DE ZUURSTOFBALANS EN PLANKTON VAN BRAK SLOOTWATER

door

Lucie van de Velde

Verslag van Stageonderzoek gedurende het tijdvak
3 september - 14 november
voor de Rijksuniversiteit te Leiden
onder supervisie van Ir. J.W. Rijstenbil

Delta Instituut voor Hydrobiologisch Onderzoek
Vierstraat 28 4401 EA Yerseke

Studentenverslagen D3 - 1979

Rechten voorbehouden: Van de "Studentenverslagen" is herdruk of aanhaling slechts toegestaan met uitdrukkelijke toestemming van de direkteur van het Delta Instituut voor Hydrobiologisch Onderzoek te Yerseke.

INHOUD

I. Inleiding 1

I.1. Het Delta Instituut en de werkgroep "Structuur en Dynamiek van de Instabiele Aquatische Oecosystemen." 1

I.2. Het plankton 2

I.3. Indeling naar substraat- en zuurstofgebruik 2

I.4. Theorie zuurstofhuishouding (Schwoerbel, 1977) 5

I.5. De reaeratie 6

II. Vraagstelling 8

III. Materiaal en Methoden 9

III.1. Object van onderzoek 9

III.2. Opzet van het onderzoek 9

III.2.1. Het veldwerk 9

III.2.2. Het laboratoriumwerk 10

III.3. Analysemethoden 11

IV. Resultaten 13

IV.1. Plankton over de verticaal 13

IV.2. Effect van zeven op de fytoplankton-biomassa 16

IV.3. Produktie- en consumptieproeven 19

IV.4. Inleidend onderzoekje op uitwisselingsproeven 20

IV.5. Reaeratie-proeven 20

IV.6. Beschouwing over verwerking van reaeratie-gegevens 22

IV.7. Zuurstofbepaling m.b.t. Winkler-titratie, een statistische verwerking 23

V. Conclusies + Discussie 25

V.1. Plankton over de verticaal 25

V.2. Effect van zeven op de fytoplankton-biomassa 26

V.3. Produktie- en consumptieproeven 27

V.4. Reaeratie-proeven 32

VI. Samenvatting 33

Summary 33

VII. Literatuur 35

Tabellen 37

Figuren 63

I. Inleiding

I.1. Het Delta Instituut en de werkgroep "Structuur en Dynamiek van de Instabiele Aquatische Oecosystemen."

Het Delta Instituut voor Hydrobiologisch Onderzoek te Yerseke heeft tot taak de oorzaken van de veranderingen na te gaan, die als gevolg van de afsluiting der zeegaten in de samenstelling van flora en fauna zullen optreden.

De kleine binnenwateren in Zeeland zijn vaak zeer inconstant met variaties in bijvoorbeeld zoutgehalte, temperatuur, zuurstofgehalte en stroomsnelheid. De milieuparameters fluctueren zodanig dat evenwicht nooit bereikt wordt en de beginfase blijft bestaan; de structuur en dynamiek van deze instabiele aquatische oecosystemen worden derhalve door een aparte werkgroep onderzocht.

In de brakke wateren van Zeeland treedt regelmatig een verticale zoutgradiënt op, deze gradiënt manifesteert zich met name in sloten en watergangen op ca. 15 cm boven het bodemslib, de stabiliteit hangt samen met de beweging van het water, wind heeft een geringe invloed. Deze min of meer stabiele microstatificatie zou een minder grote rol van de bodem tot gevolg kunnen hebben in de zuurstofhuishouding van het vrije water, er zou een micro-biocoenose in deze onderste waterlaag kunnen ontstaan met een eigen zuurstofbalans. Onderzoek hiernaar is belangrijk voor een beter begrip van de biologische structuur van dit type water en voor het beheer van oppervlaktewater.

Uit onderzoek naar de zuurstofhuishouding van brakke sloten (Rijstenbil, 1978,), verkregen we indicaties dat de zoutgradiënt invloed heeft op de zuurstofvoorziening onderin de waterkolom. Zoutgradiënten kunnen het gevolg zijn van:

a. toevoer van drainwater in de bovenlaag en

b. opwellen van sterk brak bodemwater (zoute kwel, comprimeren van veenlagen).

We spreken hier niet van een zoutstratificatie, omdat er, door voortdurende diffusie, maar een zeer geleidelijke toename is van het chloridegehalte, naar de bodem toe.

I.2. Het plankton.

Ringelberg (1976) geeft de volgende definitie van plankton: "vrij" in het water zwevende organismen, die niet op eigen kracht tegen interne waterstromen kunnen opzwemmen. Dat "vrij" zweven, zonder veel eigen beweging, moet niet letterlijk genomen worden, omdat vooral het zoöplankton over grote verticale afstanden kan migreren en wel degelijk tegen bijvoorbeeld verticale stroom in kan zwemmen.

Onderscheid wordt gemaakt in het macro-plankton, wat met het blote oog waarneembaar is, het meso- of net-plankton, wat achterblijft wanneer gezeefd wordt over 30 - 40 µ en tenslotte het nanno-plankton, wat hier doorheen gaat. Volgens Schwoerbel (1977) is het nanno-plankton niet groter dan 60 µ en niet kleiner dan 5µ , hij onderscheidt nog het ultra-plankton.

Het nekton is een samenvattende term voor de organismen die actief in het water zwemmen, m.a.w. het zijn de (grotere) organismen van de vrije waterzone die krachtig genoeg zijn om de interne stromingen van deze watermassa te overwinnen.

Schwoerbel (1977) onderscheidt het bakterioplankton, het fytoplankton (algen) en het zooplankton.

Wat het zwemmechanisme van het plankton betreft, locomotie kan op verschillende manieren plaatsvinden, bijvoorbeeld d.m.v.flagellen, cilia, pseudopodia of bewegingen van de cel zelf.

Het drijfmechanisme berust bij diatomeeën op aanwezig reservestof en bij blauwwieren op gasvacuolen. De vorming van cel (wand) aanhangsels, evenals kettingvorming door samenhang van meerdere individuen, verhoogt de wrijving in het water (Weberling + Schwantes, 1975).

I.3. Indeling naar substraat- en zuurstofgebruik.

De belangrijkste producenten in water zijn de algen. De consumentenketen bestaat uit "plantenetende" primaire consumenten en van zoölogische substantie levende secundaire consumenten de scheiding tussen deze twee groepen is echter niet erg duidelijk. De meeste primaire consumenten voeden zich ook met bacteriën en veel secundaire consumenten nemen ook plantenmateriaal tot zich.

In wateren zien we gewoonlijk een pelagische en een bentonische

consumentenketen. Schwoerbel (1977) geeft hiertoe de figuren 16 en 17.

Elke voedselketen is een systeem van energietransport. Potentiële energie,in planten ontwikkeld, passeert de opeenvolgende consumptieniveau's. Voedselketens kunnen erg complex zijn. Bijvoorbeeld in een poel, waarin door bacteriën en diatomeëen materiaal gesynthetiseerd wordt:bacteriën + diatomeëen → kleine protozoa → grote protozoa → rotiferen, kleine crustaceae → aquatische insecten → vissen. De grote vissen, en elk intermediair organisme, kunnen voedsel worden voor bacteriën, aldus de cirkel sluitend.

Onder "decomposing" wordt de afbraak van dode stof en van organische partikels verstaan, decomposers zijn o.a. bacteriën (Storer en Usinger, 1957).

In elke predatorketen zijn de opvolgende leden groter qua volume, maar kleiner in aantal.

Naar zuurstof-gebruik kan de volgende indeling gemaakt worden:
I chemische oxidatie (chemische reacties en chemo-autotrofe organismen).
II biodegradatie (organische moleculen + partikels).
→ bacteriën, amoeben, zooflagellaten, ciliaten.
III consumptie van bacteriën en algen (in levende staat).
→ "grazers" - ciliaten
copepoden

Planktonische crustaceae tonen een selectief voedselgedrag, variërend van passieve selectie op afmeting bij de cladoceren, tot het wegrukken door cyclopoïde copepoden.

Sommige algen worden actief afgewezen, andere slecht verteerd door "grazers". Porter (1973) heeft het effect van dit gedifferentieerd "graas" gedrag in een natuurlijke fytoplankton gemeenschap bestudeerd. Het bleek dat soorten groter dan 40 µ het minst aangetast worden. Vooral gelatineuze algen worden verder slecht in planktonische voedselketens geïncorporeerd. Ze kunnen zelfs levend de darm van een "grazer" passeren, na passage door de darm van Daphnia kunnen grote kolonies zelfs gefragmenteerd worden, zodat er een toename in aantal is.

Het gaat hier dus om de kleinere algensoorten die geconsumeerd worden.

IV consumptie van levend zooplankton

In het onderhavige geval hebben we alleen te maken met de steurgarnaal (Palaemonetes varians), die op copepoden jaagt.

V Respiratie door fytoplankton.

Deze kan aan de hand van metingen in donkere flessen bepaald worden, maar een scheiding tussen respiratie door foto-autrofen en hetrofen kan men niet maken.

De dichtheid van fytoplankton is: $D = P-R-G-S + A$ (Schwoerbel, 1977) waarbij P = fotosynthesegraad

R = respiratie

G = "grazing" consumptie door consumenten

S = sedimentatie

A = opwaartse beweging door turbulentie

In het algemeen ontwikkelt zich in het voorjaar en herfst een diatomeeënmaximum, in de zomer een maximum van groene algen (vaak met blauwwieren), terwijl gedurende de winter de fytoplanktonontwikkeling minimaal is.

De ruimtelijke verdeling is afhankelijk van de verdeling van het licht en het zweefvermogen van de algen.

Een analyse van de zuurstofhuishouding moet inlichtingen verschaffen over de gevolgen van een verticale zoutgradiënt voor de verticale diffusie van zuurstof in water. De beweging van zuurstof over de verticaal is van groot belang voor o.a. de bentonische organismen (Rijstenbil, 1978). Er zijn indicaties dat het verticale zuurstoftransport wordt afgeremd bij het passeren van een zoutere waterlaag.

Om het geheel te simplificeren voeren we de termen primaire en secundaire zuurstofconsumptie in. De primaire zuurstofconsumptie is dan de consumptie door bacteriën, en de ééncellige organismen (= chemische oxidatie en respiratie door decomposers). De secundaire zuurstofconsumptie is vervolgens het verbruik door de meercelligen als raderdieren, copepoden, wantsen, vlokreeften en steurgarnalen.

De aanleiding tot deze indeling is dat, als na aanvoer van allochtoon materiaal met veel organische stof, een sterk verontreinigde toestand ontstaan is, eerst de grote consumenten dood gaan. Het gaat dus om de invloed van secundaire consumenten naast de heterotrofe (aerobe) bacteriën, die nu als primaire consumenten bestempeld worden, als gevolg

van hun zuurstofverbruik door afbraak. We zien bij een verontreinigde toestand dus dat eerst grote consumenten (garnalen) doodgaan, daarna copepoden en rotiferen, bovendien is er een geringe produktie van zuurstof: er is praktisch geen fytoplankton. M.a.w. er is een vermindering van zuurstofproduktie en chlorofylgehalte. Het secundaire zuurstofverbruik door de hogere organismen komt terug als de sloot door zelfreiniging weer "gezond" wordt.(In grote fytoplanktonrijke wateren speelt de diogene zuurstofproduktie een belangrijke rol in deze zelfreiniging. Zie fig. 18.

I.4. Theorie zuurstofhuishouding (Schwoerbel, 1977).

Toevoer O_2 door	1. atmosfeer
	2. fotosynthese
Verbruik O_2 door	1. ademhaling
	2. afbraak en mineralisatie van organische stof
	3. verlies aan atmosfeer

Stromend water met snelle waterbeweging en geringe waterdiepte heeft een gunstiger zuurstofbalans dan stilstaand water. Bovendien wordt deze balans, zoals in I.3 blijkt,verslechterd door toevoer van organisch materiaal.

We bekijken de zuurstofbalans van een meer. Het kan voorkomen dat het O_2 gehalte per volume-eenheid ongeveer homogeen is over de watermassa. Door thermische stratificatie kan echter ook een verticaal O_2 profiel ontstaan. In het epilimnion dat tijdens de zomer ontstaat, wordt uit atmosfeer en door fotosynthese voortdurend zuurstof aangevoerd. In dichte fytoplankton-populaties en in de litorale vegetatie treedt overdags een O_2 oververzadiging op, terwijl 's nachts zuurstoftekorten kunnen ontstaan.

In het hypolimnion spelen zich uitsluitend O_2 verbruikende processen af, die de zuurstofvoorraad in meer of mindere mate aangrijpen. De zwaarste belasting op de zuurstofbalans vormen de bezinkende, organisch C-bronnen, dus de biodegradeerbare stoffen.

Sedimentatie is afhankelijk van produktie-eisen in het epilimnion, de zink- en afbraaksnelheid van dode organismen en de diepte van het water. Thienemann karakteriseert derhalve naar volumeverhouding van epilimnion tot hypolimnion.Een meer is oligotroof = type I als deze verhouding 1 of kleiner dan 1 is en eutroof = type II als het groter dan 1 is. (Hij typeert het water op basis van de vorm en de diepte van het waterbekken en op de

bodemfauna, met name de muggenlarven:

Type I alpien: met temperatuurspronglaag en groot O_2 gehalte in het hypolimnion (Tanytarsus) oligotroof.

Type II baltisch: met temperatuur- en O_2 spronglaag, O_2 bij de bodem gering tot nihil (Chironomus) eutroof.

Organisch afvalwater zal een oorspronkelijk oligotroof meer meestal snel eutrofiëren. De zuurstofverhoudingen in stromend water zijn van dezelfde factoren afhankelijk als in meren. O_2 afname over het oppervlak is erg intensief, als er een sterk deficit bestaat. Stabiele verticale O_2 gelaagdheden treden ook in grotere stromen niet op. Belangrijk is hier de dagcurve. Onder invloed van de O_2 verhoudingen vebruikende dissimilatie-processen en de biogene O_2 produktie ontstaat in stromend water een karakteristieke curve. Resulterend krijgt men figuur 19.

Onderscheid wordt gemaakt in vier typen water:

1. abiotisch stromend water zonder bio-activiteit: dagcurve slechts afhankelijk van temperatuur.
2. niet verontreinigd oligotroof en mesotroof water: fotosynthese-activiteit belangrijk bij dagcurve.
3. zwak verontreinigd water: sterke onder- èn oververzadiging van O_2.
4. sterk verontreinigd water: door atrofie alleen onderverzadiging.

Voor de zuurstofbalans bij gecompartimenteerde vorm, zoals in geval van een zoutgradiënt, zie Rijstenbil (1978).

Opgemerkt dient te worden dat men bij trofie met autotrofe processen te maken heeft, terwijl bij saprobie heterotrofe processen en de chemo-synthese van belang zijn. Zowel de trofiegraad als de verontreinigingsgraad (saprobiteit) kunnen door metingen van de stofwisseling alsook door analyse van de levensgemeenschappen vastgesteld worden.

I.5 De reaeratie.

Uit: kandidaatscollege waterzuivering L.H. Wageningen, 1971.

De mineralisatie van organische stof in water wordt bewerkstelligd door micro-organismen, die daarbij, zolang het milieu aeroob is, zuurstof gebruiken. Het O_2-gehalte kan zover dalen dat bijvoorbeeld vissen sterven en zelfs anderobie kan optreden.

De zuurstofhuishouding in water wordt door lozing van organische stoffen dus gemakkelijk verstoord, door:

a. geringe oplosbaarheid van O_2 in water.

b. beperkte snelheid van O_2 toevoer.

Reaeratie is nodig voor compensatie. Zuurstof kan in oppervlaktewater gebracht worden door algen via fotosynthese (afhankelijk van belichting). In eerste instantie houden we rekening met O_2 toevoer vanuit de atmosfeer, via het wateroppervlak.

De oplosbaarheid van O_2 in zuiver water bij 20° C in evenwicht met droge lucht is 9.3 mg/l. Is de lucht verzadigd met waterdamp dan zal de oplosbaarheid 9.1 mg/l bedragen. De C_s is verder afhankelijk van het gehalte opgeloste stoffen. Absorptie van gassen uit atmosfeer en water dat in volkomen rust verkeert, is een langzaam proces dat uitsluitend door de diffusie vanuit het grensvlak lucht/ water naar de diepte bepaald wordt. Men neemt aan dat een zeer dunne waterfilm aan het luchtoppervlak steeds met zuurstof verzadigd is en van daaruit de diffusie in benedenwaartse richting plaatsvindt.

Uitgaande van de wet van Fick:

$$\frac{dQ}{dt} = A.K_d \frac{dc}{dx} \quad (1)$$

leidde Stefan af

$$Q = 2A(C_s - C_t) \sqrt{\frac{K_d.t}{\pi}} \quad (2)$$

(gastransport vanuit de monomeleculaire grenslaag)

Q = gastransport (g/sec.)

A = oppervlak loodrecht of diffusierichting (cm^2)

x = concentratieverval over afstand x ($g.cm^{-3}$)

x = diffusieweg (cm)

t = tijd (sec.)

K_d = diffusieconstante ($cm^2.sec^{-1}$)

Wordt het oppervlaktelaagje door turbulentie steeds vernieuwd en gemengd met de rest van de watermassa:

$$\frac{dC}{dt} = K \quad (C_s - C_t) = K_2D \quad (3).$$

K is de reaeratie-constante en D het deficit aan O_2 in mg O_2/l $(C_s - C_t)$.

Voor de snelheid van O_2 opname in water is van betekenis:

a. het O_2 tekort van het water

b. de temperatuur

(hogere temperatuur → D geringer → snelheid O_2opname daalt, maar diffusiesnelheid neemt toe. T.g.v. de geringere viscositeit zal de turbulentie groter worden).

K neemt toe: $K(T) = K(20).1{,}024^{(T-20)}$ (4)

c. opgeloste stoffen

d. het relatieve wateroppervlak (A/V)

A = oppervlak in m^2

V = volume in m^3

Brede ondiepe waterlopen zullen een relatief hoge K vertonen.

e. mate van turbulentie

Bij stilstaande of zéér traag lopende wateren zijn thermische convectie en wind van invloed (V.4).

II. Vraagstelling

Doel is het beschrijven van de zuurstofbalans in slootwater, waarbij de invloed van de bodem buiten beschouwing wordt gelaten.

1. Onderzoek naar de relatie tussen chlorofyl-gehalte en fytoplankton-biomassa en naar de relatie tussen O_2-produktie en fytoplankton biomassa.
2. Onderzoek naar het verloop van de O_2-produktie en -consumptie in de tijd, enerzijds met de totale biomassa, anderzijds met de biomassa $<30\mu$. Het zooplankton wordt hierdoor ongeveer gescheiden in ééncelligen en meercelligen.
3. Beschouwingen over de uitwisseling van O_2 aan het grensvlak lucht - water, waarin centraal staat de invloed van de windsnelheid op de reaeratie-coëfficiënt.

Centraal staat het verkrijgen van een microscopisch beeld van het aanwezige plankton in een brakke watergang.

III Materiaal en Methoden

III.1. Object van onderzoek.

Als object is gekozen een ondiepe watergang, in welke zich een zoutgradiënt kan manifesteren met een variabel verloop (Rijstenbil, 1978). De watergang ligt in het Waterschap de Brede Watergang van Zuid Beveland, aan de Monnikendijk, Kattendijke (zie figuur nr. 1). De zoutgradiënt is hier meestal niet zo sterk, het verloop is ten hoogste $4^{o}/oo$ (boven) en $7^{o}/oo$ (onder). De diepte varieert van ca. 35 tot ca. 60 cm, de breedte is 6 m. Voor de chemische kenmerken zie Rijstenbil (1978). Wat het N-gehalte betreft mogen waarden in de orde van grootte genomen worden van 1.5 à 2.0 mg NO_3-N/l
0 à 0.2 mg NO_2-N/l en
1.0 à 3.0 mg NH_4-N/l.

