

Inleiding

De provincie Utrecht richt zich bij de bestrijding van overmatige fytoplanktongroei in de eerste plaats op het terugdringen van de nutriëntenbelasting (restauratieprojecten: Loosdrechtse Plassen en Botshol).

In aanvulling op dit beleid is onder meer gekozen voor actief biologisch beheer met het doel het herstel van de waterkwaliteit te versnellen.

Met actief biologisch beheer, ook wel bio-manipulatie genoemd, wordt hier bedoeld het (direct) beïnvloeden van de planten- en/of

Samenvatting

In het plaatsje 'Zwemlust' (oppervlakte 1,5 ha, gemiddelde diepte 1,5 m) werd ten gevolge van eutrofiëring de zwemwaternorm voor doorzicht (≥ 1 m) niet gehaald. Omdat voor dit plasje terugdringen van de nutriëntenbelasting niet mogelijk bleek is als restauratiemethode in maart 1987 gekozen voor 'actief biologisch beheer'.

Deze methode verkeert nog in een experimenteel stadium. Grote hoeveelheden watervlooiën-etende witvis (± 1.500 kg) werden verwijderd en roofvissen (snoek) uitgezet. Verder zijn als paai- en schuilplaats voor de snoeken 'kunstmatige' onderwaterstructuren aangebracht. De resultaten van deze maatregelen zijn tot nu toe veelbelovend: doorzicht tot op de bodem door een toename aan algenetende watervlooiën, geen blauwwieren meer en waterplanten op de bodem. Om uitspraken te kunnen doen over effecten op lange termijn zal nog onderzoek over een periode van minimaal 4 jaar nodig zijn.



E. VAN DONK
Provinciale Waterstaat
Utrecht (PWU)



F. J. SLIM
Limnologisch Instituut
Nieuwersluis (LI)



M. P. GRIMM
Organisatie ter Verbetering
van de Binnenvisserij (OVV)

Benndorf e.a., 1984; Reinertsen and Olsen, 1984; Shapiro and Wright, 1984]. De eerste resultaten van de toepassing van actief biologisch beheer in de 'verbrasmde' recreatieplas Zwemlust werden reeds in relatie tot bovengenoemde onderzoeken besproken [van Donk e.a., 1988]. In dit artikel worden de resultaten over geheel 1987 vermeld.

Beschrijving van het proefgebied

Zwemlust is een ondiepe zwemplas (oppervlakte 1,5 ha; gemiddelde diepte 1,5 m, maximale diepte 2,5 m), gelegen nabij Nieuwersluis in de provincie Utrecht.

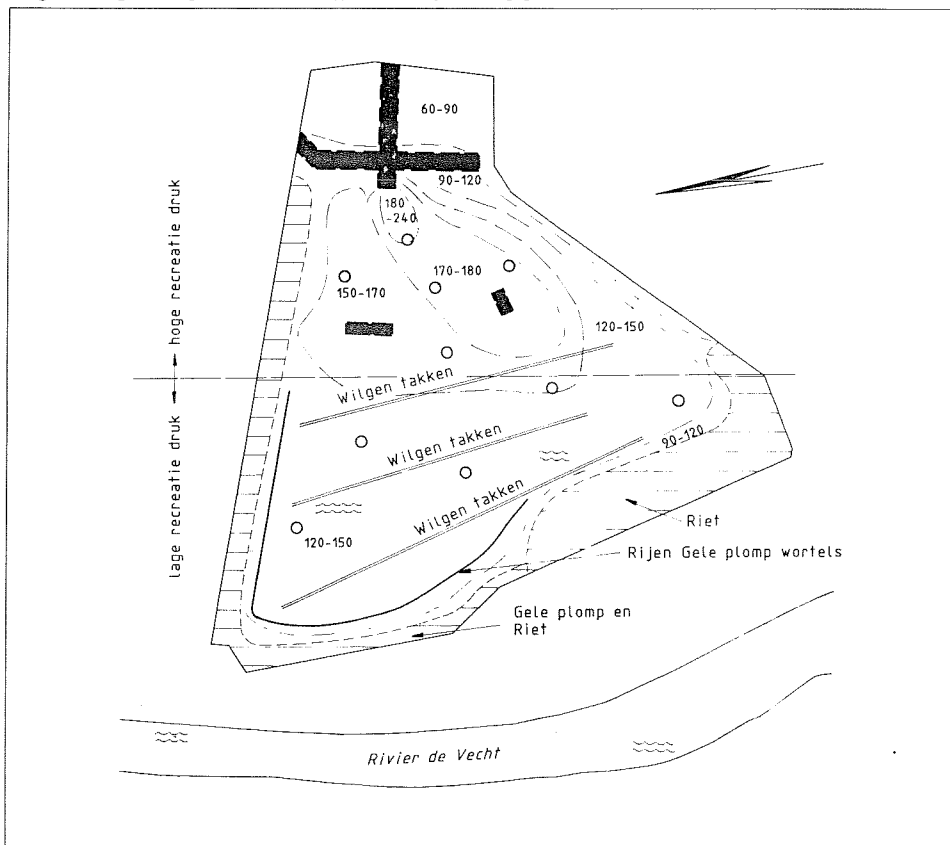
De bodem bestaat uit een tot 30 cm dikke sliblaag op een onderliggende laag van zand

en klei. De plas ontvangt nutriëntrijk kwelwater vanuit de rivier de Vecht, welke op een afstand van ± 40 meter stroomt. Deze rivier ontvangt op zijn beurt hoge nutriëntgehaltenes vanuit de rivier de Rijn, vanuit de landbouw en vanuit verscheidene rioolwaterzuiveringsinstallaties.

