed mogelijke werking. Autotrofe organismen zoals algen zijn in staat met behulp van lichtenergie uit eenvoudige anorganische stoffen celmateriaal op te bouwen. Bij ongunstige omstandigheden kan dan een weelderige algenbloeï optreden, wat weer leidt tot verslechtering van de waterkwaliteit.

Uitsluiten van licht zou een dergelijke algenbloeï geheel kunnen voorkomen. Volledige afdekking van een bekkens betekent een aanzienlijke investering en het is de vraag of deze verantwoord is. Ook het geheel ondoorzichtig maken van het water, bijv. met stoffkool, zou tot resultaat moeten leiden; er is niet voldoende van bekend om tot deze methode te kunnen adviseren.

Interessant is de methode van beperking van het licht door verdieping van het bekkens.

De exponentieel verloopende lichtabsorptie door water en de hierin opgeloste en gesuspendeerde stoffen, leidt immers tot een snelle afname van de lichtintensiteit, waardoor deze op grotere diepte beperkend wordt voor de fotosynthese.

Illustratief in dit verband is, dat indien een bekkens zou worden uitgediept tot bijv. een vier maal grotere diepte er gemiddeld per m³ water vier maal minder licht ter beschikking staat. Van natuurlijke meren is bekend, dat de „oogst“ aan fytoplankton in kg/ha kleiner is naarmate een meer dieper is.

Daar het fytoplankton vooral aanwezig is in de hogere

waterlagen met hoge lichtintensiteit verdient het overweging met behulp van kunstmatige menging deze vorm van stratificatie op te heffen en daardoor de mogelijkheid te scheppen, dat het plankton naar de diepe donkere lagen, waar de levensvoorwaarden ongunstig zijn, wordt getransporteerd. Inzicht in de samenhang van lichtintensiteit en fotosynthese is noodzakelijk om de voorwaarden voor het nuttig effect van een dergelijke geforceerde menging vast te stellen. Door Rhode is een model opgesteld, waarin het verband wordt gegeven tussen lichtintensiteit en brutofotosynthese, zoals afgebeeld in afb. 3.

De lichtintensiteit I als functie van de diepte Z is op logaritmische schaal weergegeven in % van de lichtintensiteit vlak onder het oppervlak (100%). De eenheid van diepte Z is die diepte, waarop de intensiteit van de straling, welke het diepst doordringend is, wordt gehalveerd.

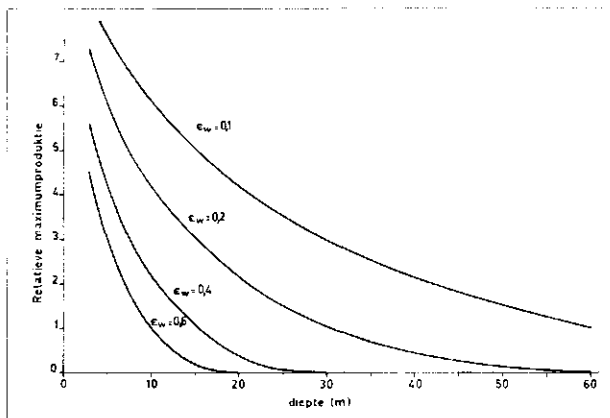
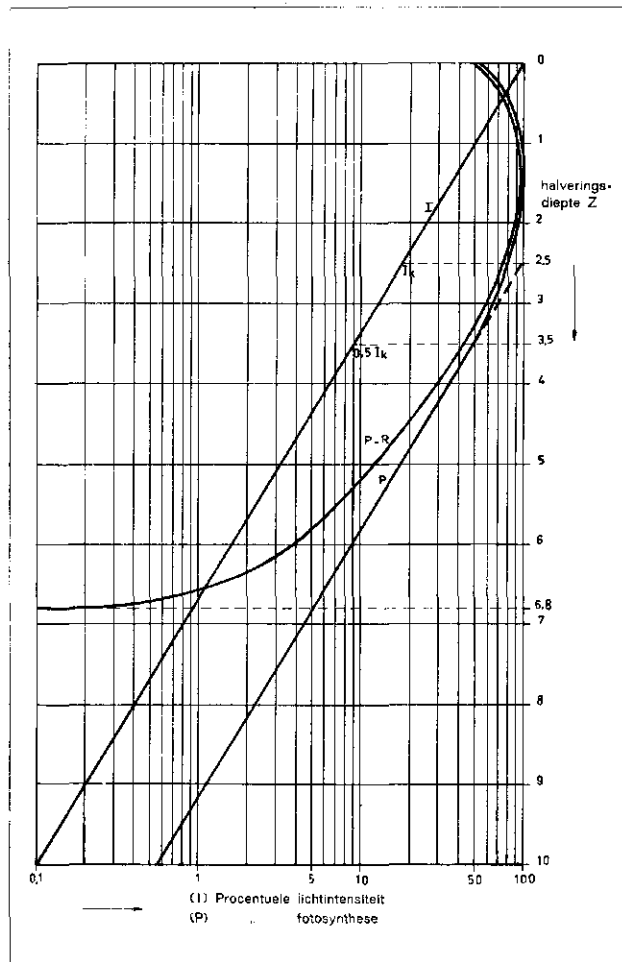
In het model is de voorwaarde opgenomen, dat het plankton uniform over de vertikaal is verdeeld.