Het PO_4-P gehalte bedraagt ca. 2 mg P/l. Het P-totaal ca. 3 mg P/l. Hieruit volgt dat het gehalte P-organisch ca. 1 mg P/l is. We kunnen hieruit een snelle turn-over van N aflezen, immers N-organisch:NH_4.N:NO_2.N:NO_3.N = 300:20:1:18, terwijl de turnover van P minder snel is:P. organisch: PO_4.P=1:2. Bekend is dat de verhouding C:N:P in algenmateriaal 150:30:1 is, wat impliceert dat aanwezig zou moeten zijn ca. 30 mg N.organisch/l. We vinden een veel kleiner N. aanbod, m.a.w. er is een "constant" tekort in aanbod van N- nutriënten. Door nutriënten-toename zal het fytoplankton sneller groeien. De mineralisatie-snelheid is gelijk aan de fotosynthese-snelheid (=nutriënt-opname), beide snelheden zijn zeer groot, en ze bewerkstelligen dus een soort evenwicht. Zie figuur 20.

III.2. Opzet van het onderzoek

III.2.1. Het veldwerk

Scheiding wordt gemaakt tussen monsters slootwater aan het oppervlak en aan de bodem. M.a.w. we onderscheiden "oppervlak" en "diep"-monsters, respectievelijk 10-20 cm vanaf het wateroppervlak en 0-10 cm vanaf het sediment. Het water wordt met een pomp en slagensysteem naar het monstervat gebracht. De aanzuigopening van de pomp heeft een doorsnede van 1.5 mm (waarschijnlijk vinden we hierdoor praktisch geen copepoden). D.m.v. zeven door een 30 plankton-net verkrijgen we tenslotte 4 typen monsters:

a. < 30 µ oppervlak
b. totaal oppervlak
c. < 30 µ diep
d. totaal diep

Weertype, diepte en secchiwaarde van de sloot worden genoteerd, bovendien wordt telkens de temperatuur gemeten, op 3 dieptes. Deze temperatuur wordt bepaald met een tele-thermometer; YSI model 46TUC, met een zuiverheid c.a. 15°C en afleesbaarheid 0.05°C.

Vervolgens wordt het water over kleine zuurstofflesjes van ca. 12 ml. verdeeld, waarvan later het O_2 gehalte in mg/l bepaald wordt eindconcentraties O_2). Tevens worden monsters genomen voor de Cl^-bepaling. In verband met vraagstelling 2 is de volgende opstelling gekozen: We maken een scheiding opp./diep; 30μ/totaal en licht/donker. Flesjes voor: <30μ, opp., licht en totaal, opp., licht worden aan het vlondertje aan het wateroppervlak bevestigd. Voor de overige flesjes is een kistje gemaakt, waarin d.m.v. klemmetjes flesjes bevestigd worden, hierin hangen de flesjes voor:<30μ, donker en totaal, donker, zowel voor diep en oppervlak, het kistje wordt op de bodem van de sloot geplaatst. Aan de buitenzijde van het kistje worden op dezelfde wijze <30μ, diep, licht en totaal, diep, licht bevestigd.

De beginconcentratie van O_2 wordt bepaald in duplo van onbehandeld en gezeefd water. De duur van de proef was afhankelijk van het zonlicht (i.v.m. overbelichting) en temperatuur.

Voor het determinatie-werk worden monsters op verschillende hoogte genomen variërend van 20-50 ml., al naar gelang de "dikte" van de monsters, fixatie met I-KI ., analyse volgens R.I.D. methode (zie III.3).

Voor de nadelen van O_2 produktie-consumptie meting in flessen, zie Rijstenbil (1978).

III.2.2. Het laboratoriumwerk.

De vraagstelling 3 is op experimentele zijde in het laboratorium uitgevoerd. Gekeken wordt naar de invloed van wind op het O_2-gehalte van water in de tijd. "Wind" wordt verkregen door perslucht uit een desbetreffende kraan in één richting over bakken met water te leiden, d.m.v. meer of mindere draaiïng van de kraan worden verschillende windsnelheden verkregen, welke we meten met een windmeter (handanemometer) model . Fuess, Berlin Steglitz B 919. Gebruik wordt gemaakt van rechthoekige ondiepe bakjes met oppervlak 570 cm^2, lengte en diepte 5 cm.

In de bakken wordt demin-water gebracht, met een Cl^-gehalte van 5°/oo. In de tijd worden watermonsters genomen en de temperatuur genoteerd (kwikthermometer). Er wordt uitgegaan van zuurstofloos water,

verkregen door toevoeging van Na_2SO_3, één dag tevoren:
$2\ SO_3^{2-} + O_2 \rightarrow 2\ SO_4^{2-}$.

voor $C_s = 8$ mg $O_2 l^{-1} = \frac{8}{32}$ mMol O_2, moeten we $\frac{16}{32}$ m Mol Na_2SO_3 aan het water toevoegen. Opzet is geweest om steeds een bak zonder wind te gebruiken als referentie.

O_2 monsters worden d.m.v. een spuit op 5 diepten, in duplo, genomen.

III.3. Analysemethoden.

Chemisch:

1. O_2 bepaling m.b.v. Winkler-titratie.

Het beginsel van deze methode is dat O_2 in alkalisch milieu door mangaan (II) hydroxide gebonden wordt. In sterk zuur milieu wordt uit kaliumjodide aan O_2 equivalente hoeveelheid jood vrijgemaakt, dat vervolgens met natriumthiosulfaat wordt getitreerd (0.01 n $Na_2S_2O_3$).

$4Mn\ (OH)_2 + O_2 \rightarrow 2MnO.\ MnO_2 + 4H_2O$

$2\ Mn.MnO_2 + 12\ H^+ + 4\ I^- \rightarrow 4Mn^{2+} + 6\ H_2O + 2\ I_2$

In het veld wordt zo snel mogelijk aan het watermonster Mn-oplossing en alk. I oplossing toegevoegd, na schudden worden de flesjes in het donker (en eventueel koel) bewaard. Er is nu fixatie opgetreden. Het neerslag bezinkt (minstens 4 uur) en later wordt d.m.v. een waterstraalpomp ca. de helft van de heldere vloeistof weggezogen. Fosforzuur wordt toegevoegd en de titratie volgt met zetmeel als indicator.

Hierna kan het O_2-gehalte in % van de verzadigde waarde berekend worden. T.g.v. fotosynthese kan het O_2 verzadigingspercentage soms groter zijn dan 100%.

In verband met het onderzoek van Rijstenbil (1978) is gekeken naar het verschil in behandeling van kleine en grote zuurstofflessen:

. Klein (± 12 ml)			. Groot (± 120 ml)
3 druppels $MnCl_2$	- fixerenI I	-	1 ml MnCl2
3 druppels NaOH.KI	- fixeren II	-	1 ml NaOH.KI
5 à 6 druppels	- aanzuren met 85% H_3PO_4	-	4 à 5 ml
3 druppels zetmeel	- dosering indicator	.	± 2 ml zetmeel
0 - 2.5 ml	- titratierange		0 - 25 mg
C_s = ± 1.3 ml thio.	- verz. waarde O_2		C_s = 12 ml thio.

Is na aanzuring met H_3PO_4 de kleur lichtgeel, dan is er weinig. I_2 en derhalve weinig O_2, dit i.t.t. een roodbruine kleur. Bij de kleine flesjes wordt getitreerd na zetmeeldosering (paars→blauw→kleurloos). Bij de grote flessen wordt eerst getitreerd tot de gele kleur optreedt, dan pas zetmeel erbij gedaan.

Gegevens zijn verkregen door:

1. grote voorraad deminwater + $8^o/oo$ Cl^-
2. 1 uur beluchten met perslucht
3. 1 uur stabiliseren
4. bemonsteren in series van 3, op de volgende wijze:
   a. monster in grote fles (M1-1)
   b. monster in klein flesje (M2-1)
   c. monster in klein flesje, met injectiespuit genomen (M3-1)

Volgende serie M1-2, M2-2, M3-2 t/m M1-10, M2-10, M3-10

5. afwisselend titreren

Totaal 30 monsters.

Het geheel is statistisch uitgewerkt.

2. Chloridebepaling door meting van geleidbaarheid.

M.b.v. Philips PW 9501 conductivitymeter, geeft uitslag in $\Omega^{-1}cm.^{-1}$ (celconstante 1.27). Omrekening via een rekenprogramma voor polderwater, naar $^o/oo$ Cl. op twee decimalen nauwkeurig. Onbehandelde watermonsters worden in een waterbad van 20^oC gezet.

3. Chloride-titratie m.b.v. radiometer buret

Principe: Cl^- wordt tot een vast eindpunt getireerd met $AgNO_3$. Dit eindpunt bedraagt -126 mV en wordt op de titrator vast ingesteld. Alle chloride-bepalingen worden dan automatisch potentiometrisch tot dit eindpunt getitreerd.

4. Chlorofylbepaling

Cellen verpulverd en gehomogeniseerd in een kogelmolen Kobold MSK celhomogenisator. Bepaling spectrofotometrisch of (fluorometrisch. Uitkomsten in $mg.m^{-3}$ (Voorschrift Chemisch Laboratorium, Delta Instituut).

Planktonanalyse:

Methode: fractionering en bezinking volgens de methode op het Rijksinstituut voor de Drinkwatervoorziening, Leidschendam, ontwikkeld. Fracties:> 100μ , >30-100μ en <30μ.

1. Gereedmaken van de planktonmonsters:
hoge opzetstukken (inhoud 100 ml) worden geplaatst op monstercuvetten (analyse cuvetten), welke op filtreerpapiertjes in petrischalen liggen. Fracties worden aangegeven: bezink/ 30µ/100µ.
3 druppels I-KI worden in een analysesecuvetje gebracht, jodium hecht zich aan het zwevende materiaal, de vlok wordt zwaarder en sedimenteert
De fracties worden in de cuvetten gebracht en aangevuld met demin tot 100 ml. Vervolgens wordt een dik dekglas bovenop de cuvetten geplaatst, zonder luchtbel.
2. De deeltjes zullen nu in de analysecuvetten terechtkomen, we handhaven een bezinktijd van 1 etmaal.
3. Als alles bezonken is, wordt naast het opzetstuk in de petrischaal een omgekeerd analysecuvet geplaatst, het opzetstuk wordt voorzichtig hierop geschoven.
4. We hebben nu het te analyseren materiaal opgevangen in het analysecuvet, hierop wordt een dekglas geplaatst.
5. Maat van het analysecuvet: 32 x 32 x 2 mm^3.
6. Gekeken wordt met een omgekeerde microscoop met projektiescherm van het systeem Untermüller (Reichert Austria nr. 360696). Doorgaans wordt gekeken met een 40 x objectief, waardoor 1 monstercuvet 40.000 beeldvelden bevat, waarvan er doorgaans, in verband met de korte duur van het onderzoek, slechts 25 worden geteld.

IV. Resultaten.

IV.1. Plankton over de verticaal.

We bekijken de fytoplanktonbiomassa-chlorofyl relatie. De gebruikte soortsnamen zijn steeds overgenomen uit de jongste der geraadpleegde publicaties. In het verslag zelf zijn daarom de auteursnamen achter de soortnamen weggelaten; hiervoor wordt verwezen naar de genoemde werken.

ad.-1:
Met Chlorococcen, non det. wordt bedoeld: coccoïde µ-algen, d.w.z. chlorofylhoudende bolvormige cellen 1-5µ in doorsnede.

ad. 2:
De algen (Phycobionta) worden ingedeeld naar Weberling + Schwantes (1972):

. Chlorophyta	1. klasse Chlorophyceae (groenwieren)	a.
	2. klasse Conjugatophyceae (jukwieren)	b.
	3. klasse Charaphyceae	c.
. Euglenophyta	klasse Euglenophyceae	d.
. Dinophyta	klasse Dinophyceae (dinoflagellaten) (Pyrrophyta)	e.
. Chromophyta	1. klasse Chrysophyceae (gele algen)	f.
	2. klasse Xanthophyceae	g.
	3. klasse Bacillariophyceae (diatomeëen	h.
	4. klasse Phaeophyceae (bruinwieren)	i.

ad.-3:

Over de Euglena-soorten het volgende. In metabolische individuen verandert de vorm gedurende voortbeweging. Een verklaring voor het optreden van metabolieten wordt gezocht in de pellicle(= een elastisch membraan nauw verbonden met het onderliggend protoplasma). Veranderingen van de metaboliet-vorm is waarschijnlijk gevolg van krachten die ook verantwoordelijk zijn voor de amoeboïde beweging. Verder blijkt het medium van invloed op het optreden van metabolieten (Gojdics, 1953). Euglena acus vertoont veel metabolieten in een medium met veel organisch materiaal, een toename is ook te constateren in een alkalisch milieu, terwijl de "zwem-beweging" dan afneemt. In een zuur milieu zien we juist het tegenovergestelde.

ad.-4:

Bij Chlamydomonas spec. zijn naast het volwassen stadium nog 4 andere stadia waargenomen:

a. copulatiestadium

b. palmella-stadium

c. cystestadium

d. vegetatieve cel

Kudo (1931) zegt hierover: De trophozoït is een vegetatief stadium, een fase in de levenscyclus van Protozoa. Onder bepaalde omstandigheden ondergaat deze trophozoït "encystment", o.a. door de differentiatie. Oorzaken kunnen zijn: lage temperatuur, pH verandering, laag of hoog O_2-gehalte, accumulatie van metabolische produkten.

Deze capaciteit tot cyste-vorming is waarschijnlijk één

van de redenen voor de grote verspreiding van Protozoa.Redifferentiatie vindt plaats onder gunstiger omstandigheden.

ad.-5.

Af en toe is een copulatiestadium van een Phytomonadeflagellaat aangetroffen (Chlamydomonadidae).

Voor planktonlijsten langs de verticaal zie tabel I en II.
Plaats: Monnikendijk-Kattendijke
Datum: 18-10-1977 en 25-10-1977

Tabel I: fytoplankton-soorten die frequent per monster zijn waargenomen. Weergegeven is het aantal per liter.
Tabel II: fytoplankton-soorten die minder frequent en/of in mindere mate waargenomen zijn.
In tabel III is een beeld gegeven van waargenomen zooplankton.

We willen nu de relatie bekijken tussen de fytoplankton-biomassa en het chlorofylgehalte. De aanwezige biomassa van algen, hogere planten, herbivoren e.d. vormt de achtergrond voor het vergelijken van procesuitkomsten op verschillende tijdstippen of in verschillende systemen. Het bestuderen van de invloed van bijvoorbeeld temperatuur op de primaire produktie wordt zinvol als de produktiegetallen op een biomassa-eenheid worden betrokken. Eén van de dingen die het eerste opvalt bij de bestudering van een oeco-systeem is het soorten- en individuen-aantal (Ringelberg, 1976).

1. de vormenrijkdom in engere zin
2. verdeling van individuen over de soorten

Het louter vergelijken van aantallen is dikwijls onbevredigend. Zeer kleine organismen, zoals bacteriën of µ-algen zijn meestal in zulke grote aantallen aanwezig dat de aantallen van de grotere organismen in het niet vallen. Een betere benadering krijgt men als het volume als basis genomen wordt. Toch zijn ook hier nadelen aanwezig, zo is met name de inhoud van Peridinium-soorten zeer moeilijk te bepalen.
In de figuren 2 en 3 is de biomassa van de meest voorkomende soorten uiteengezet. In de figuren 4 en 5 is de totale biomassa van het fytoplankton met het chlorofylgehalte vergeleken.

Omdat de blauwwieren in het chromatoplasma vaak chlorofyl a bevattende thylakoïden hebben, is de totale biomassa bepaald met blauwwieren erbij.
Voor berekende inhouden zie tabel IV.
Voor totale biomassa zie tabel V.

IV. 2.. Effect van zeven op de fytoplankton-biomassa.

Door het zeven elimineren we o.a. een deel van de voedselketen. Normaal staan de rotiferen en copepoden in het bemonsterde water (O_2 flesjes) aan het eind van de voedselketen, na het afzeven echter de ciliaten.
We handhaven Ringelberg (1976) wat betreft de scheiding van nanno- en netplankton, nl. 30µ.
In tabel VI + VII zijn tellijsten verwerkt van soorten die regelmatig in grote hoeveelheden in ongezeefde monsters voorkomen. Van één datum zijn dus van oppervlakte- en bodemniveau "totaal" monsters verzameld. Deze zijn in 3 fracties gescheiden, geanalyseerd en vervolgens is van elk soort het aantal per liter monster berekend.
Tabel VIII + IX geeft naamlijsten van soorten die minder frequent aangetroffen zijn.
Tabel X + XI geeft een overzicht van de analyses van de >30µ monsters. Ook hier is naar biomassa omgerekend.
Figuren 6 en 7 geven de biomassa in de tijd van de meest voorkomende soorten.

1. Nitzschia closterium
2. Chlamydomonas spec.
3. Cryptomonas spec. 1
4. Peridinium spec. 1, n.a.w. Glenodinium foliaceum.
5. Achnanthes lanceolata

Deze twee figuren geven weer de totale fytoplankton-biomassa per fractie, d.w.z. de totale fractie, welke in 3 delen geanalyseerd is, en de <30µ fractie, welke als zodanig in het veld verzameld is.

Hiernaast is een onderzoekje gedaan om te zien of over het traject eendensloot - grote watergang en tussen slootkant en open water verschillen in planktonsamenstelling is.

De eendensloot is gelegen links van de duiker, die onze sloot met deze sloot verbindt, er zwemmen veel eenden in. Rechts van de duiker bevindt zich onze monsterplaats en tenslote krijgt men de kruising met de brede watergang. Zie hiervoor tabel XII + XIII. Gegeven

zijn de aantallen behorende bij de vindplaats, datum is 2-11-1977. Bovendien is bekend dat een kleine sloot iets van onze monsterplaats verwijderd met landbouwvergif in aanraking komt. Veel landbouwvergiften zijn in feite groeistoffen: een bepaalde verdunning van het gif kan derhalve een ideale groei-"stimulator" zijn voor fytoplankton. Een voorbeeld hiervan is bekend in de Grevelingen (Peelen, pers. meded.). Resultaten zijn vermeld in tabel XIV.

Het zooplankton:

Wat we in de monsters zien is vnl. Brachionus urceolaris en wat cyclopoïde copepoden: copepodieten en nauplius-stadia.

De copepoden (roeipootkreeftjes; Crustaceae) kan men onderscheiden in

1.	Calanoïda	marien-planktisch
2.	Cyclopoïda	limnisch-litoraal
3.	Harpacticoïda	marien-limnisch litoraal-bentisch.

Kenmerken van de Cyclopoïde copepoden zijn

a. middellange antennen

b. cephalothorax + abdomen niet streng gescheiden

c. gepaarde eierzak

Ontwikkelingsstadia zijn 1. eistadium, 2. Nauplius-stadia I-VI, 3. Copepodieten-stadia. I-V, 4. adult.

De totale ontwikkeling van ei tot adult is langer dan 1 maand.

In tabel XV + XVI vindt men wat aan zooplankton gevonden is gedurende de monstername van 13-9 t/m 2-11-1977. Enig echt houvast zijn echter de twee data waarop planktonfracties >150μ van oppervlak en diep genomen zijn. Zie hiervoor tabel XVII.

Het nekton:

We hebben al gezien dat O_2 wordt gebruikt door levend zooplanktonconsumptie. Een poging is gedaan om iets van deze consumptie te weten te komen om zo een uitspraak te kunnen doen over de invloed van zooplankton en nekton in monsters. Al met al blijft deze proefname een grove benadering!

Gebruik is gemaakt van

- Gammarus duebenii (vlokreeft; detritus-eter)
- Palaemonetes varians (steurgarnaal; copepoden eter)
- Sigara stagnalis (wants; detritus)

Er zijn proeven gedaan met telkens één organisme in een O_2-flesje van ca. 120 ml. Gemeten is de zuurstofopname per 3 uur in donkere omgeving en bij een temperatuur van ca. 20°. De enige waarde hiervan is dat we een onderlinge vergelijking van het O_2 verbruik van nekton verkrijgen. Over aantallen is niets met zekerheid te zeggen!
In tabel XVIII wordt een overzicht van deze proef gegeven.
Een ruwe schatting geeft voor de oeverzone:

10 steurgarnalen / 1 l.
2 vlokreeften / 1 l.
0,2 duikerwants / 1 l.