Sinds het midden van de jaren zestig is de plas Zwemlust gekenmerkt door een geringe zichtdiepte (0,1-0,3 m) veroorzaakt door massale fytoplanktonbloei (voornamelijk het blauwwier *Microcystis aeruginosa*). Voor de functie zwemwater is echter een zichtdiepte van ≥ 1 meter vereist [AMvB, 1983]. Verminderen van de nutriëntentoevoer naar deze plas met conventionele technieken bleek niet goed mogelijk en andere maatregelen

dierengemeenschappen in het water, zodanig dat het biologisch systeem zelf wordt ingeschakeld bij de bestrijding van een overmatige fytoplankton biomassa. Voor een uitvoerige uiteenzetting over de theoretische achtergronden van actief biologisch beheer en over de toepassingsmogelijkheden in Nederland verwijzen we naar Hosper e.a. [1987]. In Nederland heeft eutrofiëring geleid tot een afname in het aantal roofvissen met name snoek als gevolg van het verdwijnen van waterplanten [Grimm, 1981]. De snoek heeft waterplanten nodig om te kunnen paaien en te kunnen schuilen (kannibalisme onder snoeken). Minder roofvissen resulteert in een hoge biomassa witvis, voornamelijk brasem [Lammens, 1986]. De brasem op zijn beurt voedt zich voornamelijk met zoöplankton en muggelarven uit het bodemslib. De enorme brasemstand leidt zo indirect tot een nog hogere fytoplankton biomassa als gevolg van verminderde fytoplanktonconsumptie en nalevering van voedingsstoffen uit het bodemslib. Om tot herstel van de waterkwaliteit te komen moet deze negatieve spiraal worden doorbroken en als eerste maatregel kan worden gedacht aan het uitdunnen van de brasemstand. Buitenlandse onderzoeken op het gebied van het visstandbeheer gaven veelbelovende resultaten te zien [Stenson e.a., 1978;

Afb. 1 - Schematische weergave en inrichtingsschets van de plas Zwemlust waarin aangegeven de monsterpunten (O) en rangschikking van wilgetakken en macrofyten. De diepte is aangegeven in cm.



TABEL I – Afvisgegevens plas Zwemlust (25-03-1987).

| Vissoort | Lengte (cm) | Gewicht (kg) | Aantal |
|------------|-------------|--------------|---------|
| Brasem | (> 20) | 99,4 | 116 |
| Brasem | (10-20) | 435,0 | 10.005* |
| Brasem | (< 10) | 50,6 | 6.208* |
| Blankvoorn | (> 10) | 64,0 | 4.025* |
| Blankvoorn | (≤ 10) | 24,7 | 2.912* |
| Snoek | | 56,6 | 44 |
| Vetje | | 30,8 | 18.547* |
| Ruisvoorn | (> 20) | 1,0 | 4 |
| Ruisvoorn | (10-20) | 5,5 | 223* |
| Ruisvoorn | (< 10) | 0,6 | 115 |
| Kolblei | | 9,2 | 575 |
| Paling | | 15,7 | 24 |
| Zeelt | | 6,4 | 7 |
| Karper | | 6,4 | 1 |
| Baars | (≥ 20) | 3,2 | 9 |
| Baars | (< 20) | 1,7 | 357* |
| Snoekbaars | | 0,2 | 1 |
| TOTAAL | | 811,0 | 43.173 |

* bepaald uit monster

hadden tot nu toe geen succes. Zo werd door TNO, tegen de overmatige fytoplankton-groei, in 1968 het herbicide diuron (AA Karmex 80%) toegepast [Le Cosquino de Bussy, 1968]. Dit middel had tot gevolg dat ook de toen nog in geringe mate aanwezige waterplanten vernietigd werden (waterlelie en gele plomp). Daaraan gekoppeld veranderde ook de visstand, de snoek werd vervangen door brasem. Verder bleek dit middel niet in staat de fytoplankton-biomassa duurzaam te verminderen. Ook had het verdwijnen van het bodemslib in 1971 geen positief effect op de waterkwaliteit.

Maatregelen 1987

Op 20 maart 1987 werd door de Organisatie ter Verbetering van de Binnenvisserij (OVV) begonnen met het verwijderen van de aanwezige vispopulatie. Hierbij werd gebruik gemaakt van een 150 meter lange zegen, elektro-visserij en fuiken. Eerst werd met het zegenvistuig een groot deel van de vis-

populatie verwijderd, waarna met pompen en een vijzel de plas vrijwel leeg werd gepompt. Tijdens het verlagen van de waterstand werd nog meerdere malen met de zegen gevisd. De laatste vis werd met behulp van elektrovisserij en schepnetten uit het diepste, nog onder water staande, gedeelte van de plas verwijderd. Uiteindelijk werd het in tabel I vermelde bestand afgevisd. Het totaal gewicht van de verwijderde vispopulatie moet echter 400 à 500 kg hoger geschat worden, daar de laatste dag bij de sterk verlaagde waterstand veel vis door de pomp is afgezogen. De geschatte hoeveelheid verwijderde vis bedroeg derhalve 1.200 à 1.500 kg. Op 27 maart werd gestopt met pompen waarna de plas in een week tijd weer vol liep door kwel vanuit de Vecht.

Om een nieuwe stabiele snoek-ruisvoorn populatie op te kunnen bouwen moest in de eerste plaats de habitat voor snoek hersteld worden. Door het geheel ontbreken van ondergedoken waterplanten in Zwemlust was het gewenst deze uit te zetten en 'kunstmatige' onderwaterstructuren aan te brengen. Nog toen de waterplas leeg stond zijn 200 wortelstokken van gele plomp ingegraven. Later zijn 'plukken' kranwier vanuit een boot over de plas verspreid. Als 'kunstmatige' onderwaterstructuren zijn bossen wilgetakken (rijshout) gebruikt. In totaal zijn 170 bossen verdeeld over drie rijen op de bodem vastgehecht (afb. 1).

