

BIBLIOTHEEK DE HAAFF
Droevendaalsesteeg 3a
Postbus 241
6700 AE Wageningen

720084

Jaarverslag over 1972 van het onderzoek naar
de invloed van watervervuiling op de visfauna.

door J.C.H. Peeters

F.O.N.A./ T.N.O.

943337

December 1972.

IBN-DLO
Instituut voor Bos- en Natuuronderzoek
Afdeling B-A.
Postbus 23
6700 AA WAGENINGEN



0000 0758 9993

INHOUD.

A. Algemeen.

1. Aanschaffingen.
2. Wetenschappelijke kontakten.
 - a. Vergaderingen.
 1. Kontaktgroep Milieuverontreiniging.
 2. Wetenschappelijke vergaderingen.
 3. Kursus proefopzetten.
 4. Werkbesprekingen.
 - b. Persoonlijke kontakten.
3. Tentoonstellingen.
4. Bevissingen en etmaalsbemonsteringen.
5. Kongres van de Internationale Vereniging voor Limnologie.

B. Onderzoek.

1. Literatuuronderzoek.
2. Maas-Waaltocht.
3. Studentenonderzoek.
4. Kromme Rijnproject.
5. Afronding van het onderzoek.
6. Eventueel toekomstig experimenteel onderzoek.

-.-.-.-.-

A. Algemeen.

1. Aanschaffingen.

De volgende boeken werden aangeschaft:

S.H. Spotte, 1970 - Fish and invertebrate culture. Water management in closed systems. Wiley Interscience.

W.S. Hoar and D.J. Randall, 1970 - Fish Physiology. Vol. III and IV., Academic Press, New York, London.

A.H. Weatherley, 1972 - Growth and ecology of fish populations. Academic Press London, New York.

2. Wetenschappelijke kontakten.

a. Vergaderingen.

1. Kontaktgroep milieuverontreiniging.

De kontaktgroep milieuvervuiling van het Rijksinstituut voor Natuurbeheer vergaderde 13 maal.

De hoge vergaderfrequentie werd veroorzaakt doordat de kontaktgroep een werkgroep heeft voortgebracht, die een enquête naar milieuvervuiling in natuurgebieden wil opzetten.

2. Wetenschappelijke vergaderingen.

Op 17 maart en 24 november werden vergaderingen van de Hydrobiologische Vereniging bijgewoond. Op 11 en 12 november werd een vergadering bijgewoond van de werkgemeenschap Aquatische Oecologie, van de Gemeentelijke Universiteit te Amsterdam.

3. Kursus proefopzetten van het Rijksinstituut voor Natuurbeheer te Arnhem.

Bijeenkomsten van deze cursus o.l.v. drs. H. van Biezen werden 4 maal bijgewoond.

4. Werkbesprekingen afdeling Hydrobiologie en R.I.N. Leersum.

Op 25 augustus hielden W. Asman en J. Korff de Grats werkbesprekingen over het werk van de groep etmaalsbemonsteringen van het Kromme Rijn Projekt.

Op 1 september hield J.C.H. Peeters een werkbespreking over experimenteel onderzoek.

b. Persoonlijke contacten.

Hieronder volgt een lijst van bezoeken, die werden afgelegd of bezoekers, die werden ontvangen.

Dhr. Guarnieri, Austerlitz;

O.V.B. en S.B., Utrecht;

Drs. Willemsen en Drs. Cazimier, R.I.V.O., IJmuiden;

Dhr. van Hell, Lab. voor Ruimteonderzoek, Utrecht;

Drs. J. Gardeniers, Prov. Waterstaat van Zuid-Holland, Austerlitz;

Ir. Borel, Technisch-Fysische Dienst van de Landbouw, Wageningen;

Dr. H. Smit, Afdeling Fysiologie van het Zoölogisch Laboratorium te Leiden, uitwerking van resultaten van Kromme Rijnwerkgroep.

Drs. Lyklema en dhr. Egberts van de Technische Hogeschool Twente; Austerlitz;

Drs. Cazimier en dhr. Everaards, R.I.V.O., Austerlitz;

Drs. P. van der Aart en W. Luyt, Afdeling Oecologie van het Zoölogisch Laboratorium te Leiden.

3. Tentoonstellingen.

Op 22.9 werd de tentoonstelling Aquatech betreffende apparatuur e.d. in Amsterdam bezocht.

4. Bevissingen en etmaalsbemonsteringen.

Op 25.1 en 22.3 werd geassisteerd bij bevissingen voor het onderzoek van W. Luyt in de sandsloot bij Sassenheim.