Percentagegewijs is het belang vanhet"litoraal"$\frac{1}{24}$ van de watergang qua inhoud per strekkende meter:

breedte x hoogte x lengte oeverzone 0,50 x 0,25 x 1 = 0,125 m^3
watergang 0,50 x 6 x 1 = 3.000 m^3

"Pelagiaal":maar 1 steurgarnaal per 5 l.
Gemiddeld krijgen we dan 0.61 ex.Palaemonetes varians per l.
0.10 ex.Gammarus duebeni per l.
0.01 ex.Sigara stagnalis per l.

Doel is dus,een indruk te geven dat het nekton toch een aanzienlijke aanslag kan plegen op de O_2-balans: deze factor is buiten beschouwing gelaten bij het onderzoek van Rijstenbil (1978).
Er is sprake van:

1. basaal O_2 verbruik (zonder substraat)
2. O_2 vebruik door slootwater-substraat te dissimileren.

Wat gebruiken deze organismen nu per dag aan O_2? In de 120 ml. flessen per 3 uur: 0,5 mg/l per organisme (Gammarus)
0,9 mg/l per organisme (Palaemonetes)

per dag dus: 8 x 0,5 x 0,12 x 0,61 = 0,29 mg O_2/l
8 x 0,9 x 0,12 x 0,10 = 0,09 mg O_2/l
0,38 mg O_2/l

Waarschijnlijk zal een organisme niet 24 uur lang evenveel zuurstof consumeren, maar tijdelijk terugvallen op basaal verbruik. Inderdaad hebben Duval + Geen (1976) aangetoond dat endogene ritmen bestaan in ademhaling en voedselopname van zooplankton. In het kort komen de proeven van deze onderzoekers wat de respiratie betreft, neer op:

- gedechloreerd water, met lucht verzadigd.
- licht gefilterd door een roodfilter in donkere kamer.
- streptomycine sulfaat om bacteriële groei tegen te gaan.
- fixatie van O_2 met $MnCl_2$ en NaOH-Na I.
- zooplankton was gefixeerd met 50% ethanol: 50% formaline
- zooplankton-analyse, omrekening naar een standaard biomassa.

Minima zijn gevonden omstreeks het middaguur. 10°C gaf hogere uitkomsten dan 16/21°C wat respiratie betreft. De respiratiegraad werd 1,9 x zo klein van de ochtend naar de middag en 2,7 x zo groot van de middag naar de avond. De corresponderende voedselopname werd respectievelijk 6,1 x en 7,1 x zo groot.

De duikerwantsen nemen O_2 uit de lucht op onder hun dekschild, dus niet uit het water! We concluderen hier een niet te verwaarlozen belang van het nekton op de O_2 balans. Hier dus van steurgarnalen en vlokreeften.

IV.3. Produktie- en consumptieproeven.

Wat we uiteindelijk willen aantonen is een correlatie tussen de grootte van de biomassa en de O_2 produktie en consumptie in de tijd, met de totale biomassa <30µ.

I. Heeft vermindering aan fytoplanktonbiomassa effect op de fotosynthese?
- nadelig effect: minder fotosynthetiserende organismen
- positief effect: minder organismen, meer nutriënten per organisme, dan worden de milieu-omstandigheden gunstiger en is er optimale fotosynthese.

Ringelberg (1976) gaat in op de verdeling van hulpbronnen. De dominante soorten zouden beslag leggen op een groot deel van de beschikbare voedingsstoffen, de in gering aantal voorkomende soorten zouden het met de restjes doen.

Er zijn twee mogelijkheden:

a. Geometrische verdeling.
   Soort 1 neemt de helft van de toale beschikbare hoeveelheid,
   soort 2 de helft van de resterende helft, etc.
   De populatievolumina verhouden zich als een geometrische reeks.

b. Bepaalde statistische verdeling, b.v. normaalverdeling.
   Groot aantal soorten: middelmatig
   klein aantal soorten: veel
   klein aantal soorten: weinig

Wanneer nu ingegrepen wordt in de opbouw van een soortengemeenschap, dan zal de bestaande relatie qua hulpbronnen verstoord worden.

II Wat is het effect van het zeven op de consumptiesnelheid van het zooplankton?
In de figuren 8, 9, 10, 11 en 12 zijn de resultaten vermeld van de desbetreffende monsterdata. In zoverre gegevens over pH, temperatuur etc. bekend zijn, zijn deze vermeld. Voor analysemethode, zie Rijstenbil (1978).

O_2produktie in flessen moet i.v.m. remming van het licht gecorrigeerd worden. Deze vermenigvuldigingsfactor is geschat op 1.45 voor kleine O_2-flesjes, d.w.z. er is een lichtremming van 31%.
In de figuren 8, 9, 10, 11 en 12 vindt men de O_2 produktie en consumptiecurven. Hierbij is $\frac{dp}{dt}$ de O_2consumptie per uur. De instralingsgegevens zijn afkomstig van: dagritme instraling solarimeter te Bommenede 1977, uitgedrukt in Joule cm^{-2} (400-700 manometer, zichtbaar licht).

Ter illustratie van een zoutgradiënt zijn ook voor dit onderzoek wat zoutgehalten langs de verticaal gemeten en tevens het O_2-gehalte met de zgn. Merkssampler (Rijstenbil, 1978) zie hiervoor de figuren 13 + 14.

IV.4. Inleidend onderzoekje op uitwisselingsproeven.

In eerste instantie is een proefje gedaan met slootwater in het laboratorium, als inleiding op de uitwisselingsproeven, bedoeld als schakel tussen het gebruik van synthetische oplossingen in het laboratorium en veldmonsters, dan wel veldmetingen. Hierbij is getracht van de 3 factoren produktie, consumptie en uitwisseling uit te gaan. De resultaten geven echter te weinig houvast om uitwisseling te berekenen, derhalve is definitief voor de in III.2.2 beschreven opstelling gekozen.

IV.5. Reaeratie-proeven

De resultaten zijn als volgt uitgebeeld en verwerkt:

a. uitgezet tegen de tijd: het O_2-gehalte van 5 diepten, (proefname met wind).
b. uitgezet tegen de tijd: het O_2-gehalte van 5 diepten (referentie).
c. van 5 diepten zijn de waarden gemiddeld: het O_2-gehalte, met en zonder wind, uitgezet in de tijd.

$$\cdot \frac{dc}{dt} = K\ (c_s - c_t)$$

$\frac{dc}{dt}$ is te berekenen, evenzo $c_s - c_t$, waardoor de waarde van K gegeven wordt. De reaeratiecoëfficiënt is niet afhankelijk en het zoutgehalte, deze beïnvloedt alleen de c_s.

De bedoeling is een constante reaeratiecoëfficiënt $\underline{K_{20}}$ te berekenen, alleen afhankelijk van de windsnelheid u.

$K_T = K_{20} \times 1.024^{(T-20)}$ zou een correctie kunnen zijn als voor elk tijdsintercept een andere K gevonden (de temperatuur in het laboratorium en dus van het water schommelde inderdaad tijdens de proefname). Tenslotte wordt de gemiddelde K_{20} genomen voor elke windsnelheid u.

Toch is het niet zo eenvoudig als boven geschetst is:

$\frac{de}{dt} = k_T \times (c_s - c_t)$ (symbool c wordt nu $\underline{\underline{e}}$: uitwisseling)

$$\frac{de}{(c_s - c_t)} = K_T \times dt$$

$$\int_{c_o}^{ct} \frac{de}{c_s - c_t} = K_T \times \int_{o}^{t} dt \rightarrow$$

$$\int_{c_s}^{ct} \frac{da}{a} = K_T \times \int_{o}^{t} \quad a = (c_s - c_t)\ \mathrm{Ln}\ a \Big|_{co}^{ct} = K_T \times t$$

dus: $- \mathrm{Ln}\ (c_s - c_t) + \mathrm{Ln}\ (c_s - c_o) = K_T \times t$

en: $- \mathrm{Ln}\ \frac{c_s - c_t}{c_s - c_o} = KT \times t$

of: $\mathrm{Ln}\ \frac{c_s - c_o}{c_s - c_t} = K_T \times t$

$^{10}\log \frac{c_s - c_o}{c_s - c_t} = K_T \times \log e \times t = \underline{\underline{K_T}} \times t$, uiteindelijk resultaat is:

$$K_t = \frac{Kt}{\log e} = 2.303 \times K_t$$

Als in een grafiek $^{10}\log \frac{c_s - c_o}{c_s - c_t}$ uitgezet wordt tegen de tijd, is $\tan \alpha = K_t$

$K_t = 2.303 \times K_t$ is de juiste constante, en K_{20} wordt dan uit deze K_t berekend.

In grafiek kan dan $^{10}\log \frac{cs-co}{cs-ct}$ uitgezet worden tegen de tijd. Getracht is een correcte lijn door de punten te krijgen, bij een constante temperatuur zou tan α dan K_t zijn en $k_t = 2.303 \times K_t$, waarna K_{20} simpelweg gegeven wordt.
Bij elk punt is de temperatuur vermeld, deze is helaas nogal fluctuerend. Daarom berekenen we van elk intercept, er is direkt omgerekend tot K_{20}, waaruit de gemiddelde K_{20} van één windsnelheid u volgt. Om alle gegevens beknopt weer te geven, is slechts het eindresultaat in tekening gebracht: in figuur 15 is K_{20} uitgezet tegen de windsnelheid u.

IV. 6 Beschouwing over verwerking van reaeratie-gegevens.

De veronderstelde uitwisseling is een gemiddelde, voor te stellen als een blok van 5 cm dikte, met hetzelfde oppervlak als de echte curve voor diffusie (Rijstenbil, 1978). We rekenen met een 5 cm hoogte van de waterkolom, omdat dit de mengdiepte is in de proefopstellingen
e = uitwisseling van O_2 aan grensvlak lucht/water.
c_t= moment-concentratie O_2, c_s = verzadigingswaarde O_2 en $\frac{de}{dt} = K_t \times (c_s-c_t)$.
Voor de windproeven, uitgaande van O_2-loosheid, is gebruik gemaakt van bakjes met een inhoud van 2.5 l en een oppervlak van 505 cm^2 per liter is dat dus ca. 200 cm^2.

$$\frac{de}{dt} = K_{20} \times (c_s-c_t)$$

mg/l uur mg/l
mg/200 cm^2. uur

K_t heeft nu betrekking op de uitwisseling in $mg.cm^{-2}$, veroorzaakt door concentratiedeficits in $mg.cm^{-3}$.
Dus:
$\frac{de}{dt} = K_t \times (c_s-c_t)$ in $mg.cm^{-2}.\ uur^{-1}$, als (c_s-c_t) uitgedrukt in $mg.\ cm^{-3}$.
K_t' wordt dan in cm. uur^{-1} uitgedrukt.
K_{20} in uur^{-1} is dus niet voldoende als dimensie, het uitwisselend oppervlak is maatgevend.

Liss (1972) geeft uitwisseling steeds in $mgcm^{-2}$ en de concentratieverandering in $mgcm^{-3}$, dus K_{20} in $cm.uur^{-1}$. Ook hij gaat uit van een

laminaire laag in het water, dicht aan het oppervlak, en omdat dit gas niet chemisch reageert met het water, is transport door deze film slechts mogelijk door moleculaire diffusie. Hoewel dit film-model niet zo realistisch is, behalve misschien onder erge kalme condities, is het toch nuttig bevonden in interpretaties van sommige phenomena, geobserveerd in gasuitwisseling en voor theoretische calculaties. Zie verder discussie in V.4.

IV.7. Zuurstofbepaling m.b.v. Winkler-titratie, een statistische verwerking.

Feitelijk losstaande van het voorafgaande is de foutenanalyse en betrouwbaarheidstoets van monstername en titratie.
Twee soorten O_2 flessen (stopflessen) zijn gebruikt:
1. grote flessen (± 120 ml)
2. kleine flessen (± 12 ml).
Tijdens dit onderzoek is slechts gebruik gemaakt van kleine O_2 flessen).
Er zijn 5 klassen die op significant verschil getest zijn, van elke serie is een vergelijking gemaakt van de onderlinge waarden.

I grote flessen tegen kleine flessen: hevelen.
II hevelen tegen spuiten: kleine flessen.
III overgieten in erlenmeyer en titreren met 0.0005n thio, tegen de normale wijze van titreren.
IV direct zetmeel toevoegen tegen halverwege toevoegen: grote flessen.
V serie groot tegen serie klein (zie III.3).

Statistische toets aan de hand van de Student-verdeling via een rekenprogramma.

I. Deminwater belucht en na stabilisatie monstername, geen chloride toegevoegd en de temperatuur = 22.4°C. De nulhypothese H_o zegt dat er geen significant verschil is tussen grote en kleine flessen, die beide geheveld zijn. Getoetst is een serie van 15 grote flessen, waarin pas zetmeel is toegevoegd nadat de gele kleur verscheen, met een serie van 10 kleine flesjes, die normaal behandeld zijn.

t = 13.292224 en dit ligt buiten de grens van 3,767 die hoort bij P 0,001. Er is dus wel duidelijk een significant verschil tussen het gebruik van de hevel bij grote en kleine flessen. Bovendien is nog een serie van 5 grote flessen, waar direct zetmeel in gedaan is, getoetst met de serie kleine flesjes. Ook hier wordt H_o verworpen. t = 7,97923 en dit ligt buiten de grens van 4,221 die hoort bij P< 0,001.

II. Deminwater belucht en na stabilisatie monstername, zelfde milieu als I.
De nulhypothese H_o zegt, dat er geen significant verschil is tussen hevelen en spuiten. Getoetst 2 series van 10.
t = 2,16860 en dit ligt binnen de grens van 3,922 die hoort bij P< 0,001.
Er is dus geen significant verschil, H_o wordt niet verworpen.

III. Twee series van 5 flesjes, respectievelijk "overgieten + titreren 0,0005 n" en "normaal" zijn getoetst. De temperatuur is 22,8°C.
De nulhypothese H_o zegt, dat er geen significant verschil is.
t = 8,55855 en dit ligt buiten de grens van 5,041 die hoort bij P< 0,001. Er is dus een significant verschil tussen deze 2 methodes, H_o wordt verworpen. Opgemerkt dient te worden dat bij er normaal gesproken gewerkt wordt met een elektrisch buret (Metrohm, Herisau, Multidosimat E 415), en bij de alternatieve methode met een handburet.

IV. Deminwater belucht en na stabilisatie monstername, zie I.
Twee series: 15 flessen HTZ = eerst tot geel, dan zetmeel, hevelen
5 flessen HZT = eerst zetmeel, dan tot eind met thio titreren, hevelen.
De nulhypothese H_o zegt, dat er geen significant verschil is tussen beide methodes.
t = 0,43511 en dit binnen de grens van 3,767, die hoort bij P < 0,001.
Er is geen significant verschil, H_o wordt niet verworpen.

Kort samengevat:
Bij concentratie van O_2 in kleine flessen ligt consequent hoger dan die in de grote flessen (meer verdamping van jood in de laatste?),

dus deze flessen nooit door elkaar gebruiken!
Het gebruik van hevel of injectiespuit voor het nemen van O_2-monsters maakt geen verschil, mits men uiterst voorzichtig bemonstert. Overgieten in erlenmeyers en dan titreren is fout, dus direct in de flessen titreren. Het maakt niet uit of men direct zetmeel toevoegt, dan wel nadat de vloeistof geel is.

V. Conclusies + Discussie.

V.1. Plankton over de verticaal

De in tabel I + II vermelde aantallen zijn bedoeld als indicatie van een biocoenose in een brakke sloot. Uit figuur 2 blijkt dat Nitzschia closterium het grootste aandeel heeft in de totale biomassa, dan Achnanthes lanceolata, beide diatomeëen. Inderdaad vermeldt Schwoerbel (1977) dat in voor- en najaar een maximum in diatomeëen-ontwikkeling is. Dergelijke waarnemingen kunnen organismen dienen als indicatoren van saprobiteit. In figuur 3 zien de de relatie tussen het chlorofyl-gehalte en de totale biomassa van fytoplankton.

De chlorofylmetingen wijzen op een aanwezig gradiënt, men kan zich voorstellen dat een dergelijk gradient erg gevoelig is voor waterbeweging. De ruimtelijke verdeling van algen is gevolg van de verdeling van lichtenergie in het water en het zweefvermogen van de algen. Als maat kan bijvoorbeeld de celvermeerdering genomen worden (Schwoerbel, 1977). Uit dergelijke metingen is gebleken dat er een verlies aan actieve cellen is, door het zinken naar de diepte. Een ideaal zweven van fytoplankton is moeilijk te verwezenlijken. In het algemeen zinken algen zeer langzaam met een snelheid die samenhangt met het "over"gewicht en de weerstand door de vorm der cellen en de waterbeweging. Door turbulentie kan het zelfs voorkomen dat gezonken materiaal weer omhoogt komt. Het is bekend dat Peridinium aciculiferum door het bezit van flagellen per dag enkele meters verticaal omhoog kan afleggen. Hoewel niet overduidelijk, zien we toch in de sloot een gradiënt in biomassa. Vooral de metingen van 25 oktober windstil weer geven, ondanks de uitschieter op 8 cm boven het sediment, aan afname van de totale biomassa naar de oppervlakte toe. Dit correspondeert wel met het grotere chlorofylgehalte van het sediment. Ook de metingen van 18 oktober, toen er meer wind was, geven een groter chlorofylgehalte aan het sediment. Vanaf 20 cm boven het sediment neemt de totale biomassa af; niet goed verklaarbaar is echter de kleine gehaltes op 4-12 cm boven het sediment.

Uit dit geheel concluderen we een globaal verband tussen het chlorofylgehalte en de totale biomassa. Zoals al eerder opgemerkt werd is het gebruik van biomassa als eenheid zinvol, maar tevens arbitrair: fouten zijn niet uitgesloten. Lewis (1976) gaat in op de implicaties die de morfologie van fytoplankton met zich meebrengt. Plankton varieert erg in grootte en vorm. Toch zijn er indicaties dat de oppervlakte/volume ratio binnen nauwere grenzen liggen dan verwacht.

Natuurlijke selectie en competitie hebben invloed op de oppervlakte/volume ratio. Gebleken is verder dat alle soorten morfologisch erg plastisch zijn, maar dat "grazing" en zinken morfologische variatie beperken. In het algemeen zijn grote individuen dunner dan kleine van hetzelfde soort. Lineaire proporties en oppervlakte/volume ratio van plankton veranderen bij fluctuaties van temperatuur en nutriëntengehalte. Al met al is het een gecompliceerd vraagstuk, dat het interpreteren bemoeilijkt. De resultaten betreffende de relatie tussen O_2-produktie en fytoplankton-biomassa worden behandeld in V.3.

V.2. Effect van zeven op de fytoplankton-biomassa.

Allereerst vinden we in tabel VI-IX gegevens over het verloop van de aantallen in de tijd. Als men de biomassa uitzet tegen de tijd, zijn duidelijke pieken te zien. Zo komt *Peridinium* spec. 1 zeer frequent voor op 26 september, en dan meer aan het oppervlak dan aan het sediment. *Nitzschia closterium* heeft een plotselinge afname op 26 september: dit kan misschien een gevolg van concurrentie zijn, of van veranderde weersomstandigheden. (Milieugegevens in de figuren 8 - 12). *N. closterium* de grootste piek voor het oppervlak op 8 oktober, voor diepere lagen echter op 2 november. *Achnanthes lanceolata* komt nabij de bodem op 18 oktober veelvuldig voor,op 25 oktober en 2 november zien we hier een afname van *A. lanceolata*.

Figuren 6 en 7 vormen misschien wel een bewijs goede monstername en verwerking. Verwacht wordt zonder meer, dat de fytoplankton-biomassa $< 30\mu$ beneden de biomassa van de totale fractie ligt. Voor de dieptemonsters gaat dit ook regelmatig op. De oppervlaktemonsters vertonen echter minder relatie. De biomassa $<30\mu$ komt soms zelfs boven die van de totale fractie uit, hetgeen niet pleit voor de werking van de zeef. Na monstername is direct gefixeerd, zodat geen toename in aantal is opgetreden. Verklaring

voor dit alles kan liggen in een onvoldoende bezinktijd tijdens de RID-methode, een foute telling of iets dergelijks.