Eveneens is een aaneengesloten rij van 110 bossen rijshout drijvend opgehangen. Gebruikmakend van deze drijvende constructies als barrière werd de plas in twee delen verdeeld, één met hoge recreatiedruk (100-3.000 bezoekers per dag) en een deel met een lage recreatiedruk. Om uiteindelijk te komen tot een stabiel biologisch systeem, waarbij de predatie op het zoöplankton onderdrukt wordt, is het in

TABEL II – Uitzetting nieuwe vispopulatie plas Zwemlust (8-5-1987).

| Vissoort | Gewicht (g) | Lengte (cm) | Aantal |
|-------------|-------------|-------------|--------|
| Snoek | 672 | 3- 5 | 1.500 |
| Ruisvoorn** | 1.400 | 8-13 | 140 |

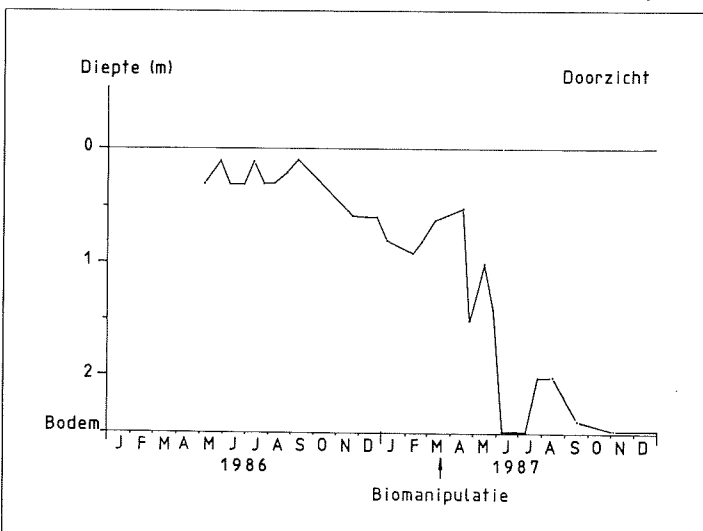
** De ♀ exemplaren droegen kuit

tabel II vermelde visbestand aangebracht. De opgroeiende snoek zal het broed van de ruisvoorn eten waardoor het kannibalisme in de snoekpopulatie onderdrukt wordt. Tegelijk met de vis is een ent van grote watervlooiën ingebracht (\pm 1 kg natgewicht).

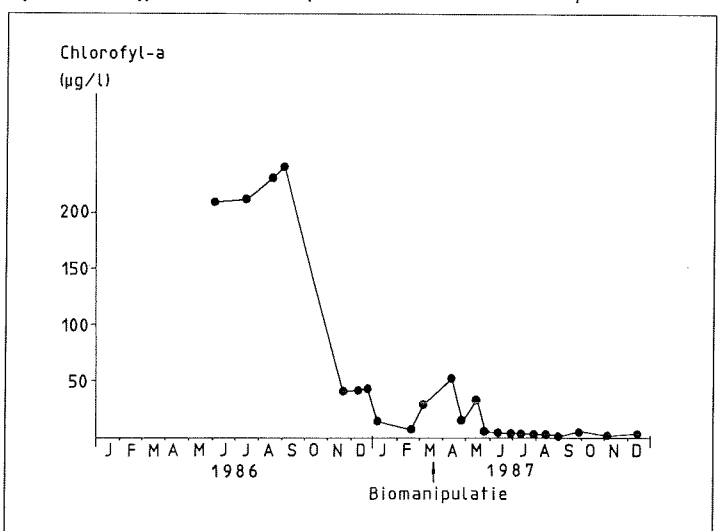
Meetprogramma

Het effect van de maatregelen is als volgt in kaart gebracht. Om de twee weken zijn fysische (doorzicht, temperatuur), chemische (Tot-P, PO₄-P, NH₄-N, NO₃-N, O₂, Cl, pH) en biologische parameters (fytoplankton, chlorofyl, zoöplankton, muggelarven, waterplanten) bepaald. Voor de waterbemonstering is gebruik gemaakt van een steekbuis. Dit is een perspex buis (doorsnede circa 5 cm en 1,5 m lang) waarmee een groot gedeelte van de waterkolom op een 10-tal punten bemonsterd werd (afb. 1). Van deze 10 monsters zijn weer mengmonsters gemaakt. Dezelfde bemonsteringsmethode is toegepast in de Bleiswijkse Zoom beschreven in het hierna volgende artikel [Meijer e.a., 1988]. Primaire produktie en de consumptie door het zoöplankton werden twee- of vierwelijkse gemeten en ook zijn dit jaar éénmalig bioassays (nutriëntverrijkingsexperimenten) uitgevoerd, om voor het fytoplankton de groeibepalende factor te bepalen. De visstand is aan het eind van het jaar bemonsterd. Het is de bedoeling dit monitoringsprogramma gedurende vier jaar uit te voeren om te kunnen beoordelen of zich in deze geëutrofiëerde plas een stabiel ecosysteem,

Afb. 2 - Doorzicht (gemeten met de secchi-schijf) in plas Zwemlust vóór en na biomanipulatie.



Afb. 3 - Chlorofyl-a concentraties in plas Zwemlust vóór en na biomanipulatie.



gedomineerd door roofvissen, zoöplankton en waterplanten, kan handhaven.

Resultaten

De eerste resultaten van het uitgebreide monitoring programma, dat in 1986 van start is gegaan, zijn erg bemoedigend.

Doorzicht

Vier weken na de maatregelen (april, 1987), werd met de Secchi-schijf een belangrijke toename in het doorzicht gemeten (afb. 2). In 1986 werd gedurende de gehele zomer een gering doorzicht gemeten (gemiddeld 0,3 m). In juni-juli 1987 was zicht tot op de bodem mogelijk en tot het einde van het jaar is dit vrijwel zo gebleven ($\pm 2,5$ m).

Fytoplankton

Een opmerkelijke afname in de chlorofylconcentratie is gemeten in juni-juli 1987, samenvallend met een toename in het doorzicht. De chlorofylconcentraties in de zomer kwamen niet boven de $5 \mu\text{g/l}$ vergeleken met een concentratie van $250 \mu\text{g/l}$ in de zomer van 1986 (afb. 3). Verder zagen we een verandering in de fytoplanktonsamenvatting. In de zomer van 1986 was het blauwwier *Microcystis aeruginosa* dominant, terwijl in 1987 alleen groenwieren (*Chlamydomonas sp.* en *Scenedesmus sp.*) en flagellaten (*Cryptomonas sp.*) aanwezig waren. Er werden in 1987 in de kwantitatieve routine-metingen geen blauwwieren aangetroffen.