In de bovenste waterlaag wordt de koolzuurassimilatie geremd door te hoge lichtintensiteit. Beneden het gebied van optimale fotosynthese wordt de lichtintensiteit geleidelijk groeibepkend. Voor de groei van fytoplankton is echter niet de brutofotosynthese P (produktie) maatgevend, maar de nettoassimilatie, d.w.z. het verschil tussen de brutofotosynthese en de ademhaling van het plankton.

Vastgesteld is, dat de ademhalingsintensiteit R (Respiratie) voor groeiende populaties 5 tot 10 % kan bedragen van de maximale fotosynthetische activiteit. In het vervolg zal voor de minimale ademhaling 5 % van de maximale fotosynthese worden aangehouden.

De ademhaling wordt nauwelijks door de lichtintensiteit be-

Afb. 3 - Fotosyntheseprofiel als functie van de lichtintensiteit.



Afb. 4 - Relatieve maximumproductie als functie van extinctie-coëfficiënt E_w en diepte.

invloed en is dus bij een homogene planktonverdeling onafhankelijk van de diepte.

De nettofotosynthese $P-R$ wordt nu gevonden door curve P in afb. 3 op elke diepte met $0,05 P$ max. te verminderen. Uit de curve $P-R$ valt af te lezen, dat bij een diepte van $6,8 Z$ de fotosynthese en de ademhaling elkaar compenseren (compensatiediepte).

In de laag dieper dan $7 Z$ gaat de ademhaling geleidelijk overheersen, waarbij het snelle verbruik van reservestoffen tot afsterving kan leiden.

Door vergroting van de mengdiepte kan het fytoplankton tijdelijk in dit gebied gebracht worden.

Eerst bij diepten, die belangrijk groter zijn dan $7 Z$ is voldoende verblijftijd in deze zone verzekerd en zou circulatie effect kunnen sorteren. Door meting van de lichtabsorptie is de grootte van Z vast te stellen, maar een voorspelling hoe groot het traject beneden $7 Z$ zou moeten zijn, is op basis van dit kwalitatieve model niet mogelijk.

Een en ander leidt dan tot de gedachte, dat kunstmatige circulatie van het bekkenwater over voldoende diepte, waarbij het water steeds van boven naar beneden en daarna weer naar boven wordt gevoerd, als een zinvolle en goedkope methode van planktonbeheersing kan worden beschouwd, mits de optische eigenschappen hiervoor geschikt zijn.

Bij wiskundige benadering blijkt, dat de extinctie-coëfficiënt bepalend is voor het te verwachten effect bij een bepaalde diepte (afb. 4). Omgekeerd leidt een gegeven extinctie-coëfficiënt tot een minimale diepte.

Ervan uitgaande dat de extinctiecoëfficiënt van Rijn- en Maaswater ca. $0,5$ is, betekent dit dat dieptes van ongeveer 20 meter moeten worden nagestreefd om het algenbepkende effect te verkrijgen.

Het succes van de methode hangt dan af van het kunstmatig in te stellen turbulentieniveau. In bekkens met sterk wisselende waterstanden zal de diepte uiteraard niet steeds optimaal kunnen zijn. Aanvullend onderzoek is noodzakelijk.

Een andere preventieve maatregel is de *voorbehandeling van het water*. Het eerste doel van de voorbehandeling van het water — dus op een tijdstip voorafgaande aan het inlaten in het bekken — is het water in meerdere of mindere mate te ontdoen van een voedingsstof der algen. Dit zou dan elke nutriënt kunnen betreffen, maar meestal gaat het om fosfaat. Men zou ook desinfectie kunnen toepassen, waarbij dus de groei zelve wordt afgeremd, doch het water moet dan tot het moment van uitlaten voldoende desinfectiemiddel blijven bevatten. Dit levert veelal moeilijkheden. Fosfaatverwijdering geschiedt door middel van coagulatie met kalk of ijzervrouwen. Het fosfaat wordt daarbij chemisch of adsorptief aan de vloek gebonden.

Indien in een Nederlands bekken met een verblijftijd van 6 maanden de algengroei vrijwel geheel moet worden voor-

komen, dan zal fosfaatverwijdering tot een concentratie van ca. 10 $\mu\text{g P/l}$ (= ca. 30 $\mu\text{g/PO}_4^{3-}/\text{l}$) noodzakelijk zijn.