Tabel XII geeft wat gegevens over horizontale verspreiding. De monsterplaats was midden in de sloot, en verwacht werd een afwijkende planktonsamenstelling voor de oever, omdat bijvoorbeeld hier soorten kunnen voorkomen, die zich vasthechten op planten. Deze aanhechting op een substraat kan o.a. door verslijmde celwanden. De diatomee Achnanthes zal dit vaak doen. Wat het eerst opvalt is dat een groter aantal gevonden wordt aan de oever van de sloot wat betreft N. closterium, A. lanceolata, chlorococcen, Euglena pisciformis, Cryptomonas spec. 1 en Chroomonas spec. 1 en Chroomonas spec. De 4 andere plaatsen van monstername geven grotere aantallen, maar er is geen sprake van een grotere vormenrijkdom.

Tabel XIV: deze sloot is een afsplitsing van de brede watergang, en ligt slechts ca. 5 m van het monsterpunt. De fytoplankton-analyse duidt op invloed van het gif. Opmerkelijk is dat N. closterium op de plaats waar vergif geloosd wordt wel voorkomt, maar iets verderop niet meer. Verondersteld wordt dat het gif op deze plaats meer verdund aanwezig is, maar toch niet uitgewerkt is. Bij de aantallen van A. lanceolata is men geneigd te stellen dat het gif verderop een zodanige concentratie heeft dat het positief werkt op de ontwikkeling van deze diatomeëensoort. Het plotseling optreden van Carteria cordiformis (duidelijk afwijkend van de ongedetermineeerde Carteria spec.) is opvallend. Omdat de hoeveelheid op de plaats van het gif het grootst is, is het waarschijnlijk dat hier een positieve invloed is bij een hoge concentratie. Hetzelfde geldt misschien voor Euglenametabolieten, terwijl Cryptomonas spec. 2 een omgekeerd beeld geeft.

Wat het zooplankton betreft (tabel XV, XVI en XVII) er is geen sprake van een grote soortenrijkdom. Tintinnopsis beroidea var. minuta, Brachionus urecolaris en Urozona spec. komen regelmatig voor.
Basale ademhaling en substraat-oxide door macrofauna: de invloed van steurgarnalen, waterwantsen en vlokreeften is niet gering, een toch wel belangrijk gedeelte van de consumptie komt voor rekening van deze organismen. De metingen blijven een benadering, doch men mag bij beschouwing van O_2balans deze extra consumptie niet uitsluiten.

V.3. Produktie- en consumptieproeven.

Eerst wordt ingegaan op het verloop van produktie en consumptie in de tijd. Naast de in 4.3 gestelde vragen, wordt tevens aan de orde gesteld,

hoe de produktie met de lichtintensiteit samenhangt. Algen zijn foto--autrofe organismen, ze gebruiken CO_2 voor opbouw van nieuw celmateriaal, terwijl de benodigde energie verschaft wordt door de lichtinstraling. Een te grote lichtintensiteit werkt remmend op de O_2-produktie. Daarentegen is in troebel water de primaire produktie slechts in een zeer dunne bovenlaag van betekenis.

Tot een bepaalde lichtsterkte is er min of meer een lineair verband tussen de produktie en de lichtinstraling. Voor een verificatie van dit probleem wordt de produktiecurves van de oppervlaktemonsters bekeken en wel de totaalmonsters:

Grafiek Figuur 8: na 90 min. inderdaad een lineair verband, misschien is daarvóór aanpassing?

Figuur 9: geen verklaring, al lijkt het erop of er hier remming van produktie optreedt, maar dan zou dit zeker het geval op 13-9 moeten zijn, omdat de instraling toen hoger was.

Figuur 10. ook hier is weer een negatieve correlatie, misschien remming?

Figuur 11. hier is toch wel sprake van een lineair verband, de instraling is ook beduidend lager.

Figuur 12. hetzelfde geldt hier als bij figuur 11.

Resumerend kan men stellen dat op 13 en 26 september en 8 oktober remming van de produktie optreedt, door te grote lichtinstraling en dat op 25 oktober en 2 november de instraling een positief effect heeft, omdat die minder intens is. Toch kan b.v. ook de factor meespelen van teveel organismen, het omgekeerde effect dus van zeven: veel organismen, weinig nutriënten per organisme leiden tot een minimale fotosynthese. Dit verschijnsel is reeds aangestipt bij vraag I:

Heeft vermindering van fytoplankton effect op de fotosynthese?

Figuur 8: monsters van $<30\mu$ opp. : $\frac{dp}{dt}$ correleert mooi met de instraling

monsters van $<30\mu$ diep : in het begin een hoge $\frac{dp}{dt}$

monsters van totaal opp.: $\frac{dp}{dt}$ verschilt niet noemenswaardig van $\frac{dp}{dt}$ van $<30\mu$ opp.

monsters van totaal diep: weer in het begin een hoge $\frac{dp}{dt}$ blijft hoger dan die van 30 diep.

Conclusie: Neiging tot negatief effekt, er is in de monsters van $<30\ \mu$ een minder grote O_2 produktie.

Figuur 9:	monsters van <30μ opp.	: het lijkt of $\frac{dp}{dt}$ negatief gecorreleerd in verband met de instraling (I)
	monsters van <30μ diep	: te weinig waarnemingen
	monsters van totaal opp.	: de eerste 80 min. ligt deze bij produktie van 30 opp. hoger, deze daalt echter, terwijl de totale fractie constant blijft

Conclusie: Het lijkt erop of er eerst een positief en dan een negatief effect is.

Figuur 10:	monsters van <30μ opp.	: negatieve correlatie van $\frac{dp}{dt}$ met de instraling (I)
	monsters van <30μ diep	: na 120 minuten mooi verband met de instraling, maar daarvoor een erg hoge produktie
	monsters totaal opp.	: de produktie is beduidend lager vergeleken met <30μ opp.
	monsters van totaal diep	: vreemd genoeg is hoge produktie hier negatief gecorreleerd met de instraling

Conclusie: Hier is sprake van een positief effect bij de oppervlaktemonsters.
Uit deze proef blijkt de gecompliceerdheid:

. aan het oppervlak is remming van de produktie door lichtinstraling (I)
. bij <30μ is een positief effect t.g.v. minder organismen en meer nutriënten per organisme
. bij het sediment is de invloed van licht minder, m.a.w. de remming neemt af en de produktie neemt relatief toe

Figuur 11:	monsters van <30μ opp.	: positief effect van de instraling
	monsters van <30μ diep	: te weinig waarnemingen gedaan
	monsters van totaal opp.	: produktie min of meer stabiel, terwijl de produktie van de monsters <30μ opp. toeneemt
	monsters van totaal diep	: te weinig waarnemingen gedaan

Conclusie: De produktie bij het sediment lijkt laag, dit klopt wel met de lage instraling. Waarschijnlijk is er wel sprake van een positief effect, de totale fractie vertoont een lichte toename in produktie, de gezeefde fractie geeft daarentegen een sterke stijging te zien.

Figuur 12: monsters van <30µ opp.: : positief effect van I
monsters van <30µ diep : te weinig waarnemingen gedaan
monsters van totaal opp.: positief effect van I, er is geen groot verschil met <30µ opp., deze vertoont lichtelijk een grotere toename
monsters van totaal diep: geen waarnemingen gedaan.

Conclusie: Niet veel verschil, wat betreft de oppervlaktemonsters.

Een algemene conclusie is niet mogelijk. Van proef tot proef kan iets van de invloed van het zeven gezegd worden, maar niet vergeten mag worden: de invloed van zovele andere factoren als aanbod van nutriënten.
Vraag II heeft betrekking op de consumptie.
Er is d.m.v. het zeven immers een scheiding beoogd voor het zoöplankton tussen eencelligen en meercelligen. Met het zeven wordt een deel van de voedselketen geëlimineerd.
M.a.w. is er verschil im primaire O_2 consumptie en secundaire O_2 consumptie?
Verwacht wordt dan, dat de consumptie in de totaalmonsters hoger ligt.

Figuur 8: monsters van <30µ opp.: : piek bij 90 min.
monsters van <30µ diep : in het begin van de proefname is er een enorme consumptie, daarna is die min of meer stabiel (ca. 0.20 mg/l)
totaal opp. : min of meer stabiel (ca. 0.35-0.40 mg/l)
totaal diep : weer een grote consumptie in het begin, dan stabiel rond 0.50 mg/l

Figuur 9: monsters van <30µ opp. : piek bij 60 min., dan min of meer stabiel rond 0.60 mg/l
monsters van <30µ diep : piek bij begin, dan stabiel rond 0.55 mg/l
monsters van totaal opp.: piek bij 60 min., dan min of meer stabiel rond 0.60 mg/l
monsters van totaal diep: stabiel rond 0.30 mg/l

Figuur 10:	monsters van <30µ opp.	: piek bij 60 min., dan min of meer stabiel rond 0.50 mg/l
	monsters van <30µ diep	: piek bij 60 min., stabiel rond 0.35 mg/l
	monsters van totaal opp.	: piek bij 60 min., stabiel rond 0.25 mg/l
	monsters van totaal diep	: piek bij 60 min., dan min of meer stabiel rond 0.40 mg/l
Figuur 11:	monsters van <30µ opp.	: pas waarneming na 120 min., kleine toename van 0.25 tot 0.40 mg/l
	monsters van <30µ diep:	: gemiddeld ca. 0.35 mg/l
	monsters van totaal opp.	: gemiddeld ca. 0.30 mg/l
	monsters van totaal diep	: gemiddeld ca. 050 mg/l
Figuur 12:	monsters van <30µ opp.	: tot 180 min. ca 0.15 mg/l, dan toename tot ca. 0.70 mg/l
	monsters van <30µ diep	: geen waarnemingen
	monsters van totaal diep	: geen waarnemingen

Er is geen sprake van een duidelijk grotere consumptie bij de totaalmonsters: het aandeel van het zoöplankton is wellicht niet erg groot in de plankton-analyse, zodat zeven niet veel effect kan hebben.

O_2 produktie hangt samen met biomassa, activiteit van producenten en de situ-eisen. Van de bruto-produktie wordt een deel weer verademd. Voor algen met intensieve fotosyntheseactiviteit ligt dit bedrag rond 5-15%, bij hogere temperatuur is het aandeel hoger. Wat is nu de exacte relatie tussen fytoplanktonbiomassa en O_2 produktie? Wanneer in een aquatische levensgemeenschap de fytoplanktonbiomassa toeneemt vanaf een geringe beginwaarde, dan zal men ook aanvankelijk de produktie-intensiteit zien toenemen. Op een zeker punt groeit het fytoplankton echter in het bestaande milieu niet meer verder: de biomassa zal even stationair blijven, hoewel de groene organismen reeds inwendig gaan afsterven (dus nog niet zijn aangetast). Het gevolg is, dat de O_2 produktie in relatie tot de biomassa gaat afnemen. Aanleiding tot het afsterven (staken van de fotosynthese):

1. minder licht door vertroebeling van het water
2. minder nutriënten per eenheid biomassa aanwezig
3. afscheiding van groei-inhibitoren door fytoplankton

V.4. Reaeratie-proeven

Met figuur 15 verkregen we de relatie van K_{20} tot de windsnelheid u. In eerste instantie ligt het voor de hand om uit de 4 punten een lineair verband af te leiden. Maar bij nadere beschouwing is gekozen voor een exponentieel verband.

mg/1uur = K. mg/l over 5 cm hoogte = 200 cm^2 oppervlak

mg/200 cm^2/uur = K. mg/1000 cm^3

mg/cm^2/uur = 200 K. mg/1000 cm^3

1000 mg/cm^2/uur = 200 K. mg/cm^3

mg/cm^2/uur = $\frac{200K}{1000}$ mg/cm^3

en

mg/cm^2/uur = K^1 mg/cm^3 , dus: $K^1_{20} = \frac{1}{5} \times K_{20}$!

K^1_{20} in cm.uur^{-1}

In het algemeen geldt dus:

$K^1_{20} = \frac{1}{h} \times K_{20}$, h = menghoogte aan wateroppervlak.

De waarden uit ons experiment liggen in dezelfde orde van grootte als de waarden van Liss (1973), welke de in schema 6 getoonde relatie toont.

Vanwege de thermische convectie, die optreedt in het uitgevoerde experiment, is het beter om de waarden van 5 hoogten te middelen. Immers ook in de natuur zijn het de ruimtelijke temperatuurverschillen, welke transport veroorzaken van waterpakketjes + opgelost O_2, dus van hogere dichtheid (koud) naar lagere dichtheid (warm). Als regel zien we dit 's nachts in ondiepe wateren na afkoeling van de oppervlakte-lagen.

In feite zijn het alleen:

1. reaeratie van de bovenste molecuul-laag,
2. convectie door temperatuurverschillen en
3. eventueel menging door de wind,

welke de totale O_2 voorziening uit de atmosfeer beïnvloeden, vaak over de hele waterkolom. Zie ook Ringelberg (1976).

VI. Samenvatting

Gedurende twee maanden werden enkele details belicht van de zuurstofbalans: deze onderzoekingen werden uitgevoerd in brakke sloten door de werkgroep Structuur en Dynamiek van Instabiele Aquatische Oecosystemen van het Delta Instituut.

De belangrijkste punten waren: de verticale verdeling van plankton en het verband tussen lichtintensiteit en zuurstofproduktie, zowel aan het wateroppervlak als nabij de modderlaag. Bovendien werd onderzocht het verband tussen windsnelheid en reaeratie van brak water onder laboratoriumomstandigheden.

Het fytoplankton werd gedetermineerd en de biomassa hiervan berekend. In het najaar waren dominant: de diatomeëen Achnanthes lanceolata en Nitzschia closterium en de flagellaat Euglene viridis.

Er is een duidelijk verband tussen de vertikale fytoplanktonverdeling en de windsnelheid. Tijdens windstilte nemen het aantal diatomeëen en de chlorofyl-concentratie in benedenwaartse richting toe. Dit kan veroorzaakt worden door een migratie van fytoplankton naar lagen met optimale licht-condities.

Het afzeven van het grofste plankton, waardoor de biomassa afneemt, werkt geen lagere zuurstof-productie in de hand. Door het verwijderen van zoöplankton, wordt minder fytoplankton en minder zuurstof geconsumeerd. De primaire productie is dan hoger en hoeft niet gecorreleerd te zijn met de fytoplankton-biomassa.

Er bestaat een exponentieel verband tussen de windsnelheid en de reaeratie. Menging van geobserveerde zuurstof vindt.

Summary

Oxygen budget and plankton in a brackish ditch.

Lucie van de Velde, 1978.

During two months some details were investigated of the oxygen budget: these stdies were carried out in brackish ditches by the workinggroup Structure and Dynamics of Instable Aquatic Ecosystems of the Delta Institute.

The most important items were, the vertical plankton distribution and the interrelation between light intensity and oxygen production, as measured , both near the surface and near the mud layer. Moreover the relationship between wind-velocity and reaeration of brackish water under laboratory conditions was investigated.

Phytoplankton was identified and its biomass calculated. In autumn the diatoms Achnanthese lanceolata and Nitzschia closterium, as well as the flagellate Euglena viridis were dominant.

A relationship between vertical phytoplankton distribution and wind-velocity could be demonstrated. In abscence of wind, a slight downwards increase of diatoms as well as an increase of the chlorophyll-concentration occured. This might be due to migration of phytoplankton to water layers with optimal light conditions. Removal of the biggest plankton species by sieving, giving on decrease in biomass, did not induce lower oxygen production. By removing zooplankton, less oxygen and less phytoplankton was consumed. Under these conditions primary production was higher and was not necessarily related to phytoplankton biomass.

An exponential relationship existed between the wind-velocity and the reaeration. The mixing of absorbed oxygen was completed by convection.

VII. Literatuur.

Algemeen:

Duval, W.S. and G.H. Geen, 1976. Diel feeding and respirations rhythms in zooplankton. Limnol. Oceanogr. 21: 823-829.

Lewis, W.M., jr, 1976. Surface/Volume ratio: implications for phytoplankton morphology. Science 192: 885-887.

Liss, P.S., 1973. Processes of gas exchange across an air-water interface. Deep Sea Res. 20: 221-238.

Porler, K.G., 1973. Selective grazing and differential digestion of algae by zooplankton. Nature 244: 179-180.

Ringelberg, J., 1976. Inleiding tot de aquatische oecologie in het bijzonder van het zoete water. Bohn, Scheltema & Holkema, 240 pp.

Rijstenbil, J.W., 1978. De zuurstofhuishouding van brakke sloten (De invloed van een zoutgradiënt op de zuurstofbalans), Yerseke, Delta Instituut voor Hydrobiologisch Onderzoek. Rapporten en Verslagen 1978-2.

Schwoerbel, J., 1977. Einführung in die Limnolgie, Stuttgart, Gustav Fischer Verlag.

Storer, T. et all, 1957. General Zoology, New York, Hc Graw-Hill Book Company.

Weberling, F., 1972 and H.O. Schwantes. Pflanzensystematik. Einführung in die Systematische Botanik, Stuttgart, Eugen Ulmer, 1972.

Determinatie

Butcher, R.W., 1959. An introductory account of the smaller algae of British coastal waters, part 1. Introduction and Chlorphyceae, London: Her Majesty's Stationery Office.

Gojdics, M, 1953. The Genus Euglena., Madison The University of Wiscinson Press.

Kudo, R.K., 1931. Protozoology. Charles C. Thomas Publisher Springfield Illinois.

Nygaard, G., 1945. Dansk planteplankton. Kobenhavn Gyldendalske Boghandel Nordisk Forlag.

Pankas, H., 1976. Algenflora der Ostsee. II. Plankton (einschl.benthischer Kieselalgen). Gustav Fischer Verlag, Jena.

Patrick, R. and Reimer, C.W., 1966. The Diatoms of the United States, Livingston Publishing Company, 1966.

Prescott, G.W., 1951. Algae of the Western Great Lakes area. Cranbock Institute of Science, 1951.

Streble, H. and D. Krauter, 1973. Das Leben im Wassertropfen. Mikroflora und Mikrofauna des Süsswassers. Franckh'sche Verlagshandlung, W. Keller & Co., Stuttgart, 1973.

Thienemann, A., 1930. Die Binnengewässer.- E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart.

Van de Werff, A. and Huls, D, 1957/1960. Diatomeëenflora van Nederland.

DANKBETUIGING.

Ik dank alle mensen van het Delta Instituut voor de fijne tijd van onderzoek. Speciale dank aan Jan Rijstenbil voor de voortreffelijke begeleiding. En aan de heer W. Vermeulen (R.I.D.) voor het gebruik van zijn kamer met toebehoren voor de planktonanalyse.

Ik dank tenslotte degenen, die het verslag getypt en vermenigvuldigd hebben.