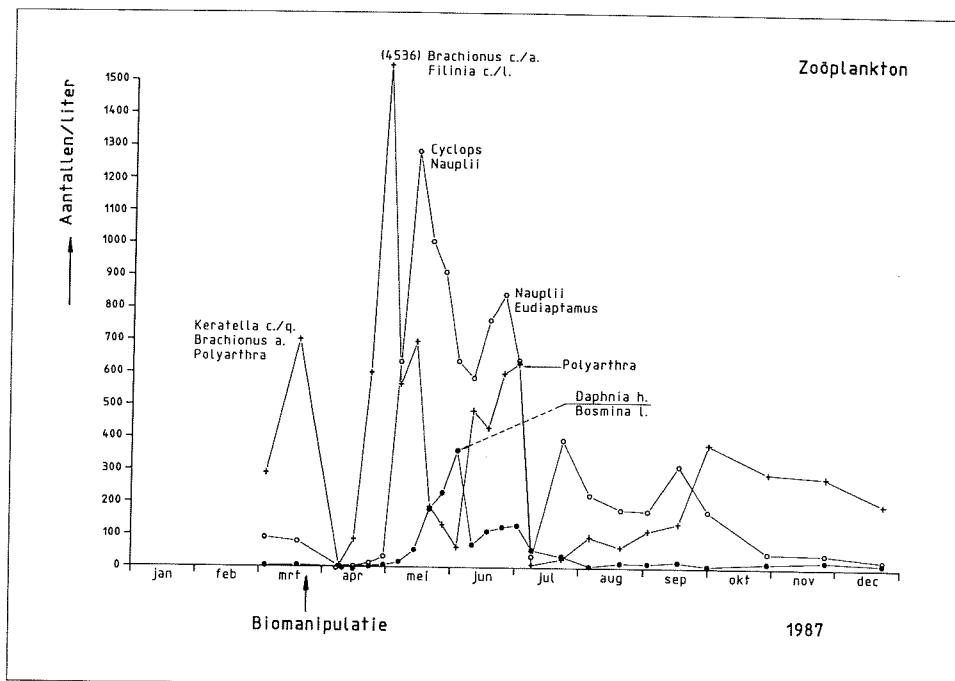
Zoöplankton

Vóór het uitvoeren van de biomanipulatie vormden raderdiertjes (Rotifera: *Brachionus sp.*, *Keratella sp.* en *Polyarthra sp.*) het belangrijkste aandeel in het zoöplankton. Na het leegpompen en het weer vol kwellen bleek geen zoöplanktonpopulatie van betekenis aanwezig. Na circa 4 weken kwam eerst een opbloei van grote raderdiertjes (Rotifera: *Brachionus angularis*, *B. calyciflorus*, *Filinia longiseta* en *F. cornuta*) gevolgd door een toename van het aantal roeipootkreeftjes (Copepoda) (afb. 4).

In mei namen ook de grotere 'watervlooiën' (Cladocera: *Daphnia magna*, *D. hyalina*, *D. pulex* en *Bosmina sp.*) in aantal toe. Er is na de maatregel een duidelijke verschuiving waar te nemen van kleine soorten naar grote soorten (voornamelijk *Daphnia*). Doordat een gedeelte van het zoöplankton overdag bij helder weer naar de kant en de bodem migreert is met de monsternamen overdag een zekere onderschatting van het totale zoöplanktonbestand gemaakt. Dit gegeven zal volgend jaar verder worden uitgezocht.

Visbestand

In november 1987 is met behulp van merkm- en terugvangsmethoden een schatting van



Afb. 4 - De hoeveelheid zoöplankton vóór en na biomanipulatie, Rotifera (raderdiertjes) +, Copepoda (roeipootkreeftjes) O en Cladocera (watervlooiën) •. De dominante soorten zijn op enkele monsterdagen aangegeven.

de aantallen ruisvoorns en snoeken gemaakt. De lengtesamenstelling en de lengte/gewichtsverhouding zijn daarbij ook bepaald. De ruisvoornpopulatie werd geschat op 159 ± 23 stuks, de overleving van de 140 uitgezette exemplaren blijkt dus circa 100%. Het lengtetraject van deze vissen was 15-20 cm. Dit betekent een voor deze vissoort zeer goede groei van 7 cm. Het grote voedselaanbod is hier debet aan. De conditie van de vis was buitengewoon goed. De individuele gewichten lagen 10 à 20% hoger dan de door de OVB vastgestelde gemiddelden in een reeks van natuurlijke wateren.

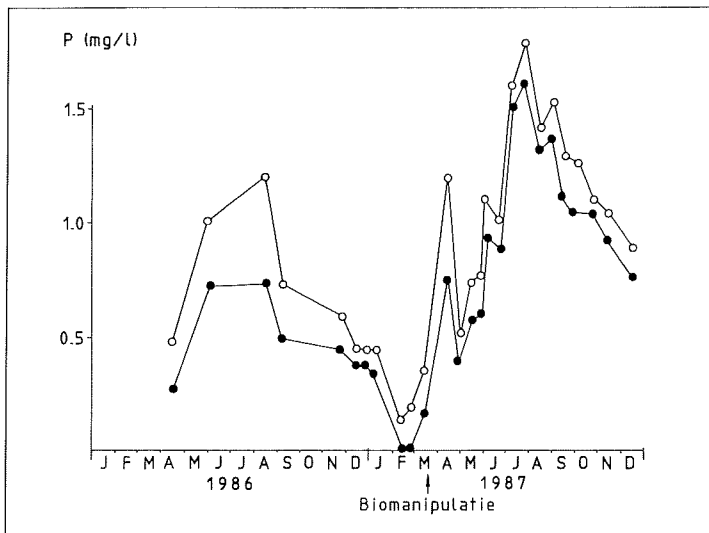
Door de lage zomertemperaturen paalde de ruisvoorn eerst in juli af. Het toen talrijk geproduceerde visbroed verdween vrijwel volledig in de periode tot medio september. Van de 1.500 als ± 4 cm uitgezette snoekjes werden nog 300 ± 100 exemplaren geschat aanwezig te zijn. Zij bevonden zich qua lengte in het traject van 17-40 cm. Groei, groeiverloop en conditie van de snoeken bleken in het beeld van een doorsnee viswater te passen. Dat was nogal verrassend. Immers, de snoekjes waren uitgezet als controleurs van de witsvisstand. Met name zouden zij ongewenste brasembroedjes, afkomstig uit door vogels meegevoerde viseieren, moeten bestrijden. Controlevisserijen brachten aan het licht dat deze infiltratie in 1987 niet plaatsvond. Dit betekende dat tot augustus geen voedsel in de vorm van vis voor snoek aanwezig was. Dit was ook het geval na medio september, nadat het ruisvoornbroed tot niet noemenswaardige aantallen was gereduceerd.