Op 2.3 werd meegewerkt aan de laatste etmaalsbemonstering van de Kromme Rijnwerkgroep.

5. Van 1 t/m 14 oktober werden het kongres en de excursie bijgewoond, ter gelegenheid van het jubileum van de Internationale Vereniging voor Limnologie, dat in Duitsland werd gehouden.

Over dit kongres zal samen met L.W.G. Higler en Drs. P.J. Schroevers een apart verslag uitgebracht worden.

B. Onderzoek.

1. Literatuuronderzoek.

Veel tijd werd dit jaar besteed aan literatuuronderzoek, bedoeld om in het eindrapport verwerkt te worden. Als belangrijkste feit kwam uit het onderzoek naar voren, dat er zeer grote lacunes zijn in onze kennis over de effecten van watervervuiling op vissen. De lacunes over de effecten van het zuurstofgehalte op vissen zijn neergelegd in een ontwerpwerkprogramma. Er blijkt zelfs in het onderzoek naar lethale zuurstofconcentraties, nog weinig bekend te zijn over factoren die de lethale zuurstofconcentratie beïnvloeden. Ook blijkt dat er veel werk met gebrekkige middelen en vooral met aanvechtbare methoden gedaan te zijn. Dit literatuuronderzoek is nog niet afgesloten.

Sub-lethale effecten of indirecte effecten kunnen voor het voortbestaan van een populatie net zo belangrijk zijn als lethale. Wanneer de voortplanting of ontwikkeling en groei niet kunnen plaatsvinden verdwijnt een populatie. Dit kan dan door directe of indirecte effecten veroorzaakt worden. De groei kan b.v. achteruitgaan doordat het organisme minder eet o.i.v. een bepaalde milieufactor of doordat de voedselbronnen van het organisme verdwijnen of doordat het verzwakte organisme een infectieziekte oploopt. Er zijn nog vele andere effecten mogelijk dan de hierboven genoemde: ontwijkingsgedrag, verandering van het habitat van een organisme en vele andere.

Ontwijkingsgedrag is een mechanisme, waarmee het individu watervervuiling kan overleven. Dit is op zich erg gunstig, maar het houdt voor de populatie in dat de leefruimte kleiner wordt.

Een ander voorbeeld van een veel voorkomend compenserend mechanisme is akklimatisatie. Voorbeelden hiervan zijn akklimatisatie aan lage zuurstofconcentraties, hoge temperaturen, ammoniumgehalten.

Enig overzicht werd verkregen over de literatuur betreffende de effecten van lage zuurstofconcentraties, ammonium, detergentia, fenolen en in mindere mate van zware metalen, insecticiden, H_2S , oververzadiging en het optreden van infectieziekten als secundair gevolg van watervervuiling.

De literatuursamenvatting beoogt niet een overzicht te geven van alle specifieke effecten. Het zal vooral een poging zijn voorbeelden te geven van de belangrijkste sub-lethale en secundaire gevolgen van watervervuiling, van akklimatisatie aan ongunstige milieuomstandigheden en van werkingsmechanismen, synergismen en antagonismen van toxische stoffen.

2. De Maas-Waaltocht, uitgevoerd in samenwerking met het Delta-instituut te Yerseke in oktober 1971.

Het rapport over de Maas-Waaltocht is in concept klaar. Het ligt in de bedoeling om samen met Drs. W. Wolff van het Delta-instituut de resultaten te publiceren. Als aanvulling op het jaarverslag 1971, kan vermeld worden dat de blankvoorn uit de Maas significant groter is dan die uit de Waal, maar dat het omgekeerde geldt voor de brasem uit deze twee riviersystemen.

3. Studenten-onderzoek.

K. Dogterom: student Rijksuniversiteit te Utrecht - onderzoek van visfauna in het Kromme Rijngebied.

Door langdurige ziekte van de student Dogterom is zijn verslag helaas nog niet gereed.

W. Luyt: student Rijksuniversiteit te Leiden - De student W. Luyt uit Leiden onderzocht tot mei 1972 de invloed van het effluent van de rioolwaterzuiveringsinstallatie van Sassenheim, op het voorkomen van vissen in de Zandsloot. De aanleiding voor dit onderzoek was de sterfte van paling in fuiken nabij de uitmonding van de Zandsloot in de Kaag.

In een bespreking met het Hoogheemraadschap Rijnland bleek dat er ter plaatse soms hoge ammoniumgehalten en hoge pH-waarden voorkwamen.