De coagulatie kan plaatsvinden in inrichtingen vóór het bekken, waarbij de vlok naar elders wordt afgevoerd, doch soms is het ook mogelijk om de vlok in het bekken te doen ontstaan en te laten bezinken. Bij gebruik van kalk zal de pH oplopen, waardoor CO_2 uit de lucht wordt geabsorbeerd, wat weer tot hoge kalkgebruiken leidt. Met ijzerzouten (ferrosulfaat) treedt in het bekken oxidatie tot ferrizout op. Een ongunstige situatie, waarbij anaerobie en/of stratificatie optreedt, kan dan leiden tot reductie van ferri- tot ferrozout, waarbij het ijzerzout oplost en daarmee het fosfaat, dat in voorafgaande jaren is neergeslagen. Men kan zich nauwelijks voorstellen welke problemen dit zou opleveren. Een goed beheer, dat gericht is op het voorkomen van anaerobie, is dus vereist. Na verloop van tijd kan het bezinksel door baggeren worden verwijderd.

Zoals in het vorige hoofdstuk kan worden gelezen, bestond er enig verschil van inzicht bij de commissie inzake de noodzaak tot en de mogelijkheden van defosfateren.

Een chemische voorbehandeling resulteert in een kleinere extinctie-coëfficiënt; de daling is groter naarmate de P-onttrekking toeneemt. Het effect van turbulente menging kan daardoor worden vermindert.

Nazuivering

Uit het spaarbekkenwater zal, mits het bekkenbeheer goed is, met de gebruikelijk middelen drinkbaar water kunnen worden bereid. Twee punten kunnen in de toekomst belangrijk worden. Vooreerst is de temperatuur afhankelijk van de meteorologische omstandigheden en er zal een belangrijk verschil zijn tussen de zomer- en de wintertemperatuur van het water (ca. 23 en 0 °C). Nog onvoldoende is nagegaan, welke invloeden dit heeft bij de gebruiker, noch welke wensen deze heeft en waarom. De vraag of het wenselijk is om tot een constantere temperatuur te komen, blijft daarmee open.

Een belangrijk probleem is dat van het zoutgehalte van de oppervlaktewateren, waaraan wordt onttrokken, en daarmee van het spaarbekkenwater. Men moet aannemen, dat ondanks alle pogingen om te komen tot verlaging van het zoutgehalte van de rivieren, hiervan vooralsnog weinig zal worden gerealiseerd. De voorziening van huishoudens en bedrijven met apparaten zal steeds meer behoefte aan niet-zoutrijk water doen ontstaan.

Als technieken van ontzouting staan verdamping, electrolyse en omgekeerde osmose (?) ter beschikking. Van de

electrodialyse is bekend, dat de methode slechts op gezuiverd water — en dus niet direct op rivier- of spaarbekkenwater — kan worden toegepast. Verdamping kan wel voor ruwwater worden gebruikt; vluchtige stoffen zoals reuk- en smaakstoffen en tot op zekere hoogte ook ammoniak zullen mee overdestilleren.

Alle methoden werken bij verhoogde temperatuur. Ondanks de toegepaste warmtewisseling zal een deel van de warmte in het ontzoute water achterblijven. Bij ontzouting direct vóór distributie leidt dit zonder bijzondere maatregelen tot temperatuurverhoging van het leidingwater wat in de zomer bezwaarlijk kan zijn.

Men komt dan tot ontzouten vóór het spaarbekken — door verdamping of omgekeerde osmose — een gedachte die in het Rapport niet is uitgediept.

Landschappelijke aspecten

Een gebied, dat in het rapport slechts is aangeduid, is dat van de landschappelijke aspecten.

Spaarbekkens zullen meestal een belangrijke omvang hebben en op een gebied in wijde omtrek hun stempel drukken. Dit vergt planologische aanpassing. Verder is wezenlijk, dat het water zoveel mogelijk tijdens het verblijf moet verbeteren en stellig niet door welke vorm van bezoedeling ook mag verslechteren.

De vraag of en in welke mate zo'n bekkengebied moet worden geïsoleerd hangt daarbij af van de kwaliteit die het water in het bekken inmiddels heeft verkregen.

Aan de recreatie worden daarmee beperkingen opgelegd. Leidt het bekkenbeheer tot de mogelijkheid van grote peilwisselingen, dan zal dit eveneens beperking betekenen. Uit veiligheidsoverwegingen zal dan bijv. het hebben van boten en elke vorm van recreatie op de begroeide, glibberige oever moeten worden verboden.

5. Naschrift

Dit artikel beoogde niet u een systematische behandeling van het Rapport te geven, doch veeleer om enkele punten aan te stippen, welke voor spaarbekkens van belang zijn. De aanleg van bekkens in de nabije toekomst zal de ervaring sterk verbreden. Nu deze ervaring nog beperkt is, leek het de Commissie Limnologie van Spaarbekkens dat er behoefte bestond aan een overzicht, dat deze ingewikkelde materie voor bestuurder en waterproducent enigszins toegankelijk zou maken. Door een Rapport met bijlagen hoopt zij aan uiteenlopende behoeften te zijn tegemoet gekomen.