In de 'visloze' periode leefde snoek voornamelijk van groot zoöplankton en mugge-larven. De grote hoeveelheden waarin deze organismen voorkwamen stelde snoek van 17-30 cm in staat een uitstekende conditie te handhaven. Daarnaast is er zonder enige twijfel in belangrijke mate sprake geweest van kannibalisme. Het feit dat slechts $\pm 20\%$ van de snoek hun eerste zomer overleefde, illustreert dit. De levende massa die de snoek vertegenwoordigde was met 27,5 kg dan ook een factor 2 à 3 lager dan verwacht. In afwezigheid van volwassen exemplaren van ± 45 cm en groter, bleken de jonge snoekjes geslachtsrijp te zijn geworden. Een verschijnsel dat eerder in aflatbare vijvers werd signaleerd [Grimm, 1984]. Het is vrijwel zeker dat de nakomelingen van deze snoek onder ongewijzigde omstandigheden ten prooi zullen vallen aan 'kannibalisme'.

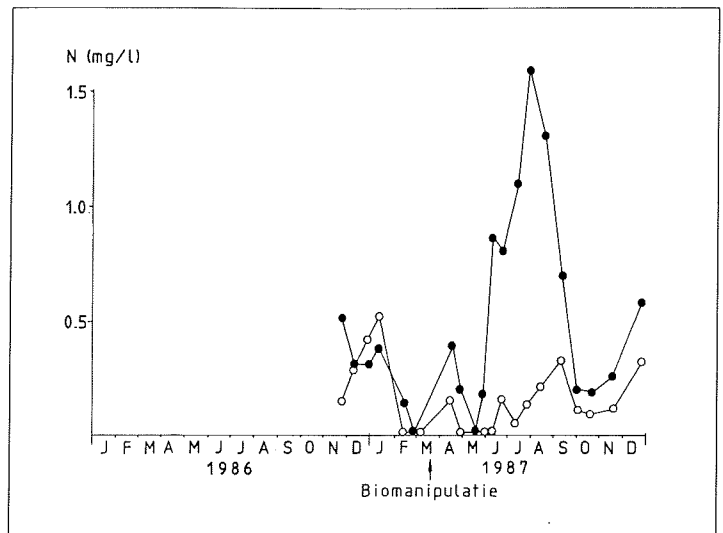
Om dit tegen te gaan is de overgebleven snoekpopulatie qua aantal nog eens tot 25% gereduceerd. Dit verzekert zoveel mogelijk dat een nieuw gevormde jaarklasse ook aan het einde van de visbroedloze periode, welke in een normale voorzomer tot medio juni zou duren, nog voldoende aantalsrijk zal zijn. Om zeker te zijn van een evenwichtige leeftijdsopbouw van de snoekpopulatie zijn in het voorjaar van 1988 nog enkele jonge snoekjes van circa 4 cm uitgezet.

Bodemfauna

De biomassa aan muggelarven (*Chironomiden*) in het bodemslib bereikte een maximum in juli 1987 ($\pm 60 \text{ g/m}^2$ asvrij-drooggewicht). Waarschijnlijk kunnen deze



Afb. 5 - De concentraties van opgelost fosfaat (●) en totaal-fosfaat (○) in plas Zwemlust vóór en na biomaniplatie.



Afb. 6 - De concentraties van ammoniak (●) en nitraat (○) in plas Zwemlust vóór en na biomaniplatie.

grote aantallen muggelarven voorkomen doordat de predatiedruk van brasem is afgenomen.

Waterplanten

Van de ruim 200 ingegraven wortelstokken van gele plomp kwamen er 89 tot ontwikkeling. Het uitgezette kranswier ontwikkelde zich matig. Langs de noordoever had het kranswier zich begin juni tot maximaal 5 meter uit de kant gevestigd en langs de zuidoever tot ruim 10 meter. Waternet (*Hydrodictyon*) en darmwier (*Enteromorpha*) overgroeide vanaf midden juli langs de zuidoever het daar aanwezige kranswier. In de bodem wortelende waterplanten vormden daarna nog langs de noordoever en in de noord-westhoek van de plas bedekkingen van betekenis, maar zij kwamen later in het jaar ook meer naar het midden van de plas voor. In augustus waren de volgende waterplanten aanwezig: kranswier, gele plomp, spitsbladig en gekroesd fonteinkruid,

gedoord hoornblad, grote egelskop en smalle waterpest.

Nutriënten, zuurstof en pH

In 1986 waren de fosfaat (P) en stikstof (N) concentraties in de plas hoog en vrijwel gelijk aan de concentraties gevonden in de Vecht (afb. 5 en 6). Na de beheersmaatregelen namen de fosfaat- en ammoniumconcentraties zelfs iets toe.

In afb. 7 is de zuurstofconcentratie over 1987 weergegeven. De zuurstofconcentratie is tijdelijk laag geweest (2 mg/l, juli 1987), door een op dat moment geringe zuurstofproductie (nog geen waterplanten en weinig fytoplankton aanwezig) en een hoge zuurstofconsumptie (veel zoöplankton en muggelarven). Deze tijdelijke lage concentraties zijn niet nadelig voor vispopulaties zoals ook in aflaatbare vijvers is gevonden.

Toen de waterplanten in augustus 1987 opkwamen steeg de zuurstofconcentratie weer. Als gevolg van de geringe fytoplankton

biomassa in 1987, daalde de pH van een maximumwaarde van 9,5 in de zomer van 1986 tot een waarde van 7,7 in de zomer van 1987.