Leiden, februari 1979.

tabel I a: plankton over de verticaal (aantallen van soorten die frequent waargenomen zijn) Monnikendijk Kattendijke datum: 18-10-1977 weergegeven duizendtal per liter.

planktonsoort \ diepte		sediment	2 cm	4 cm	6 cm	8 cm	10 cm	12 cm	14 cm
. Phycobionta									
Nitzschia closterium	h.	283.200	167.200	57.760	121.600	55.733	69.600	105.200	123.200
Achnanthes lanceolata	h.	344.000	63.627	73.440	329.400	125.520	377.600	153.520	195.360
Chlamydomonas spec.	d.	1.600	960	320	640	1.120	800	1.920	1.600
Chlorococcen; non det.	d.	54.400	5.440	2.240	1.760	3.070	4.480	3.680	3.680
Carteria spec.	d.	9.600	1.760	160	480	320	320	1.120	1.280
Chroomonas spec.	d.	9.600	1.120	960	640	1.920	3.200	7.360	9.280
Sceletonema costatum	h.	8.000	7.200	3.840	2.240	2.080	800	2.240	480
Euglena viridis	d.	-	160	160	480	-	160	1.120	640
Peridinium spec. 2	c.	-	-	-	-	-	480	1.440	1.920
Cryptomonas spec. 1	d.	-	160	-	-	-	480	640	1.440
Gymnodinium spec.	c.	-	160	-	160	160	160	800	160
Peridinium spec. 1	c.	-	-	-	-	-	800	800	1.440
. Cyanophyceae									
Oscillatoria okenii		-	40.000	11.520	8.480	1.920	-	-	1.920
Oscillatoria tenuis		-	20.320	-	-	-	-	5.200	2.560
Oscillatoria chalybea		-	-	7.680	6.000	-	-	-	12.480

tabel Ia: vervolg

diepte / planktonsoort		16 cm	18 cm	20 cm	22 cm	24 cm	26 cm	28 cm	32 cm
. Phycobionta									
Nitzschia closterium	h.	108.000	96.800	145.600	177.600	132.000	117.600	164.800	103.200
Achnanthes lanceolata	h.	682.560	57.440	85.440	125.680	415.840	357.200	170.960	187.760
Chlamydomonas spec.	d.	960	1.120	1.600	1.280	1.920	3.200	1.440	1.920
Chlorococcen; non det.	d.	6.240	4.160	5.440	5.280	2.720	6.080	2.880	1.920
Carteria spec.	d.	1.440	1.280	1.760	1.600	160	1.920	800	800
Chroomonas spec.	d.	7.200	9.280	11.200	8.160	8.800	13.600	7.040	4.800
Sceletonema costatum	h.	-	640	320	-	-	800	-	640
Euglena viridis	d.	640	480	480	480	800	160	1.120	640
Peridinium spec. 2	c.	640	640	480	1.760	960	960	1.920	2.240
Cryptomonas spec. 1	d.	800	1.120	2.240	640	1.120	800	1.440	1.280
Gymnodinium spec.	c.	1.280	480	2.240	2.080	1.120	800	2.240	800
Peridinium spec. 1	c.	1.600	160	320	160	320	160	960	800
. Cyanophyceae									
Oscillatoria okenii		-	4.960	-	-	-	-	-	-
Oscillatoria tenuis		-	-	-	-	-	-	-	-
Oscillatoria chalybea		-	-	-	-	-	-	-	-

tabel Ia: vervolg

diepte / planktonsoort		34 cm	36 cm	38 cm	40 cm	42 cm	44 cm	48 cm
. Phycobionta								
Nitzschia closterium	h.	70.400	128.000	116.800	124.000	52.807	113.600	97.600
Achnanthes lanceolata	h.	401.840	835.840	358.820	177.440	168.400	235.120	651.680
Chlamydomonas spec.	d.	1.600	1.920	1.120	3.200	2.400	2.080	2.720
Chlorococcen; non det.	d.	5.280	2.560	3.200	3.840	1.280	2.880	3.200
Carteria spec.	d.	1.120	1.120	1.760	1.920	-	2.240	1.120
Chroomonas spec.	d.	7.200	6.720	7.200	5.280	3.040	6.240	6.240
Sceletonema costatum	h.	-	1.760	640	640	320	-	-
Euglena viridis	d.	480	1.280	1.280	1.280	480	1.920	640
Peridinium spec. 2	c.	1.760	1.120	1.280	480	480	1.760	-
Cryptomonas spec. 1	d.	1.120	960	1.280	960	640	1.440	1.600
Gymnodinium spec.	c.	1.120	800	320	2.240	800	1.280	1.120
Peridinium spec. 1	c.	960	1.920	640	480	800	160	480
. Cyanophyceae								
Oscillatoria okenii		-	-	-	-	-	-	-
Oscillatoria tenuis		-	-	-	6.080	-	-	-
Oscillatoria chalybea		-	-	-	-	-	-	-

N.B. 30 en 46 cm
zijn uitgevallen

tabel I b: plankton over de verticaal (aantallen van soorten die frequent waargenomen zijn) Monnikendijk Kattendijke datum: 25-10-1977 weergegeven duizendtal per liter.

diepte / planktonsoort		sediment	2 cm	4 cm	6 cm	8 cm	10 cm	12 cm	14 cm
. Phycobionta									
Nitzschia closterium	h.	89.280	98.400	107.500	101.600	52.000	33.760	63.475	49.600
Achnanthes lanceolata	h.	162.880	122.320	121.760	13.600	44.000	46.720	103.480	70.880
Chlamydomonas spec.	d.	1.920	2.080	2.080	2.720	3.680	2.240	1.920	1.760
Chlorococcen, non det.	d.	5.600	4.160	4.640	4.800	4.640	4.960	5.920	4.320
Chroomonas spec.	d.	2.080	4.320	4.160	7.360	6.720	5.120	7.840	4.320
Sceletonema costatum	h.	1.920	-	960	640	800	480	-	460
Euglena viridis	d.	800	1.760	1.920	320	960	640	1.600	1.600
Euglena pisciformis	d.	2.720	5.120	9.600	6.880	7.040	6.400	9.600	10.240
Gymnodinium spec.	e.	-	640	-	-	160	-	160	-
Cryptomonas spec. 2	d.	-	-	2.080	-	160	160	-	160
Cryptomonas spec. 1	d.	-	-	480	320	640	320	800	960
Carteria spec.	d.	320	-	320	960	320	160	320	480
Monoraphidium minutum	d.	160	-	320	640	640	160	320	960
Euglena,metaboliet	d.	-	-	-	320	-	160	800	320
Chlamydomonas spec.	d.								
a. copulatiestadium		-	-	-	-	-	-	-	160
. Cyanophyceae									
Oscillatoria okenii		12.800	-	6.720	8.320	-	-	7.200	-
Oscillatoria tenuis		2.240	-	-	27.736	4.800	-	-	-
Oscillatoria chalybea		6.800	3.200	4.640	-	-	-	-	4.800

tabel I b: vervolg

diepte / planktonsoort		16 cm	18 cm	20 cm	22 cm	24 cm	26 cm	28 cm	30 cm
. Phycobionta									
Nitzschia closterium	h.	51.200	70.409	85.200	46.720	71.200	82.677	59.741	65.741
Achnanthes lanceolata	h.	73.120	72.480	35.200	118.251	124.000	114.560	99.530	135.200
Chlamydomonas spec.	d.	2.400	3.520	2.240	1.120	480	1.760	1.440	3.203
Chlorococcen, non det.	d.	3.200	4.800	3.200	3.520	3.840	4.320	3.200	2.240
Chroomonas spec.	d.	7.840	8.320	9.440	4.320	6.400	7.200	5.600	6.720
Sceletonema costatum	h.	480	320	-	-	-	-	-	-
Euglena viridis	d.	800	1.120	1.440	480	2.240	640	3.040	2.560
Euglena pisciformis	d.	5.600	10.400	8.880	7.200	8.000	7.840	9.760	2.560
Gymnodinium spec.	e.	-	-	-	-	-	-	160	-
Cryptomonas spec. 2	d.	320	-	320	160	-	-	-	-
Cryptomonas spec. 1	d.	1.280	960	960	640	640	1.280	640	160
Carteria spec.	d.	960	160	640	960	800	480	640	1.120
Monoraphidium minutum	d.	800	160	960	160	800	640	160	1.120
Euglena, metaboliet	d.	320	960	1.440	480	960	1.440	960	1.280
Chlamydomonas spec.	d.								
a. copulatiestadium		160	-	-	160	-	640	480	480
. Cyanophyceae									
Oscillatoria okenii		-	4.000	6.400	-	4.800	6.000	-	-
Oscillatoria tenuis		-	8.000	5.600	-	-	3.200	-	-
Oscillatoria chalybea		-	10.400	-	-	4.960	-	-	5.200

tabel I b: vervolg

diepte / planktonsoort		32 cm	34 cm	36 cm	38 cm	40 cm	42 cm	44 cm
. Phycobionta								
Nitzschia closterium	h.	69.600	44.806	64.541	40.000	31.360	40.320	36.160
Achnanthes lanceolata	h.	119.200	104.440	113.920	99.520	108.640	86.720	126.560
Chlamydomonas spec.	d.	2.880	2.560	3.680	2.080	1.920	1.760	2.240
Chlorococcen, non det.	d.	2.720	3.680	4.800	3.840	4.160	2.880	1.760
Chroomonas spec.	d.	6.880	5.920	7.200	5.120	7.840	6.240	4.000
Sceletonema costatum	h.	-	1.440	480	160	-	160	-
Euglena viridis	d.	2.400	2.240	1.600	800	1.280	480	160
Euglena pisciformis	d.	14.080	8.000	13.120	15.120	20.960	16.800	15.840
Gymnodinium spec.	e.	160	160	-	160	160	-	160
Cryptomonas spec. 2	d.	320	640	-	320	160	-	-
Cryptomonas spec. 1	d.	960	960	480	480	640	160	-
Carteria spec.	d.	480	800	320	-	160	-	-
Monoraphidium minutum	d.	160	320	640	480	800	480	640
Euglena, metaboliet	d.	640	1.120	1.120	960	800	960	160
Chlamydomonas spec.	d.							
a. copulatiestadium		800	640	800	640	960	800	800
. Cyanophyceae								
Oscillatoria okenii		-	-	-	40.000	6.400	3.200	-
Oscillatoria tenuis		-	-	-	-	-	2.400	-
Oscillatoria chalybea		6.800	-	-	-	-	-	-

tabel IIa: plankton over de verticaal (soorten die minder frequent en/of in mindere mate voorkomen)

Monnikendijk Kattendijke

datum: 18-10-1977.

1 = 160.000 - 320.000 per liter

2 = 480.000 - 640.000 per liter

3 = > 640.000 per liter

diepte(cm)		0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	32	34	36	38	40	42	44	48
planktonsoort																								
Euglena,metaboliet	d.				1		1	2	1	1	1	1		1	2		1		2		2		1	1
Chlamydomonas spec.	d.																							
a. copulatiestadium																		1			1		1	
b. beginstadium cystevorming					1		1	2		1		1		1					1				1	
c. meercellig cystestadium					1				1			2	2											1
Cyclotella spec.	h.		1		1		1			1	1			1	1	1		1						
Euglena acus	d.								1	2	1	2	1		1	2								
Stephanodiscus astraea	h.			1						1		1						1	1					
Melosira nummuloides	h.		3												3				1					
Nitzschia commutata	h.	3																						
Navicula spec.	h.		1	1									1											

tabel IIb: plankton over de verticaal (soorten die minder frequent en/of in mindere mate voorkomen)

Monnikendijk Kattendijke

datum: 25-10-1977.

1 = 160.000 - 320.000 per liter

2 = 480.000 - 640.000 per liter

3 = > 640.000 per liter

diepte (cm)		0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44
planktonsoort																								
Stephanodiscus astraea	h.	1		1	1														1					
Chlamydomonas spec.	d.																							
c. meercellig systestadium		1	1	1										1			1	1		1		1	1	1
Peridinium spec. 2	c.	1				1	1					2	1	2				1		1			1	
Navicula lanceolata	h.			1																				
Cyclotella spec.	h.			1				1	1	1		1							1					
Peridinium spec. 1	e.				1																			
Melosira nummuloïdes	h.				3			1					2		3			2		2		2		
Navicula spec.	h.					1																		
Euglena acus	d.						1	1	1	1	1													
Euglena, gameet	d.												1	1	1	1				1			1	

tabel IIIa: zooplankton over de verticaal

Monnikendijk Kattendijke

datum: 18-10-1977

1 = 160.000 - 320.000 per liter

2 = 480.000 - 640.000 per liter

3 = > 640.000 per liter

diepte (cm)	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	32	34	36	38	40	42	44	48
planktonsoort																							
Brachionus urceolaris (Rotifera)				1						1			1	1				1		1			
Tintinnopsis beroidea (Ciliaat)								1								1	2			1	1		
Urozona spec. (Ciliaat)							1			1							1						1
Dactylosphaerium radiosum (Amoebe - Rhizopoda)				1										1	1				1				1
Euplotes charon (Ciliaat)		1				1	1	2	2		1		2	1		1	2		1	1	1	1	1

tabel III b: zooplankton over de verticaal

Monnikendijk Kattendijke

datum: 25-10-1977

1 = 160.000 - 320.000 per liter

2 = 480.000 - 640.000 per liter

3 = > 640.000 per liter

diepte (cm) / planktonsoort	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44
Brachionus urceolaris (Rotifera)							1									1							
Tintinnopsis beroidea (Ciliaat)														1									
Euplotes charon						1										1							
Paramecium woodruffi (Ciliaat)	1																						
Lionotus cygnus (Ciliaat)	1																						

tabel IV: gebruikte inhouden voor biomassa-bepaling
(soort, massa cellen = 1 gr. cm^{-3})

planktonsoort	inhoud in μ^3
Nitzschia closterium	960
Achnanthes lanceolata	90
Chlamydomonas spec.	1.766
Chlorococcen; non det.	34
Carteria spec.	268
Chroomonas spec.	65
Sceletonema costatum	1.800
Euglena viridis	13.904
Peridinium spec. 1	16.000
Peridinium spec. 2	7.065
Euglena pisciformis	1.600
Cryptomonas spec. 1	3.014
Oscillatoria okenii	200
Oscillatoria chalybea	200
Oscillatoria tenuis	160

tabel V: totale biomassa x 10^6 (in μ^3)

diepte (cm)	18-10-1977	25-10-1977
0	323.953	127.197
2	196.378	142.743
4	75.447	165.425
6	160.019	134.106
8	71.686	89.991
10	136.955	64.799
12	161.027	132.287
14	193.060	108.260
16	209.220	91.604
18	120.423	137.131
20	245.625	153.801
22	209.094	86.403
24	255.672	145.060
26	165.148	145.135
28	225.724	142.741
30	-	144.510
32	147.260	154.043
34	145.353	126.115
36	264.798	146.397
38	189.423	112.847
40	175.856	112.102
42	95.692	102.169
44	181.047	80.669
46	-	-
48	179.291	-

tabel VI: aantallen van soorten die frequent zijn in de tijd Monnikendijk Kattendijke oppervlaktemonsters, totale fractie weergegeven duizendtallen per liter.

datum / planktonsoort	13- 9-77	26- 9-77	18-10-77	25-10-77	2-11-77
. Phycobionta					
Nitzschia closterium	52.248	1.504	70.830	28.233	53.682
Chlamydomonas spec.	2.458	1.686	1.670	2.493	1.267
Chlorococcen; non det.	1.864	6.752	8.416	2.784	1.568
Cryptomonas spec. 1	415	4.175	1.180	-	625
Chroomonas spec.	588	4.128	1.120	3.232	576
Euglena viridis	67	170	705	618	654
Carteria spec.	116	13.920	224	164	897
Peridinium spec. 1	305	5.146	997	205	38
Achnanthes lanceolata	-	631.091	304.280	35.995	7.369
meercellig cystestadium Chlamydomonas spec.	-	352	352	2.058	-
Peridinium spec. 2	-	-	3.388	227	-
Euglena pisciformis	-	-	-	19.544	1.825
Cryptomonas spec. 2	-	-	-	507	100
. Cyanophyceae					
Oscillatoria okenii	2.238	297	-	312	392
Oscillatoria tenuis	30.735	5.288	-	2.236	992
Oscillatoria chalybea	202	1.257	-	241	392

tabel VII: aantallen van soorten die frequent waargenomen zijn in de tijd Monnikendijk Kattendijke dieptemonsters, tot de fractie weergegeven duizendtallen per liter.

datum / planktonsoort	13- 9-77	26- 9-77	18-10-77	25-10-77	2-11-77
. Phycobionta					
Nitzschia closterium	60.494	1.952	120.820	29.834	69.048
Chlamydomonas spec.	2.790	1.747	1.248	2.271	912
Chlorococcen; non det.	1.863	4.128	3.264	3.936	2.320
Chroomonas spec.	795	2.573	1.318	3.200	752
Cryptomonas spec. 1	560	1.249	133	-	605
Euglena viridis	285	161	38	966	227
Carteria spec.	155	15.392	512	449	736
Peridinium spec. 1	906	1.253	132	68	160
Peridinium spec. 2	27	-	320	512	228
Achnanthes lanceolata	-	505.300	1.530.700	32.925	6.361
meercellig cystestadium Chlamydomonas spec.	-	128	-	643	-
Euglena, metaboliet	-	-	1.425	484	112
Euglena pisciformis	-	-	-	23.242	1.424
. Cyanophyceae					
Oscillatoria okenii	682	452	788	-	1.019
Oscillatoria tenuis	34.039	2.533	216	576	924
Oscillatoria chalybea	1.545	86	442	-	977

tabel VIII: naamlijst van soorten die minder frequent waargenomen zijn
Monnikendijk Kattendijke
oppervlaktemonsters

- zeer weinig
+ weinig
c tamelijk veel

datum / planktonsoort		13- 9-77	26- 9-77	18-10-77	25-10-77	2-11-77
Lagerheimia spec.	d.	+				
Navicula spec.		+	+	+	+	
Oscillatoria agardii	h.	c				
Synedra pulchella	h.	-				
Scenedesmus quadricauda	d.	-				
Euglena acus			c		c	
copulatiestadium phytomona-						
de beginstadium cystevor-						
ming			c			+
Chlamydomonas spec.			+	+	+	c
Sceletonema costatum				c	c	+
Stephanodiscus astraea				c		
Euglena, metaboliet				+	c	
Gymnodinium spec.					+	c
Monoraphidium minutum					c	
Cyclotella spec.					c	

tabel IX: naamlijst van soorten die minder frequent waargenomen zijn
Monnikendijk Kattendijke
dieptemonsters

- zeer weinig
+ weinig
c tamelijk veel

datum / planktonsoort	13-9-77	26- 9-77	18-10-77	25-10-77	2-11-77
Navicula spec.	+			-	+
Lagerheimia spec. d.	+				
Stephanodiscus astraea	-			+	
Euglena acus		+	+	+	-
beginstadium systevorming					
Chlamydomonas spec.		+	+		+
copulatiestadium phytomonade		c		+	
Nitzschia palea		+			
Cyclotella spec.			c	c	
Melosira nummuloïdes			c		+
Sceletonema costatum			c	c	c
Surirella ovata			-		
Cryptomonas spec. 2				c	-
Monoraphidium minutum				c	
Gymnodinium spec.				+	+

tabel X: analyse van < 30µ monsters Monnikendijk Kattendijke
weergegeven zijn duizendtallen per liter oppervlaktemonsters

datum planktonsoort	13-9-77	26- 9-77	18-10-77	25-10-77	2-11-77
. Phycobionta					
Nitzschia closterium	72.865	640	84.800	51.040	182.400
Chlamydomonas spec.	2.176	1.536	2.320	1.600	1.600
Chlorococcen; non det.	3.424	3.104	12.400	5.840	3.360
Chroomonas spec.	608	3.136	2.400	4.960	2.880
Cryptomonas spec. 1	512	2.368	1.200	-	1.040
Peridinium spec. 1	1.088	2.112	1.280	-	-
Navicula spec.	32	-	80	80	-
Euglena viridis	64	32	160	160	960
Carteria spec.	32	11.040	1.520	160	800
Achnanthes lanceolata	-	41.056	17.520	11.600	1.520
meerc. cystestadium					
Chlamydomonas spec.	-	1.184	640	880	-
copulatiestadium phytomonade	-	512	-	-	-
Euglena acus	-	544	80	1.600	-
begin cystestadium					
Chlamydomonas spec.	-	64	400	-	240
Euglena, metaboliet	-	32	400	720	-
Peridinium spec. 2	-	-	2.800	80	80
Melosira nummuloïdes	-	-	400	-	-
Stephanodiscus astraea	-	-	80	-	160
Euglena pisciformis	-	-	-	16.260	3.840
Cryptomonas spec. 2	-	-	-	240	-
Gymnodinium spec.	-	-	-	480	-
Cyclotella spec.	-	-	-	800	-
Monoraphidium minutum	-	-	-	720	-
Sceletonema costatum	-	-	-	320	560
. Cyanophyceae					
Oscillatoria tenuis	32.864	3.872	2.000	-	-

tabel XI: analyse van < 30µ monsters Monnikendijk Kattendijke
weergegeven zijn duizendtallen per liter dieptemonsters

datum / planktonsoort	13- 9-77	26- 9-77	18-10-77	25-10-77	2-11-77
. Phycobionta					
Nitzschia closterium	39.200	1.200	99.600	27.800	196.000
Chlamydomonas spec.	1.888	1.600	1.280	48	640
Chlorococcen; non det.	1.856	9.840	2.320	2.800	3.120
Chroomonas spec.	576	9.280	800	1.840	2.960
Cryptomonas spec.	768	-	-	-	-
Peridinium spec. 1	416	880	320	-	-
Euglena viridis	192	-	-	80	1.120
Stephanodiscus astraea	32	-	-	-	-
Carteria spec.	-	18.160	320	240	560
Cryptomonas spec.	-	1.520	320	240	560
Achnanthes lanceolata	-	2.880	25.249	41.560	3.840
copulatiestadium phytomonade	-	80	-	-	-
meerc. cystest. Chlamydomonas	-	160	-	480	-
begincystest. Chlamydomonas spec.	-	80	-	80	400
Euglena,metaboliet	-	-	1.360	1.040	-
Euglena acus	-	-	80	80	-
Peridinium spec. 2	-	-	160	160	-
Navicula spec.	-	-	80	-	-
Cyclotella spec.	-	-	80	-	80
Melosira nummuloïdes	-	-	22	640	-
Sceletonema costatum	-	-	11	-	720
Euglena pisciformis	-	-	-	13.500	3.200
Gymnodinium spec.	-	-	-	-	80
. Cyanophyceae					
Oscillatoria tenuis	30.784	3.760	-	7.440	-
Anabaena spec.	192	-	-	-	-
Oscillatoria chalybea	-	560	-	-	-

tabel XII: fytoplanktonanalyse over een horizontaal traject Monnikendijk Kattendijke 2-11-77
oppervlaktemonsters, weergegeven zijn duizendtallen per liter.