Lage zuurstofgehalten en hoge detergentiagehalten zijn in een dergelijk milieu ook te verwachten. Uit de literatuur is bekend, dat al deze factoren afzonderlijk sterfte kunnen veroorzaken. Daarnaast hebben ze sub-lethale gevolgen, als groeiremming (lage zuurstofgehalten, hoge ammonium- en detergentia-koncentraties), ontwijkingsgedrag (O_2 en zeer hoge NH_3), aantasting van de smaakzintuigen (detergentia).

Er werden om deze redenen de volgende parameters gemeten: NH_4^+ , detergentia, zuurstof, pH, temperatuur, stroomrichting en -snelheid. De laatste twee om een indruk te krijgen, hoe het effluent van de zuiveringsinstallatie zich over de zandsloot verspreidde. In dit verband werd ook rekening gehouden met wind en boezembeheer.

Het monsterprogramma zag er als volgt uit:

1. etmaalsbemonsteringen;
2. bemonsteringen om de 2-4 dagen op hetzelfde tijdstip van de dag;
3. bemonsteringen tijdens de visserijen.

Er werd gevist met zegens en enkele malen met een kruisnet en met kubben (kleine fuiken). Eenmaal verrichtte de operationele ploeg van de direktie Binnenvisserij een elektrovisserij.

De verzamelde gegevens werden verwerkt met de computer van het Centraal Rekeninstituut van de Rijksuniversiteit in Leiden. De belangrijkste technieken waren de hoofdkomponenten-analyse en de meervoudig lineaire regressie-analyse.

Resultaten:

Er werden 15 vissoorten in de Zandsloot gevangen, waarvan blankvoorn, brasem, kolblei, baars, pos en paling de algemeenste waren.

Er werden meerdere malen vissterften waargenomen of dode vissen gevonden. Het zuurstofgehalte fluktueerde soms zeer sterk gedurende een etmaal.

De grootste amplitudes werden in voorjaar en zomer waargenomen. 's Winters waren de fluktuaties, zoals te verwachten, klein. De hoogste zuurstofconcentraties werden in het voorjaar waargenomen; er werden waarden van bijna 30 mg/l. waargenomen. De laagste minima werden waargenomen in de herfst; de concentraties bedroegen minder dan 1 mg/l.

Zoals te verwachten was werden hoge NH_3 -gehalten (0.5 - 75 mg/l.) en detergentiagehalten (1 - 6 mg/l.) gevonden. In het algemeen bestond er een gradiënt voor de concentratie van deze stoffen, waarin de hoogste concentraties gevonden werden bij de r.z.i.. Ook de laagste zuurstofconcentraties werden hier aangetroffen. Met de verschillende analyse-methoden werd hetzelfde beeld gevonden n.l. dat de sterkste reaktie, uitgedrukt in het aantal vissen per oppervlakte-eenheid werd veroorzaakt door het detergentengehalte, gevolgd door zuurstof en in veel mindere mate door NH_3 .

We kunnen hier voorzichtig uit concluderen dat de visfauna van de zandsloot ontwijkgingsgedrag vertoont voor het effluent van de rioolwaterzuiveringsinstallatie en dat detergentia de sterkste reactie veroorzaken.

Uit literatuur is bekend dat er ontwijkgingsgedrag bestaat voor lage zuurstofconcentraties en voor hoge NH_3 -gehalten.

Niets werd in de literatuur gevonden over ontwijkgingsgedrag voor detergentia.

N. Oskam: student afdeling Natuurbeheer, Landbouwhogeschool te Wageningen. De student N. Oskam verzamelde aanvullende gegevens over de achteruitgang van de visfauna in de provincie Zuid-Holland onder leiding van Drs. Gardeniers van de Provinciale Waterstaat van Zuid-Holland.

Oskam komt tot dezelfde conclusies die reeds eerder door mijzelf werden gevonden. De sterkste achteruitgang van de visfauna werd geconstateerd in de polders. In mindere mate is dit het geval in de boezemwateren, uitgezonderd de plassen en in weer mindere mate in de grote plassen.

De achteruitgang van de kwaliteit van de polderwateren wordt veroorzaakt door vervuiling van verschillende bronnen, sterke kroosontwikkeling, verlanding en lage waterstanden. In de polders zijn min of meer sterk achteruitgegaan: snoek, zeelt, riet- en blankvoorn, paling, kwabaal (overal verdwenen) en baars.