Bioassays

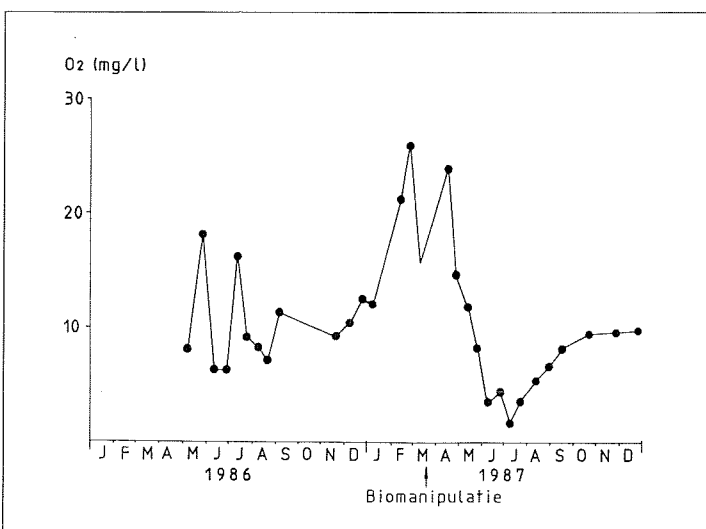
Ter bepaling van de voor het fytoplankton groeibeperkende factor werden in juni 1987 in het laboratorium enkele bioassays uitgevoerd door het bureau Aquasense. De natuurlijke licht- en temperatuuromstandigheden werden zoveel mogelijk nagebootst (16 °C; 25 watt/m², 14 uur licht - 10 uur donker).

Eén-liter Pyrex flessen werden met water uit Zwemlust gevuld nadat over 100 µm was gefiltreerd om het zoöplankton te verwijderen. Twee flessen werden gevuld met ongefiltreerd Zwemlust-water (zoöplanktonpopulatie wel aanwezig).

De volgende combinaties werden in duplo uitgevoerd:

- referentie (– zoöplankton, – nutriënten)
- + PO₄ (– zoöplankton, + 0,32 P mg/l)
- + NO₃ (– zoöplankton, + 0,56 N mg/l)
- + NH₄ (– zoöplankton, + 0,30 N mg/l)
- + Zoöpl. (+ zoöplankton, – nutriënten)

De experimenten duurden 7 dagen. Dagelijks werden monsters genomen om met behulp van een deeltjester (coulter-counter) de groei van verschillende groottefracties van het fytoplankton te bepalen (afb. 8 en 9). In de referentie en de combinaties + NO₃, + PO₄, + NH₄ werden hoge groeisnelheden gemeten die binnen één groottefractie niet significant van elkaar verschilden. De hoogste groeisnelheden werden gemeten in de kleinste fracties (2,8 - 10,4 µm). Echter in de combinatie met zoöplankton (+ Zoöpl.) bleef de fytoplankton-biomassa laag. Deze resultaten geven aan dat in juni 1987 het grazen van het zoöplankton op het fytoplankton de



Afb. 7 - De zuurstofconcentratie in plas Zwemlust vóór en na biomaniplatie.

belangrijkste biomassa beperkende factor was. Er was geen sprake van een licht- of nutriënten-limitatie.

Primaire produktie en consumptie

De primaire produktie van het fytoplankton in Zwemlust is met behulp van een C^{14} -techniek (fixatie van $HC^{14}O_3^-$ door het fytoplankton) in het laboratorium bepaald. Door combinatie van de hierbij gemeten P-I (produktie-instraling) curves met het lichtklimaat in de plas werden via model-berekeningen de produkties in het veld berekend [Van Liere e.a., 1986]. Voor de bepaling van de consumptie van het fytoplankton door het zoöplankton werd eveneens een C^{14} -techniek gebruikt [Gulati e.a., 1982]. Hierbij werd aan een graaskamer met 4 liter plaswater een kleine hoeveelheid radioactief gelabeld fytoplankton uit de plas toegevoegd als tracervoedsel. Nadat het zoöplankton 10 minuten geGraasd had werd het plaswater uit de graaskamer gefilterd over $150 \mu m$ en het zoöplankton gedood in kokend water. Vervolgens werd de radio-activiteit van het zoöplankton bepaald. Deze activiteit, die afkomstig is van het door het zoöplankton geconsumeerde tracer-voedsel, is een maat voor de consumptie-snelheid.

In een parallel lopende proef werd de assimilatie-snelheid bepaald. Hierbij bedroeg de graastijd met het tracervoedsel 60 minuten, waarna het zoöplankton nog eens 45 minuten in ongelabeld plaswater werd gedaan om het niet geassimileerde radio-actief materiaal uit de darm te verwijderen. De radio-activiteit die hierna in het zoöplankton gemeten werd is afkomstig van het tracervoedsel dat door het zoöplankton in het lichaam is ingebouwd (geassimileerd). Uit de resultaten van deze 3 metingen (primaire produktie, consumptie en

assimilatie) werden de specifieke primaire produktie en de filtersnelheid voor de planktongemeenschap van Zwemlust berekend (tabel III). De filtratiesnelheid (ml/liter · dag) is het volume water dat gefilterd wordt door het zoöplankton in 1 liter plaswater per dag.

Uit tabel III is af te leiden dat in het geval dat de produktie en de consumptie beide zijn gemeten, de consumptie steeds hoger ligt dan de produktie. In 4 van de 7 gevallen is eveneens de assimilatie hoger dan de produktie. Blijkbaar worden naast het fytoplankton ook detritus en bacteriën door het zoöplankton geconsumeerd. Verder wordt bij de bepaling van de primaire produktie geen rekening gehouden met de produktie van algen op de bodem die wel kunnen worden geconsumeerd. De specifieke primaire produktie (produktiecapaciteit) is hoog en geeft aan dat het fytoplankton met hoge snelheden groeit maar blijkbaar zo snel wordt weggegeten dat het netto in een lage fytoplankton-biomassa resulteert. De hoge

zoöplanktongraasdruk blijkt ook uit de filtratie. Een filtratiesnelheid boven de 1.000 ml/l/dag wijst in de richting dat de gehele plas meer dan éénmaal per dag door het zoöplankton wordt gefilterd. Uit deze resultaten, evenals uit het bioassay experiment, kan worden geconcludeerd dat, ondanks de hoge specifieke primaire produktie, een lage fytoplankton-biomassa wordt gevonden als gevolg van een zeer hoge consumptie door het zoöplankton.