vindplaats: planktonsoort	monsterplaats	oeverzijde	eendesloot	duiker	kruising	brede watering
Nitzschia closterium	53.682	96.800	188.800	168.000	146.400	135.200
Achnanthes lanceolata	7.369	24.320	23.040	75.680	15.680	10.080
Chlorococcen; non det.	1.568	4.000	4.000	3.360	3.360	3.680
Euglena pisciformis	1.825	2.400	3.520	1.600	4.320	1.120
Cryptomonas spec. 1	625	1.920	1.440	2.400	1.440	2.240
Chroomonas spec.	576	3.360	5.280	2.560	5.600	3.520
begincystest Chlamydomonas spec.	448	-	-	-	-	640
Chlamydomonas spec.	1.267	640	2.240	2.560	2.400	4.160
Euglena viridis	654	160	800	640	-	480
Carteria spec.	897	480	160	1.120	960	640
Cryptomonas spec. 2	100	-	-	-	-	-
Gymnodinium spec.	225	-	-	-	320	160
Copulatiest. Chlamydomonas spec.	32	-	-	800	480	640
Peridinium spec. 1	902	-	-	-	-	-
Sceletonema costatum	47	-	-	800	640	2.240
Euglena, metaboliet	-	960	2.080	1.920	800	480
Navicula spec.	-	320	-	-	-	-
Stephanodiscus astraea	-	160	-	-	-	-
meerc. cystest. chlamydomonas spec.	-	320	160	160	160	-

tabel XII: vervolg

vindplaats planktonsoort	monsterplaats	oeverzijde	eendesloot	duiker	kruising	brede watering
Peridinium spec. 2	-	-	480	-	-	-
Euglena acus	-	-	-	160	-	-
Nitzschia palea	-	-	-	-	320	-
Oscillatoria tenuis	992	4.000	-	4.800	-	-
Oscillatoria okenii	391	6.400	-	5.600	-	-
Oscillatoria chalybea	391	-	-	-	-	2.400
	‰ Cl 10.63	‰ Cl 10.03	‰ Cl 9.91	‰ Cl 9.91	‰ Cl 9.99	‰ Cl 10.61

tabel XIII: fytoplanktonanalyse over een horizontaal traject
Monnikendijk Kattendijke 2-11-77
weergegeven zijn duizendtallen per liter.

planktonsoort	vindplaats	monsterplaats	oeverzone	eendesloot	duiker
Nitzschia closterium	69.048	129.600	212.800	127.200
Achnanthes lanceolata	6.361	12.960	30.080	37.871
Chlorococcen; non det.	2.320	2.880	2.420	5.440
Chlamydomonas spec.	912	2.420	960	2.080
Carteria spec.	706	640	800	1.600
Euglena pisciformis	1.424	1.600	3.200	3.040
Chroomonas spec.	752	2.080	6.880	5.760
Navicula spec.	80	480	-	-
Cryptomonas spec. 1	605	960	2.720	2.400
Euglena, metaboliet	112	1.920	1.440	1.600
Sceletonema costatum	1.289	320	1.600	-
begincystest.				
Chlamydomonas spec.	64	160	320	480
Peridinium spec. 1	160	-	-	-
Euglena viridis	227	160	1.440	-
Peridinium spec. 2	228	-	-	-
copulatiest. Chlamydomonas spec.	32	-	-	-
Gymnodinium spec.	32	-	-	320
Nitzschia palea	-	1.440	-	-
Cryptomonas spec. 2	-	-	160	-
Oscillatoria tenuis	924	1.920	-	-
Oscillatoria okenii	1.019	-	-	800
Oscillatoria chalybea	977	-	-	-
	‰ Cl 10.63	‰ Cl 10.03	‰ Cl 9.99	‰ Cl 9.95

tabel XIV: fytoplanktonanalyse in sloot met vergif Monnikendijk Kattendijke 2-11-1977

weergegeven aantallen per liter X 10^3.

vindplaats	sloot vergif opp. ⁰/∞ Cl 7.79	sloot vergif diep ⁰/∞ Cl 7.79	verderop opp. ⁰/∞ Cl 7.50	verderop diep ⁰/∞ Cl 7.50
planktonsoort				
Nitzschia closterium	23.520	23.680	-	-
Achnanthes lanceolata	5.920	3.680	9.600	14.240
Chlorococcen; non det.	2.720	320	12.800	320
Carteria cordiformis	72.900	340.000	63.040	47.040
Euglena viridis	3.200	1.760	320	1.440
Chroomonas spec.	960	320	800	960
Euglena, metaboliet	2.400	3.200	1.600	320
Cryptomonas spec. 2	640	960	5.440	4.320
Euglena proxima	320	160	-	-
Chlamydomonas spec.	-	320	480	160
Cryptomonas spec. 1	-	160	-	-
Navicula salinarum	-	160	-	-
Euglena pisciformis	-	160	-	-
Oscillatoria tenuis	-	34.880	-	-
Oscillatoria okenii	-	-	-	3.200

tabel XV: zooplankton waargenomen van 13-9-77 tot en met 2-11-1977

Monnikendijk Kattendijke oppervlaktemonsters

13- 9-1977	26- 9-1977	18-10-1977	25-10-1977	2-11-1977
. Tintinnopsis beroidea (ciliaat) 555.520 per l.	. Tintinnopsis beroidea 241.920 per l.	. Tintinnopsis beroidea 64.000 per l.	. Tintinnopsis beroidea 2.560 per l.	. Tintinnopsis beroidea 34.666 per l.
. Urozona spec. (ciliaat)	. Urozona spec.	. Euplotes charon (ciliaat)	. Euplotes charon	. Paramecium woodruffi
. Daphnia spec.	. Mesodinium acaris (ciliaat)	. Brachionus urceolaris	. Lionotus cygnus (holotriche ciliaat)	. Brachionus spec.
. cycl. copepodiet	. Nauplius			. Euplotes charon
. Brachionus urceolaris	. Brachionus urceolaris		. Urozona spec.	
	. Amoebe non det.		. Brachionus urceolaris	
	. ciliaat non det.		. Paramecium woodruffi	

tabel XVI: zooplankton waargenomen van 13-9-77 tot en met 2-11-1977

Monnikendijk Kattendijke dieptemonsters

13- 9-1977	26--9-1977	18-10-1977	25-10-1977	2-11-1977
. Tintinnopsis beroidea 1.404.980 per l.	. Tintinnopsis beroidea 103.680 per l.	. Tintinnopsis beroidea 65.280 per l.	. Parameceium woodruffi	. Brachionus urceolaris
. Urozona spec.	. Urozona spec.	. Urozona spec.	. Lionotus cygnus	. cyclopoïde copepode
				. Tintinnopsis beroidea 1.280 per l.
. Thecamoebe (schaalamoebe)	. Brachionus urceolaris	. Euplotes		
. Brachionus urceolaris	. Nauplius			
. Methanauplius				
. Calanoïde copepode				
. Daphnia spec.				
. ciliaat non det.				

tabel XVII: zooplanktonanalyse Monnikendijk Kattendijke

25-10-1977 opp.> 150µ aant. per 5 l.		25-10-1977 diep > 150 µ aant. per 2 l.	
1. Brachionus urceolaris	35	1. Brachionus urceolaris	21
2. Cyclopoïde copepode	32	2. Cyclopoïde copepode	22
3. Metanauplius	6	3. Nematode	2
4. Cyclopoïde copepodiet	5	4. Cyclopoïde copepodiet	2
5. Gammarus duebenii	1	5. Metanauplius	2
6. Calanoïde copepode	2		
7. Nauplius			

2-11-1977 opp.> 150 µ aant. per 5 l.		2-11-1977 diep > 150 µ aant. per l.	
1. Brachionus urceolaris	660	1. Brachionus urceolaris	146
2. Cyclopoïde copepode	6	2. Cyclopoïde copepode	4
3. Cyclopoïde copepodiet	6		
4. Metanauplius	3		

2-11-1977 opp.> 150 µ aant. per 5 l.		2-11-1977 diep > 150 µ aant. per l.	
- GROTE WATERGANG-			
1. Brachionus urceolaris	93	1. Brachionus urceolaris	9
2. Cyclopoïde copepode	4	2. Cyclopoïde copepode	2
3. Cyclopode copepodiet	2	3. Cyclopoïde copepodiet	1
4. Metanauplius	1	4. Metanauplius	1
		5. Nauplius	1

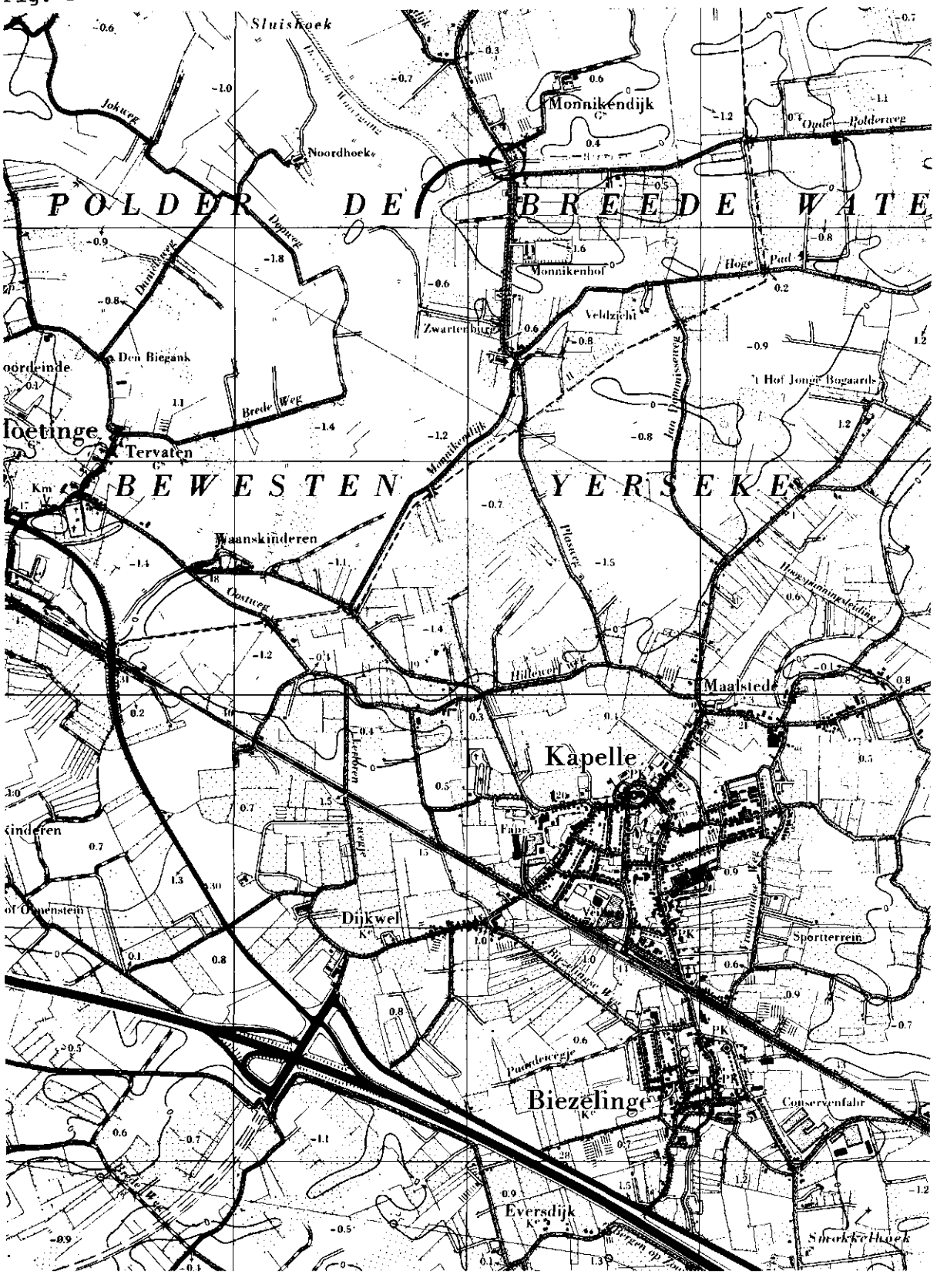
tabel XVIII: Ademhaling macrofauna. Waterbad, 20°C, tijd = 3 uur, in donker ingezet met beginconcentratie = B; eindconcentratie = E
"zout"= 1:1 verdunde standaard zeewateropl. van 20 ‰ Cl^- naar 10 ‰ Cl^-
"substraat" = water Monnikendijk Kattendijke ca 10 ‰ Cl^-.

B/E	soort water	organisme	mg O_2/l	verbruik O_2	totaal verbruik	verbruik voor ox.org. materiaal (incl. microfauna)	extra verbruik voor macrofauna
B	zout	-	7,2				
B	substraat	-	11,6				
E	zout	-	7,2		0		
E	substraat	-	10,4	1,2		1,2	
E	zout	Gammarus	6,5		0,7		
E	substraat	Gammarus	9,3	2,3		1,6	0,4
E	substraat	Gammarus	9,1	2,5		1,8	0,6
E	zout	Palaemonetes	4,6		2,6		
E	substraat	Palaemonetes	6,4	5,2		2,6	1,4
E	substraat	Palaemonetes	7,5	4,1		1,5	0,3
E	zout	Sigara	7,2		0		
E	substraat	Sigara	9,7	1,9		1,9	0,7
E	substraat	Sigara	9,9	1,7		1,7	0,5
B	substraat	-	9,9				
E	substraat	-	8,9	1,0		1,0	
E	substraat	Gammarus	7,8	2,1		1,4	0,4
E	substraat	Palaemonetes	6,4	3,5	verbruik	= 2,5	
B	substraat	-	9,2				
E	substraat	-	6,7	2,5			
E	substraat	Gammarus	6,3	2,9	verbruik	= 0,4	
E	substraat	Gammarus	6,3	2,9	verbruik	= 0,4	
E	substraat	Sigara	6,7	2,5	verbruik	= 0	

Overzicht figuren:

Fig. 1 : Kaart met monsterpunt Monnikendijk.
Fig. 2 : Biomassa verticaal van drie fytoplankton-soorten, 18-10-1977.
Fig. 3 : Biomassa verticaal van drie fytoplankton-soorten, 25-10-1977.
Fig. 4 : Biomassa en chlorofyl, verticaal van 18-10-1977.
Fig. 5 : Biomassa en chlorofyl, verticaal van 25-10-1977.
Fig. 6 : Biomassa in de tijd, oppervlak.
Fig. 7 : Biomassa in de tijd, diep.
Fig. 8 : Productie en consumptie, 13-9-1977.
Fig. 9 : Productie en consumptie, 26-9-1977.
Fig. 10 : Productie en consumptie, 18-10-1977.
Fig. 11 : Productie en consumptie, 25-10-1977.
Fig. 12 : Productie en consumptie, 2-11-1977.
Fig. 13 : Zuurstof en chloride, verticaal van 18-10-1977.
Fig. 14 : Zuurstof en chloride, verticaal van 25-10-1977.
Fig. 15 : Wind en reaëratie.
Fig. 16 : Pelagische consumentenketen.
Fig. 17 : Bentonische consumentenketen.
Fig. 18 : Organische belasting en zelfreiniging.
Fig. 19 : Dagcurve zuurstof.
Fig. 20 : Weergave mate van omzetting, N-componenten.
Fig. 21 : Relatie wind-reaëratie.

Fig. 1


Sluishoek
Monnikendijk
Noordhoek
POLDER DE BREEDE WATE
Monnikenhof
Hoge Pad
Zwartenburg
Veldzicht
Den Biegank
Brede Weg
Tervaten
BEWESTEN YERSEKE
Waanskinderen
Maalstede
Kapelle
Dijkwel
Sportterrein
Biezelinge
Conservenfabr
Eversdijk
Smokkelhoek

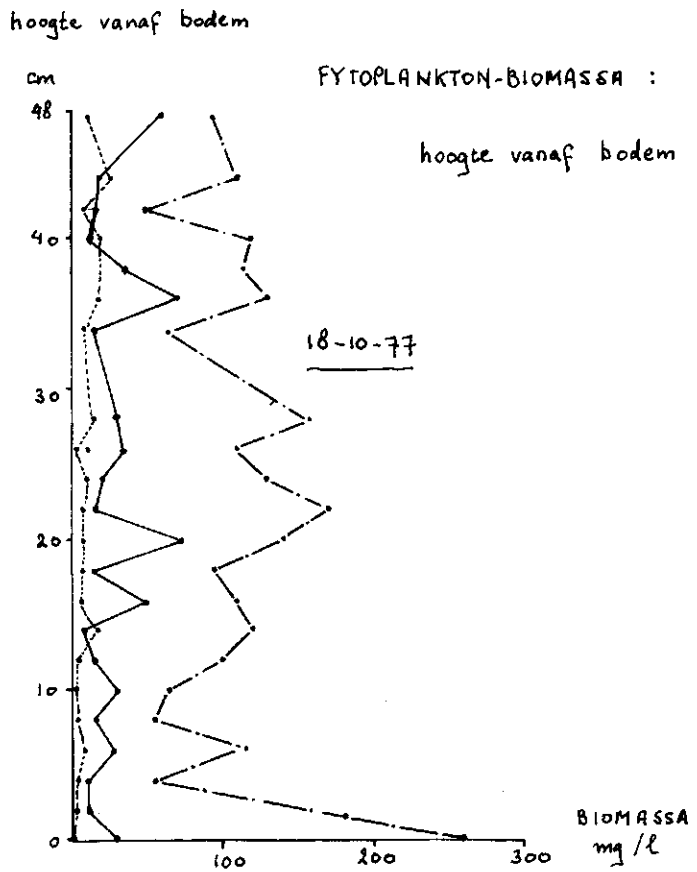

hoogte vanaf bodem
cm
48
40
30
20
10
0
100
200
300
BIOMASSA
mg/l
18-10-77

Fig. 2

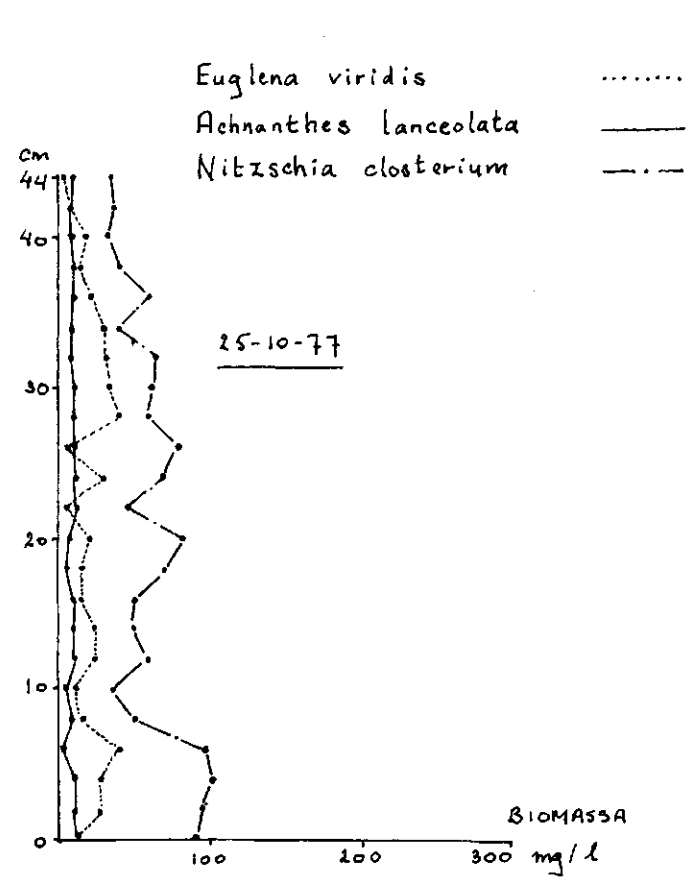

FYTOPLANKTON-BIOMASSA :
hoogte vanaf bodem
Euglena viridis
Achnanthes lanceolata
Nitzschia closterium
cm
44
40
30
20
10
0
100
200
300
BIOMASSA
mg/l
25-10-77