In de boezemwateren zijn snoek, zeelt, riviergrondel, bittervoorn, rietvoorn, paling, kwabaal, rivierdonderpad, alver en de stekelbaarsjes achteruitgegaan.

In de plassen is de achteruitgang van de visfauna minder opvallend. Plaatselijk zijn achteruitgegaan: spiering, snoek, riviergrondel en rietvoorn. De kwabaal is overal achteruitgegaan en de meerval in de Westeinderplassen. In veel wateren, vooral in de plassen is de brasem sterk toenomen en de laatste jaren ook de snoekbaars.

De achteruitgang van genoemde soorten is niet uitsluitend het direkte gevolg van waterverontreiniging. De indirecte gevolgen zijn waarschijnlijk even belangrijk, o.a. de verdwijning of achteruitgang van waterplanten. Direkte sublethale invloeden zijn vermoedelijk ook vrij groot, gezien de waarden van enkele belangrijke milieuparameters en bekende effecten daarvan op o.a. groei.

Er is een duidelijk verband tussen de vervuilingsgraad en het aantal achteruitgaande soorten. Eutrofiëring heeft op zich waarschijnlijk weinig invloed op vissen, maar de indirecte gevolgen zijn wel belangrijk: waterbloei, verdwijning van waterplanten of juist een toename van hogere waterplanten (afhankelijk van het watertype).

K. Everaards; student aan de Gemeentelijke Universiteit te Amsterdam - Door de afdeling Hydrobiologie wordt medewerking verleend aan het studentenonderwerp van Dhr. K. Everaard uit Amsterdam onder leiding van Drs. W. Cazimier van het Rijksinstituut voor Visserij-onderzoek te IJmuiden. Het doel is een relatie te zoeken tussen de groeisnelheid van de blankvoorn en het voorkomen van mollusken in verschillende wateren. De wat oudere jaarklassen van blankvoorn eten n.l. bij voorkeur mollusken.

4. De subgroep etmaalsbemonsteringen van de Kromme Rijn Werkgroep is bijna klaar met het eindrapport over de zuurstofhuishouding van enkele wateren en de beoordeling van de waterkwaliteit aan de hand daarvan. Dit rapport zal de volgende hoofdstukken bevatten: literatuursamenvattingen over fotosynthese, respiratieprocessen w.o. bodemrespiratie en reaeratie, waterkwaliteitsbeoordelingen i.v.m. zuurstofcriteria voor vissen, de resultaten van de metingen en verklarende mathematische modellen voor de zuurstofhuishouding. Vooral het laatste onderdeel is belangrijk voor een beter inzicht in dit milieuaspect. We zullen er hieronder iets dieper op ingaan.

De volgende processen bepalen het zuurstofgehalte van stromend oppervlaktewater:

Reaeratie = $D(\text{iffusie})$.

Biocoenose respiratie = R .

Biocoenose fotosynthese = F .

$dc/dt = F - R + D$.

$D = k_1 \cdot (c_{\text{verz.}} - c)$.

$c_{\text{verz.}}$ = verzadigingsgehalte van zuurstof bij een bepaalde temperatuur.

c = aktuele zuurstofconcentratie.

k_t = reaeratie constante = $1.024^{(\text{temp.} - 20)} \cdot 0.508 \cdot v^{0.67} \cdot h^{-0.85}$

waarin: v = stroomsnelheid in cm/sek. (gemiddeld).

h = gemiddelde waterdiepte.

De fotosynthese-snelheid is afhankelijk van de instralingsintensiteit. Deze instralingsintensiteit verloopt in een dag volgens een halve sinus-soïde.

$$F = k_4 \cdot \sin(\omega \cdot t) \text{ overdag } (0 \leq t \leq x).$$

$$F = 0 \quad \text{'s nachts } (z \leq t \leq 24).$$

k_4 = maximale fotosynthese in $g \text{ O}_2/m^2/\text{uur}$.

t = tijd in uren na zonsopgang.

x = daglengte in uren.

$$\omega = \pi / x.$$

De respiratie R wordt gedurende een etmaal konstant verondersteld.

De modelrivier moet aan de volgende eisen voldoen:

- de rivier wordt verondersteld een bron met konstant debiet te hebben met een konstant zuurstofgehalte.
- Het debiet blijft over de lengte, die onderzocht wordt, konstant.
- De gemiddelde diepte en breedte worden over de gehele lengte konstant verondersteld.
- Er vinden geen lozingen plaats of de lozingen zijn konstant in debiet en zuurstofverbruik.
- k_4 is overal in de rivier gelijk.
- De bewolkingstoestand verandert niet gedurende de dag.