Evaluatie en conclusies

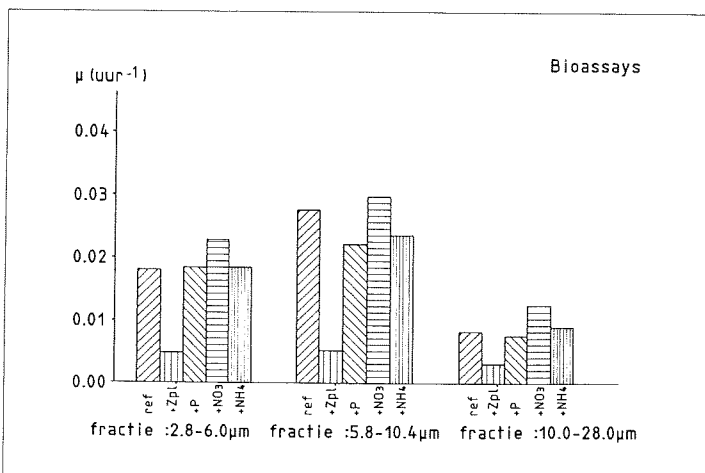
De eerste resultaten van toepassing van actief biologisch beheer in de plas Zwemlust komen overeen met de resultaten gevonden in andere studies waarbij witvis werd verwijderd. Grote zoöplanktonsoorten worden dominant, de biomassa van zoöplankton neemt toe en de hoge chlorofyl-concentraties dalen waardoor het doorzicht aanzienlijk toeneemt [Hrbáček e.a., 1961; Andersson, 1978; Leah e.a., 1980; Shapiro e.a., 1982; De Bernardi e.a., 1982; Benndorf e.a., 1984; Shapiro and Wright, 1984].

TABEL III – Primaire produktie en specifieke primaire produktie van het fytoplankton; en dagelijkse consumptie, assimilatie en filtratie door het zoöplankton in de plas Zwemlust in 1987.

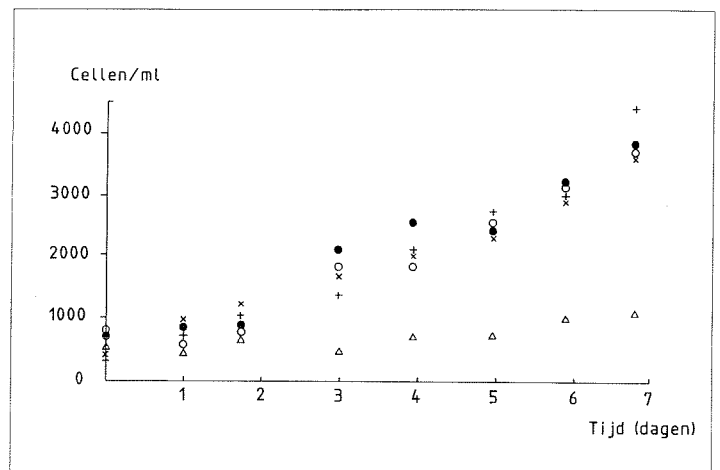
| Datum | Prim. prod. mg C/l · dag | Spec. prim. prod. mg C/mg Chl · dag | Consumptie mg C/l · dag | Assimilatie mg C/l · dag | Filtratie ml/l · dag |
|-------|--------------------------|-------------------------------------|-------------------------|--------------------------|----------------------|
| 15- 5 | – | – | 1,394 | 0,191 | 730 |
| 25- 5 | – | – | 2,176 | 0,947 | 1.700 |
| 3- 6 | – | – | 0,799 | 0,224 | 1.210 |
| 10- 6 | – | – | 1,346 | 0,628 | 1.950 |
| 17- 6 | – | – | 1,363 | 0,106 | 550 |
| 24- 6 | 0,352 | 62,8 | 0,496 | 0,214 | 800 |
| 1- 7 | – | – | 0,784 | 0,315 | 1.120 |
| 8- 7 | – | – | 0,488 | 0,150 | 650 |
| 22- 7 | 0,071 | 142,7 | – | – | – |
| 5- 8 | 0,086 | 142,2 | – | – | – |
| 19- 8 | 0,067 | 31,8 | 0,075 | 0,038 | 144 |
| 2- 9 | 0,201 | 49,0 | 0,289 | 0,154 | 458 |
| 16- 9 | 0,034 | 20,0 | 0,151 | 0,082 | 331 |
| 30- 9 | 0,045 | 56,7 | 0,575 | 0,191 | 2.263 |
| 14-10 | 0,014 | 28,7 | 0,338 | 0,086 | 1.246 |
| 28-10 | 0,024 | 16,0 | 0,486 | – | 4.859 |
| 11-11 | 0,007 | 4,1 | 0,054 | 0,024 | 224 |

(– = niet gemeten)

Afb. 8 - De groeisnelheid (μ) van de drie fytoplanktonfracties is uitgezet voor de vijf bioassay-combinaties. Het experiment is midden juni 1987 uitgevoerd door het bureau Aquasense.



Afb. 9 - Het aantal fytoplanktoncellen ($2,8-10,4 \mu m$) is uitgezet tegen de incubatietijd voor de vijf bioassay-combinaties: Ref, ●; + zoöpl., △; + P, X; + NO₃, +; + NH₄, ○.