Fig. 3

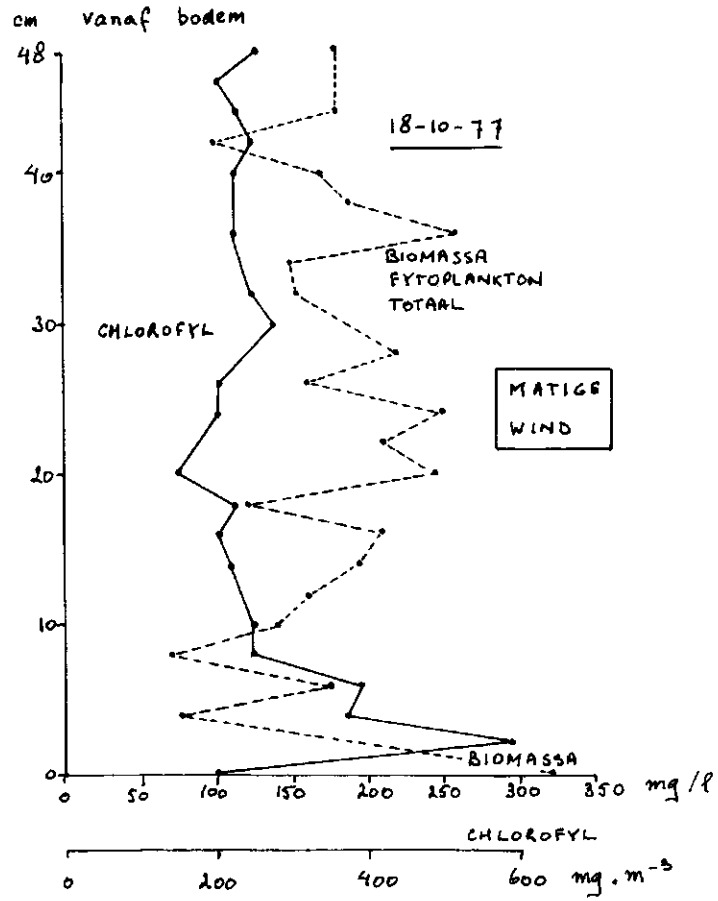

cm vanaf bodem
48
40
30
20
10
0
18-10-77
BIOMASSA
FYTOPLANKTON
TOTAAL
CHLOROFYL
MATIGE
WIND
BIOMASSA
0 50 100 150 200 250 300 350 mg/l
CHLOROFYL
0 200 400 600 mg.m-3

Fig. 4

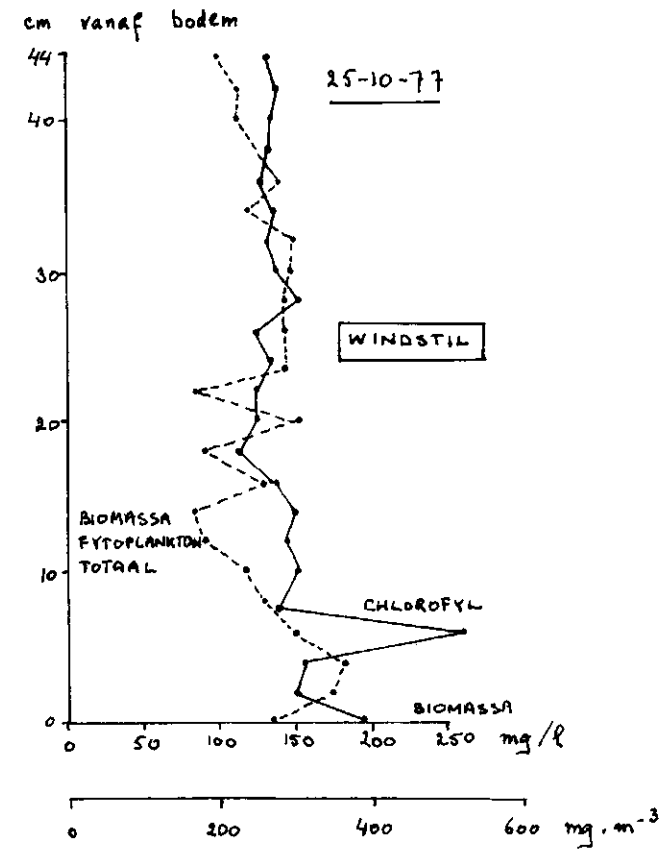

cm vanaf bodem
44
40
30
20
10
0
25-10-77
WINDSTIL
BIOMASSA
FYTOPLANKTON
TOTAAL
CHLOROFYL
BIOMASSA
0 50 100 150 200 250 mg/l
0 200 400 600 mg.m-3

Fig. 5

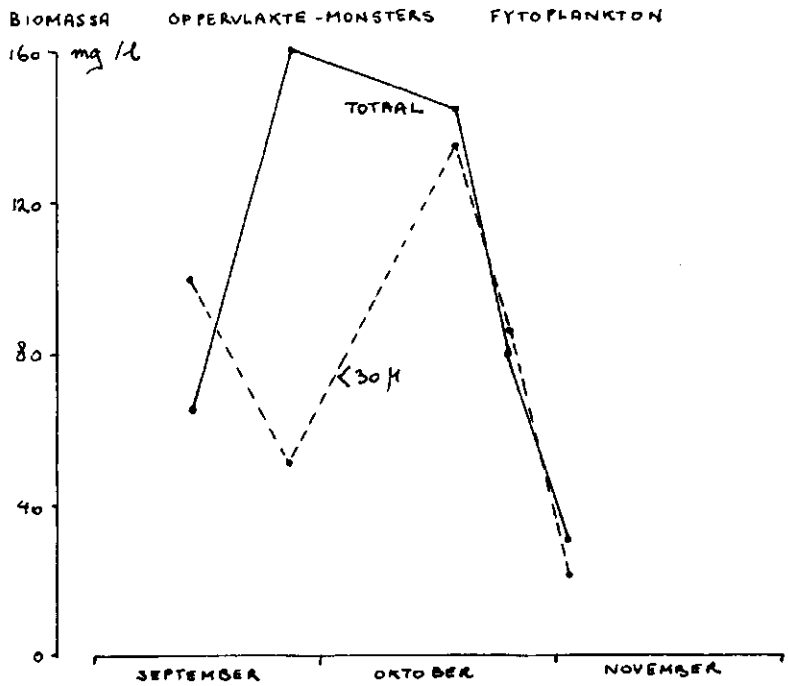

BIOMASSA OPPERVLAKTE-MONSTERS FYTOPLANKTON
mg/l
160
120
80
40
0
TOTAAL
<30 µ
SEPTEMBER
OKTOBER
NOVEMBER

Fig. 6

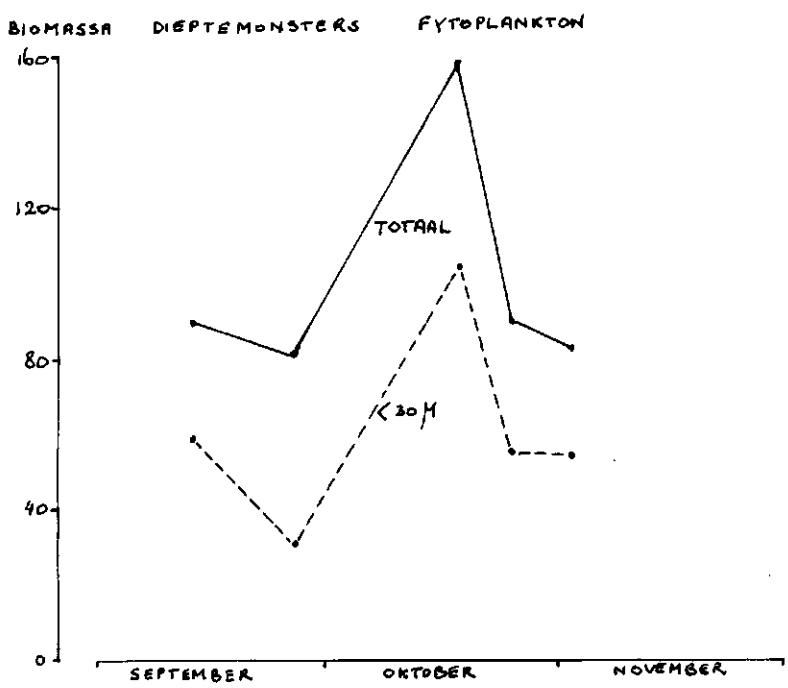

BIOMASSA DIEPTEMONSTERS FYTOPLANKTON
160
120
80
40
0
TOTAAL
<30 µ
SEPTEMBER
OKTOBER
NOVEMBER

Fig. 7

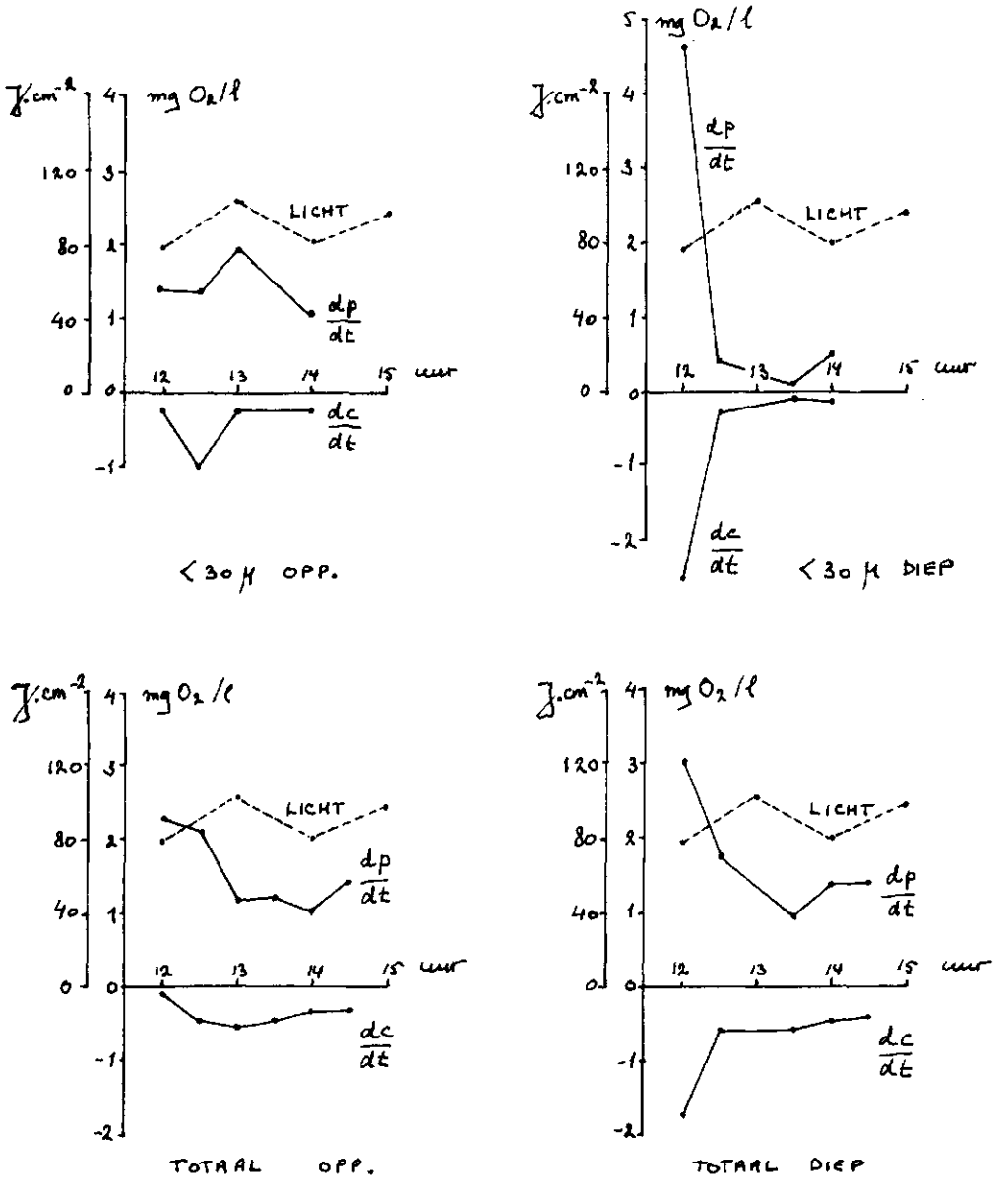


Fig. 8 PRODUCTIE EN CONSUMPTIE VAN O_2.

datum : 13 oq 77
plaats : Monnikendijk Kattendijke
- windstil tot zwakke wind
- diepte sloot ca. 35 cm , Secchiwaarde 25 cm
- pH 8,8
- temperatuurverloop: 0q10 uur : 12,6 °C
  13 30 uur : 15,0 °C
  14 25 uur : 15,2 °C
- zoutgehalte gemiddeld 7,4 ‰ Cl^-.

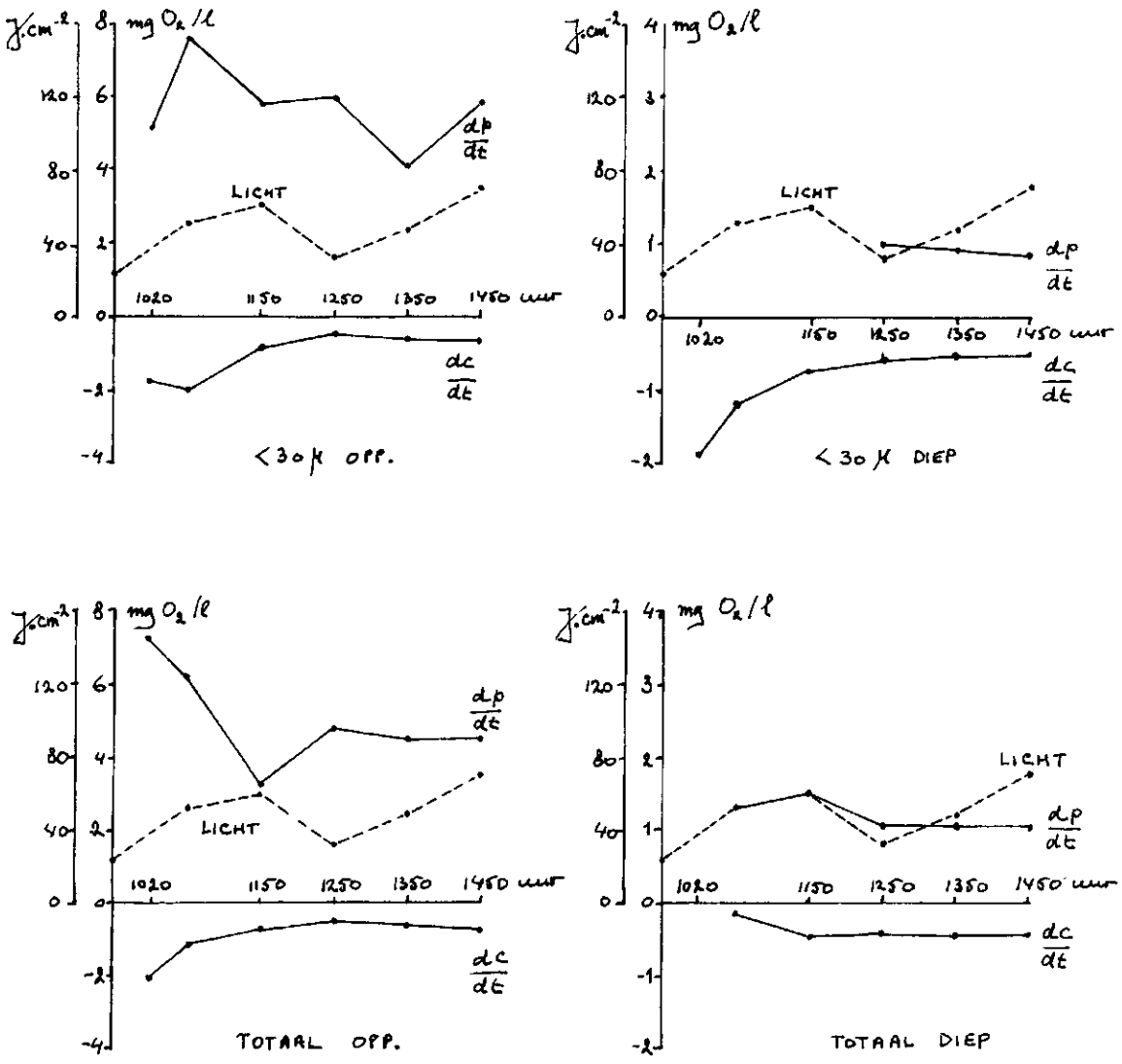


Fig. 9 PRODUCTIE EN CONSUMPTIE VAN O_2.

datum : 26 og 77

plaats : Monnikendijk Kattendijke

- windstil tot matige wind, bewolkt met zonnige perioden.
- diepte sloot ca. 45 cm, Secchiwaarde 27 cm.
- bladeren op wateroppervlak
- temperatuurverloop : 0950 uur : 14,2 °C
  1020 uur : 14,4 °C 1250 uur : 14,6 °C
  1050 uur : 14,5 °C 1350 uur : 15,0 °C
  1150 uur : 14,7 °C 1450 uur : 15,5 °C
- zoutgehalte opp. 9,4 ‰ Cl^-
  bodem 10,1 ‰ Cl^-

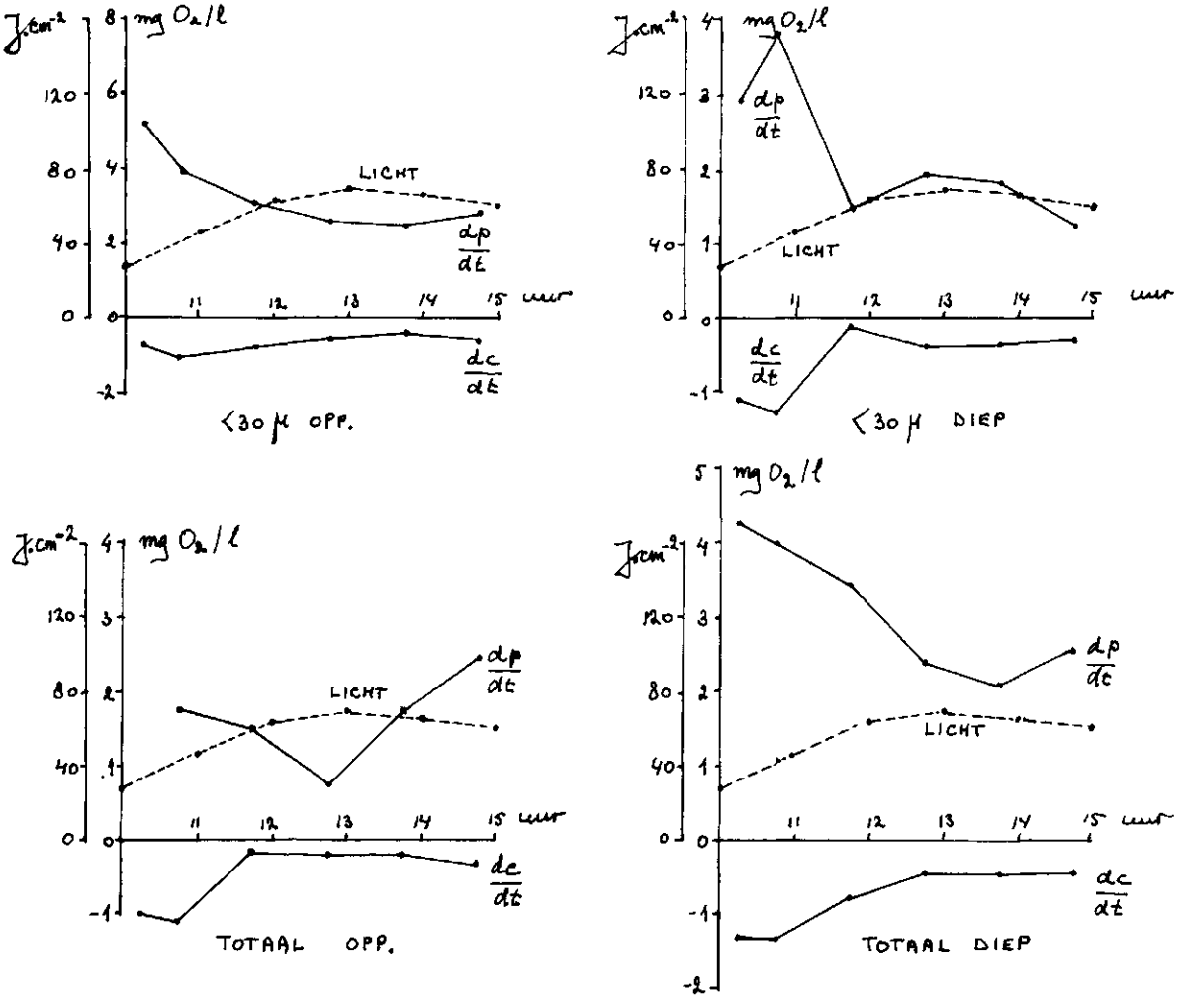


Fig. 10 : PRODUCTIE EN CONSUMPTIE VAN O_2.