Integratie van de drie processen levert de volgende vergelijking:

$$dc/dt = k_1(c_{\text{verz.}} - c) - R + k_4 \cdot \sin(\omega \cdot t) \cdot 10/h.$$

Oplossing van de differentiaal-vergelijking levert de volgende vergelijkingen op:

$$c(t) = p + q \cdot (s+1) \cdot e^{-k_6 \cdot t} + u \cdot \sin(\omega \cdot t - v) \quad (0 \leq t \leq x)$$

$$c(t) = p + q \cdot (s+1 + e^{k_6 \cdot x}) \cdot e^{-k_6 \cdot t} \quad (x \leq t \leq 24)$$

$$p = \text{waarin: } p = c_{\text{verz.}} - R/k_1 \quad (= \text{evenwichtswaarde tussen } R \text{ en } D)$$

$$k_6 = (100 \cdot k_1)/h$$

$$u = (100 \cdot k_4) / (h \cdot (\omega^2 + k_6^2)^{1/2}}$$

$$q = (100 \cdot k_4 \cdot \omega) / (h \cdot (\omega^2 + k_6^2))$$

$$v = \arctg(\omega/k_6)$$

$$s = (1 + e^{k_6 \cdot x}) / (e^{k_6 \cdot 24} - 1)$$

Het maximum zuurstofgehalte valt volgens bovenstaande formules tussen $t = 1/2x$ en $t = x$ (middag en zonsondergang). Naarmate D groter is (afhankelijk van k_1 en het verzadigingsdeficiet) zal het maximum dichter bij de middag dan bij zonsondergang liggen. De ligging van dit maximum is onafhankelijk van de intensiteit van de fotosynthese.

Er kunnen in principe twee typen minimum zuurstofconcentraties optreden. In het eerste geval ontstaat er een evenwicht tussen R en D en in het tweede geval wordt dit niet in een nacht gehaald en begint 's morgens het zuurstofgehalte weer te stijgen voordat de evenwichtskoncentratie p bereikt is. Het eerste geval treedt op in stromende wateren met een grote D en het tweede geval in stromende wateren met een relatief kleine D . Bij zeer kleine D -waarden kan p theoretisch pas na 24 uur nacht of meer bereikt worden. Deze situatie wordt benaderd door enkele, elkaar opeenvolgende dagen van zeer donker weer. In water met een grote D kan de p -waarde al omstreeks middernacht bereikt worden.

De invloed van de temperatuur komt tot uitdrukking in de formules via k_1 , $c_{\text{verz.}}$, en hier niet weergegeven, via R (met een aangenomen Q_{10} van 2). Bij een enkele simulatie bleek al dat 1° temperatuursverhoging het etmaalsminimum met $1 \text{ mg/l O}_2/\text{l}$ verlaagde.

Aan de hand van de gemeten etmaalsminima werden met behulp van gegevens uit de review van Doudorof en Shumway, 1970, U.S.A., waarderingen gegeven van de waterkwaliteit op de verschillende meetpunten en tijden. Deze waarderingen worden uitgedrukt als percentage van een maximale "performance". Deze performance is afgeleid uit gegevens over groeisnelheid, maximale langdurig vol te houden zwemsnelheid en de lichaamsgrootte van salmonidenlarven bij het uitkomen uit het ei onder invloed van lage zuurstofgehalten. Zwemsnelheid en groeisnelheid werden onderzocht bij salmoniden en grootbekbaarzen. Uit andere literatuur was eveneens bekend, dat groei van vissen bij fluktuerende zuurstofgehalten ongeveer gelijk is aan de groei bij konstante zuurstofgehalten, die gelijk zijn aan de minima van de zuurstoffluktuaties. Als waterkwaliteitswaardering hebben wij het "performance" percentage gebruikt, dat bij het etmaalsminimum hoort.

5. Afronding van het onderzoek.

In december 1972 en in januari 1973 is het de bedoeling nog enkele aanvullende vraaggesprekken te houden met beroepsvissers en andere personen met ervaring over watervervuiling en de visfauna (Rijksinstituut voor de Zuivering van Afvalwater, Afdeling Sport- en Beroepsbinnenvisserij, Organisatie ter Verbetering van de Binnenvisserij).