De hypothese was dat zo'n grote afname in fytoplankton-biomassa en toename in het doorzicht voornamelijk wordt veroorzaakt door de toename aan vooral grote zoöplanktonsoorten in afwezigheid van witvis. De bioassays en de metingen van het eet(graas)-gedrag van het zoöplankton bevestigen deze hypothese. Zelfs in de aanwezigheid van zeer hoge nutriëntenconcentraties (zowel fosfaat als stikstof) is de graasdruk van het zoöplankton in staat de fytoplankton-biomassa laag te houden. De gemeten assimilatie door het zoöplankton ligt dikwijls hoger dan de primaire produktie. De plas Zwemlust is echter nog steeds in een overgangsfase. Een stabiele nieuwe vispopulatie, gedomineerd door roofvissen die de witvissen in bedwang kunnen houden, moet zich nog ontwikkelen. In buitenlandse meren werd tot nu toe, ter verbetering van de waterkwaliteit, wel de witvisstand uitgedund of verwijderd, maar werden geen maatregelen genomen om een betere habitat voor roofvissen te introduceren [Stenson e.a., 1978; Shapiro and Wright, 1984; Henrikson e.a., 1980].

Een belangrijke vraag is of de beheersmaatregelen zoals die nu zijn toegepast in Zwemlust ook gunstig effect zullen hebben op de lange termijn. Misschien is in deze plas blijvend beheer nodig. Om daar uitspraken over te kunnen doen wordt het monitoring onderzoek voor nog drie of vier jaar noodzakelijk geacht.

Verantwoording

F. Jaques (bedrijfsleider van het proefbedrijf van de OVB te Beesd) en J. Kampen (hoofd operationele groep OVB) waren verantwoordelijk voor het visstandsbeheer. De commissie 'Actief Biologisch Beheer' leverde ideeën en suggesties voor dit artikel.

Literatuur

AMvB ex art. 13 en 15 WVO: *Besluit kwaliteitsdoelstellingen en metingen oppervlaktewateren*. Staatsblad 1983, 606.
 Andersson, G., Berggren, H., Cronberg, G. and Gelin, C. (1978). *Effect of plantivorous and benthivorous fish on organisms and water chemistry in eutrophic lakes*. *Hydrobiologia* 59 (1): 9-15.
 Benndorf, J., Kneschke, H., Kossatz, K. and Penz, E. (1984). *Manipulation of the pelagic food web by stocking with predacious fishes*. *Int. Revue ges. Hydrobiol.* 69 (3): 407-428.
 De Bernardi, R., Guissani, G. and Lasso Pedretti, E. (1982). *Select feeding of zooplankton with special reference to blue-green algae in enclosure experiments*. *Mem. Ist. Ital. Idrobiol.*, 40: 113-128.
 Donk, E. van, Gulati, R. D. and Grimm, M. P. (1988). *Restoration by biomanipulation in a small hypertrophic lake. Preliminary results*. In 'Trophic relationships in inland waters'. Proceedings conference, Tihany (Hungary). *Hydrobiologia* (in press).
 Grimm, M. P. (1981). *The composition of northern pike (Esox lucius L.) populations in four shallow waters in The Netherlands, with special reference to factors influencing of pike biomass*. *Fish Management*, 12: 61-77.
 Grimm, M. P. (1984). *Snoek, snoekbaars en brasem. Biologie, populatie-ontwikkeling en beheer*. In: Rapport werkgroep evaluatie beheersmethoden. Uitgegeven door LH, OVB, RIVO, SMB.
 Gulati, R. D., Siewertsen, K. and Postma, G. (1982). *The zooplankton: its community structure, food and feeding, and role in the ecosystem of Lake Vechnen*. *Hydrobiologia* 95: 127-163.

Henrikson, L., Nyman, H. G., Oscarson, H. G. and Stenson, J. A. (1980). *Trophic Changes without changes in the external nutrient loading*. *Hydrobiologia* 68: 257-263.
 Hosper, S. H., Meijer, M.-L. en Jagtman, E. (1987). *Actief biologisch beheer, nieuwe mogelijkheden bij het herstel van meren en plassen*. *H₂O* (20) 1987, nr. 12: 274-279.
 Hrbáček, J., Dvorakova, M., Korinek, V. and Procházková, L. (1961). *Demonstration of the effect of the fish stock on the species composition of zooplankton and the intensity of the metabolism of the whole plankton association*. *Verh. int. Ver. Limnol.* 14: 192-195.
 Lammens, E. H. R. R. (1986). *Interactions between fishes and structure of fish communities in Dutch shallow eutrophic lakes*. Thesis of the University of Agriculture, Wageningen, 100 p.
 Leah, R. T., Moss, B. and Forrest, D. E. (1980). *The role of predation in causing major changes in the limnology of a hyper-eutrophic lake*. *Int. Rev. Ges. Hydrobiol.* 65 (2): 223-247.
 Le Cosquino de Bussy, L. J. (1968). *Algiciden. Onderzoek over diuron als bestrijdingsmiddel van algen in de zwemvijver 'Zwemlust', Nieuwersluis*. IG-TNO rapport nr. A48.
 Liere, E. van, Van Ballegooyen, L., De Kloet, W. A., Siewertsen, K., Kouwenhoven, P. and Aldenberg, T. (1986). *Primary production in the various parts of the Loosdrecht Lakes*. *Hydrob. Bull.*, 20 (1/2): 77-85.
 Meijer, M.-L., Raat, A. and Doef, R. (1988). *Actief biologisch beheer als herstelmaatregel voor de Bleiswijkse Zoom*. *H₂O* (21) 1988, nr. 13.
 Reinertsen, H. and Olsen, Y. (1984). *Effects of fish elimination on the phytoplankton community of an eutrophic lake*. *Verh. int. Ver. Limnol.* 22: 649-657.
 Shapiro, J., Forsberg, B., Lamarra, V., Lindmark, G., Lynch, M., Smeltzer, E. and Zoto, G. (1982). *Experiments and Experiences in Biomanipulation: Studies of ways to reduce algal abundance and eliminate blue-greens*. US Environmental Protection Agency EPA-600/3-82-096. Also *Limnological Research Center Interim Report no. 19*.
 Shapiro, J. and Wright, D. I. (1984). *Lake restoration by biomanipulation: Round lake, Minnesota, the first two years*. *Fresh-wat. Biol.* 14: 371-383.
 Stenson, J. A. E., Bohlin, T., Henrikson, L., Nilsson, B. I., Nyman, H. G., Oscarson, H. G. and Larsson, P. (1978). *Effects of fish removal from a small lake*. *Verh. int. Ver. Limnol.* 20: 794-801.