datum : 18 10 77

plaats : Monnikendijk Kattendijke

- matige wind, zonnig, onbewolkt
- diepte sloot ca. 45 cm., Secchiwaarde 27 cm
- rottende bladeren aan oppervlak
- temperatuurverloop :

0945 uur	: 10,4 °C	1145 uur	: 11,3 °C
1015 uur	: 10,5 °C	1245 uur	: 12,0 °C
1045 uur	: 10,7 °C	1345 uur	: 12,6 °C
		1445 uur	: 13,3 °C

- zoutgehalte opp. 9.4 ‰ Cl^-
  bodem 10,1 ‰ Cl^-

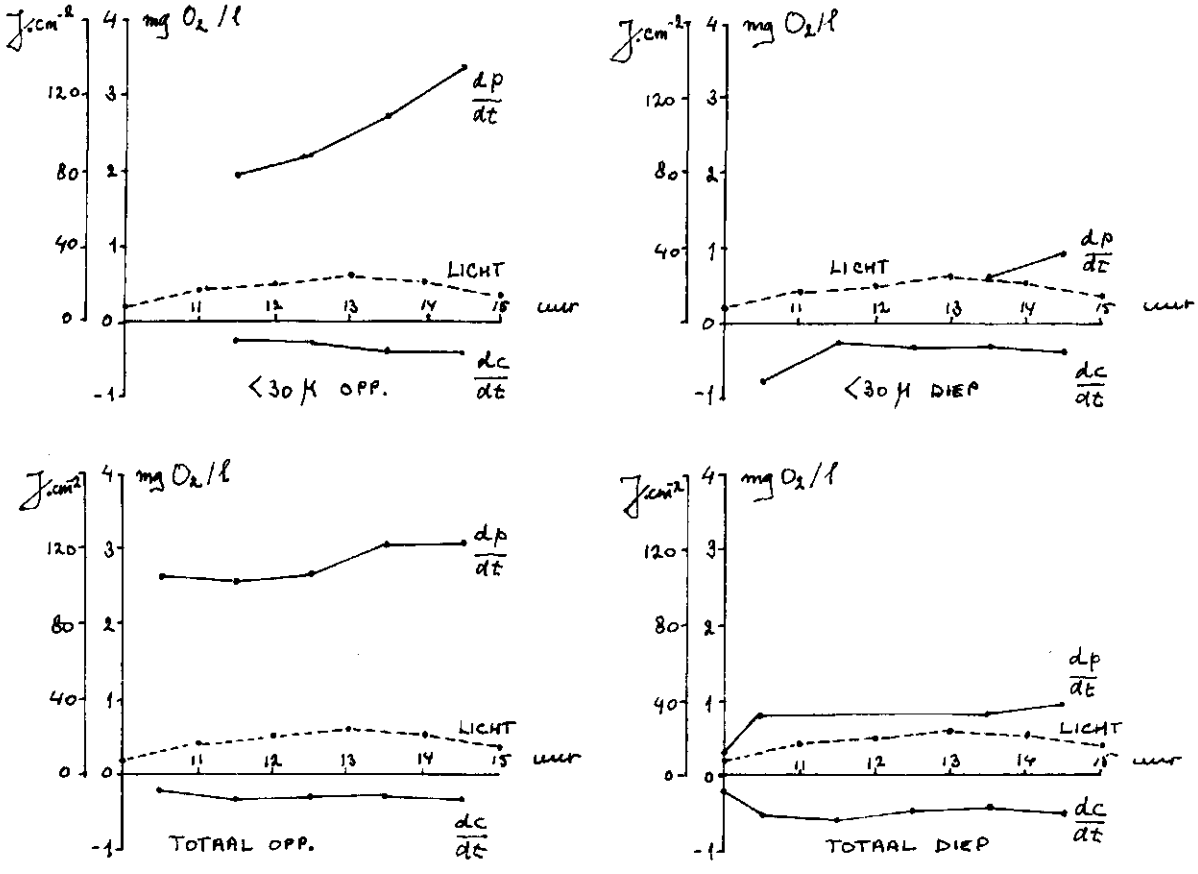
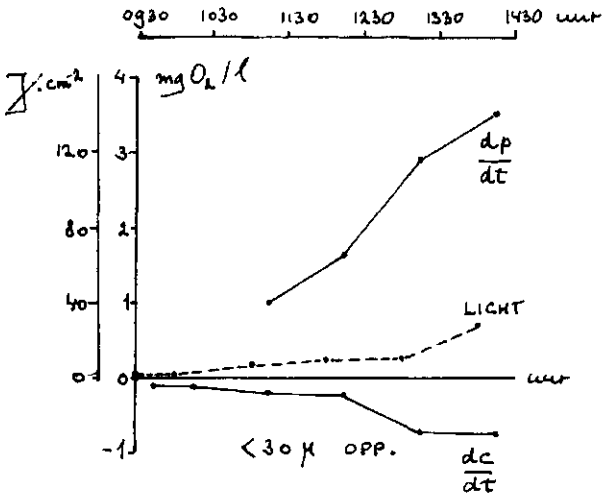


Fig. 11 : PRODUCTIE EN CONSUMPTIE VAN O_2 :

datum : 25 10 77

plaats : Monnikendijk Kattendijke

- windstil , bewolkt ,zonnige perioden.
- diepte sloot ca. 40 cm. , Secchiwaarde 12 cm (algenbloei !)
- temperatuur verloop : 1130 uur 13,1 °C
  0930 uur : 12,5 °C 1230 uur 13,3 °C
  1000 uur : 12,7 °C 1330 uur 13,8 °C
  1030 uur : 12,8 °C 1430 uur 14,2 °C
- zoutgehalte gemiddeld 9,2 ‰ Cl^-



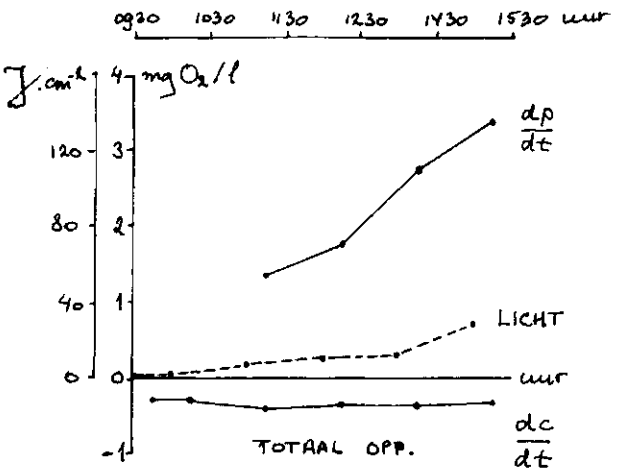


Fig. 12 PRODUCTIE EN CONSUMPTIE VAN O_2.

VAN DE DIEPTEMONSTERS GEEN WAARNEMINGEN.

datum : 021177
plaats : Monnikendijk Kattendijke
- veel wind , regen.
- diepte sloot 60 cm , Secchiwaarde 28 cm.
  na 0800 uur: diepte 45 cm door bemaling.
- temperatuur verloop :

0800 uur :	9,3 °C	1115 uur :	9,6 °C
0945 uur :	9,5 °C	1215 uur :	9,8 °C
1015 uur :	9,5 °C	1315 uur :	10,0 °C
		1415 uur :	10,2 °C

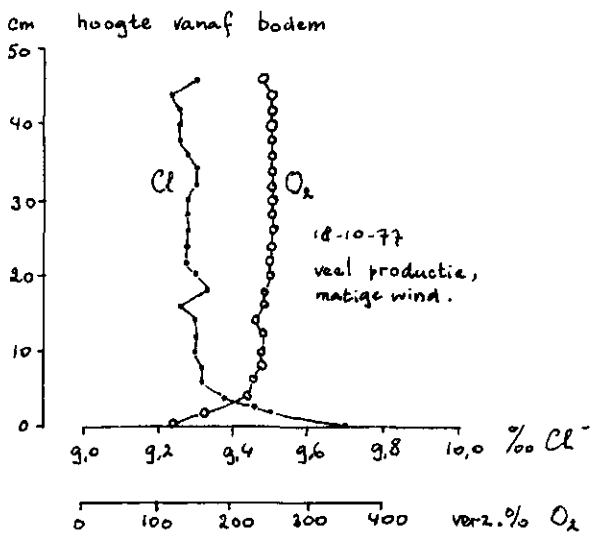


Fig. 13

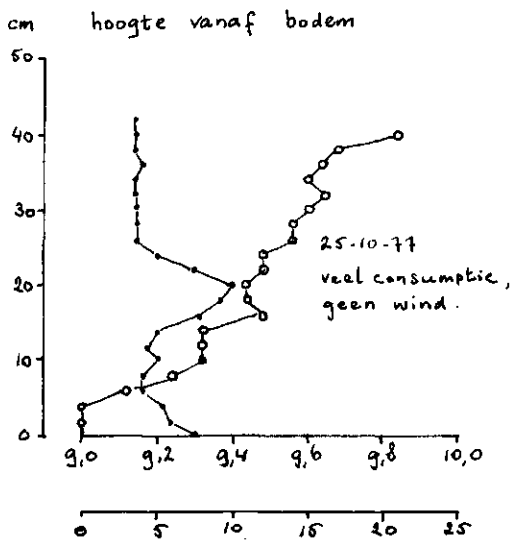


Fig. 14

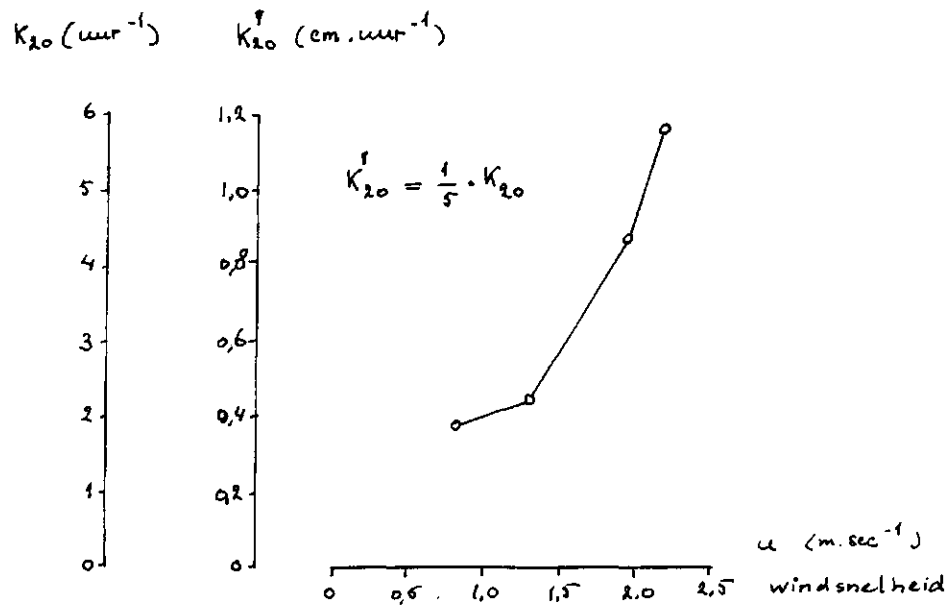


Fig. 15 RELATIE WIND – REAËRATIE

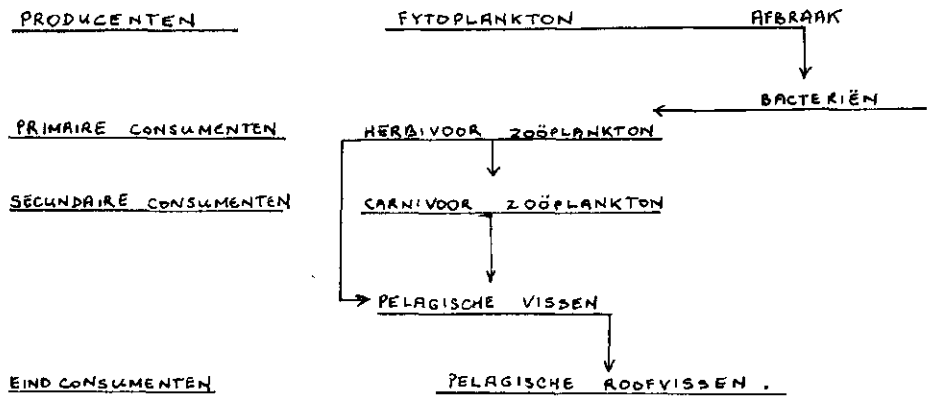


Fig. 16 : PELAGISCHE CONSUMENTENKETEN.

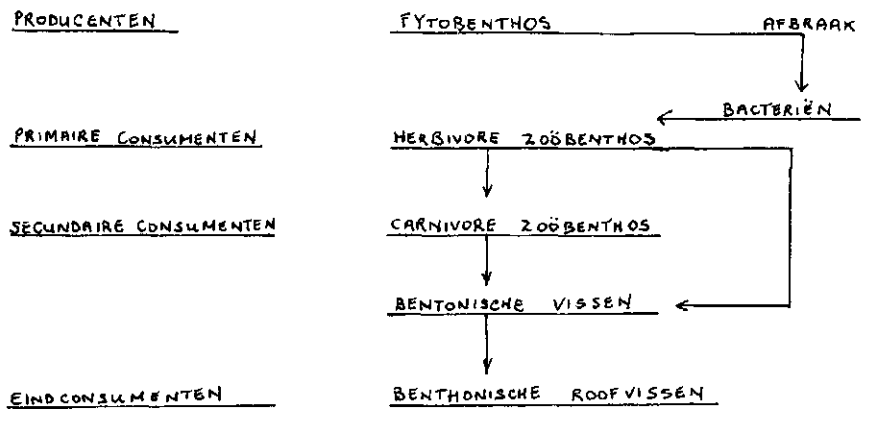


Fig. 17 : BENTONISCHE CONSUMENTENKETEN.

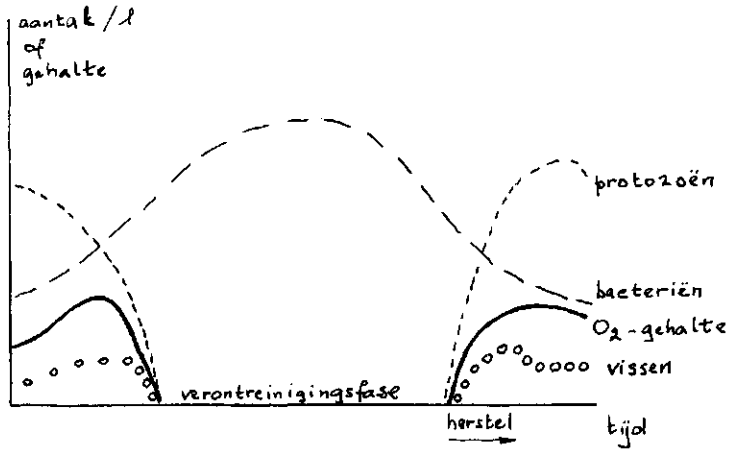


Fig. 18 ORGANISCHE BELASTING EN ZELFREINIGING.

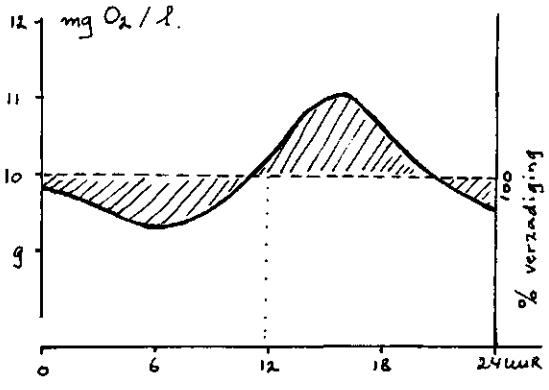


Fig. 19 DAGCURVE ZUURSTOF, STROMEND WATER, ONBEWOLKTE LUCHT.

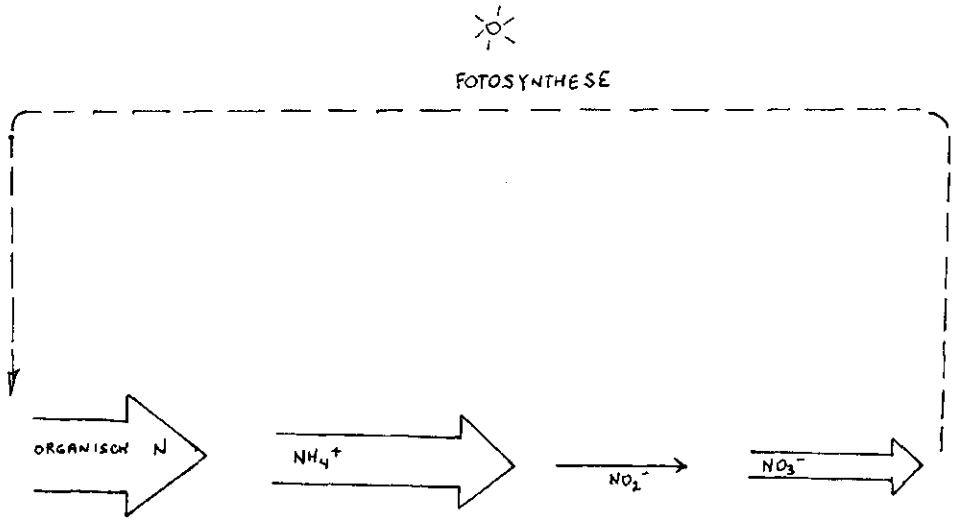


Fig. 20 : WEERGAVE MATE VAN OMZETTING , N-COMPONENTEN.

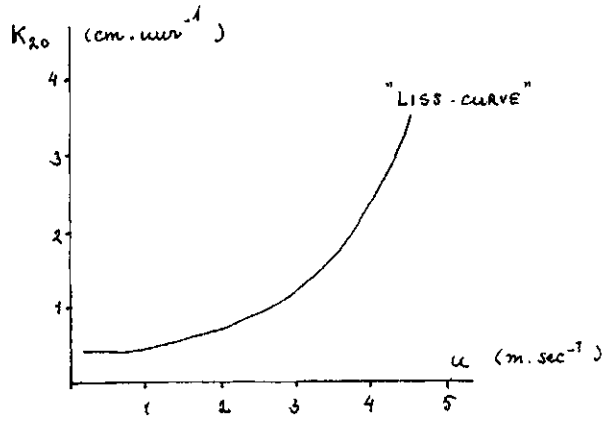


Fig. 21 : RELATIE WIND - REAËRATIE.