Het eindrapport zal een globale beschrijving geven van de achteruitgang van onze visfauna in de laatste 50 jaar. Het zal nodig zijn ook andere oorzaken dan watervervuiling in de beschouwingen te betrekken, zoals de bouw van stuwen in de rivieren en beken, inpolderingen en drooglegging van moerassen en wateren, waterstandsverlaging en waterstandsbeheersing e.a. veranderingen in het aquatische milieu. Van al deze veranderingen zijn nadelige effecten geconstateerd, maar vaak vallen milieuveranderingen samen zodat het moeilijker wordt de belangrijkste oorzaken aan te wijzen. Wat betreft de vervuiling moet hier opgemerkt worden, dat er slechts aan een relatief beperkt aantal parameters routinemetingen worden gedaan en dat er van vele zeer belangrijke weinig bekend is.

Veel duidelijker uitspraken zijn te doen over de status in talrijkheid van verschillende vissoorten. De trends voor de achteruitgang van verschillende vissoorten, die in de reeds verschenen rapporten: visfauna Maas en Zuid-Limburgse beken (Steenvoorden); visfauna van de Gelderse Vallei (Hadderingh); visfauna Kromme Rijngebied (Dogterom); visfauna Waterschap Vollenhove, visfauna van Noord-Holland) zijn aangegeven, gelden in veel gevallen voor de rest van het land, waarvan de gegevens nog niet in rapporten zijn vastgelegd. De status per soort zal semikwantitatief weergegeven worden in het eindrapport.

Bijvoorbeeld: in de 65 gebieden waar zeelt voorkomt of voorkwam, werd in 37 gevallen een achteruitgang gemeld, in 17 gevallen was de soort altijd al zeldzaam en in 11 gevallen bleef de soort ongeveer gelijk in aantal. Van de 37 gevallen van achteruitgang zijn de vermoedelijke oorzaken: 2 x zandwinning, 12 x aftakeling van polders (verlandings van sloten, watervervuiling), 14 x afname door verdwijning van waterplanten uit boezemwateren (watersport, watervervuiling, eutrofiëring), 3 x directe zware vervuiling, 4 x verlandings van petgatencomplexen, 2 x ruilverkaveling.

Het eindrapport zal ongeveer de volgende inhoud hebben:

1. Inleiding.
2. Samenvatting van geselecteerde literatuur.
In deze samenvatting zullen voorbeelden gegeven worden van de effecten van watervervuiling. Zie verder onder B1.
3. Veranderingen in de Nederlandse wateren gedurende de laatste 50 jaar en de veranderingen in de visfauna. In dit hoofdstuk zullen de veranderingen van milieu en visfauna opgesomd worden. Zie ook het voorbeeld van de zeelt hierboven.
4. Het optreden en de betekenis van vissterften.
5. Discussie over de verandering van de Nederlandse zoetwatervisfauna.
6. Globale verspreiding van een aantal vissoorten.
7. Samenvatting en konklusies.

6. Eventueel toekomstig experimenteel onderzoek.

Zoals in B.1 al genoemd zal er in de nabije toekomst veel onderzoek moeten worden gedaan aan de niet lethale gevolgen van watervervuiling voor waterdieren.

Het onderzoek naar directe niet lethale effecten kan verdeeld worden in drie gebieden:

1. Laboratoriumonderzoek, waarin effecten op voortplanting, groei e.a. moeten worden onderzocht, liefst aan meerdere soorten proefdieren. Dit laboratoriumwerk zal op den duur ook factorieële experimenten moeten omvatten, met de belangrijkste factoren. Deze zijn nodig om effecten en interakties van meer dan een faktor tegelijkertijd te onderzoeken.
Het literatuuronderzoek in B.1 genoemd, heeft geleid tot een voorlopig werkprogramma, waarin de lacunes in het onderzoek naar de invloed van het zuurstofgehalte op de levensfuncties van vissen worden aangegeven en waaruit een programma is afgeleid.
2. Veldwaarnemingen van de abiotische faktor(en), die men onderzoekt in gestoorde en natuurlijke situaties.
3. Verspreidingsonderzoek in relatie met 2.

In veel gevallen zal onderzoek naar indirecte gevolgen van vervuiling moeilijker zijn. Eigenlijk kan men hier alleen door grote kennis van de biologie van de betrokken soorten en door veel veldwaarnemingen, effecten met een zekere mate van waarschijnlijkheid verklaren.

De uitkomsten van het onderzoektype 1., leveren in principe criteria, die echter niet toe te passen zijn zonder 2 en die zeker getoetst moeten worden aan 3. Gecombineerd geven zij een mogelijkheid tot waterkwaliteitsbeoordeling.