

EEN EXPERIMENTEEL ONDERZOEK NAAR HET GEDRAG  
VAN MAKROFAUNA IN RELATIE TOT DRAADWIJEREN

Martje Verf

Rijksuniversiteit Utrecht  
afd. Landschapsecologie en  
Natuurbeheer +  
vakgroep Zoölogische  
ecologie en taxonomie  
begeleider: ir. B. Beltman  
LEN-verslag 96

Rijksinstituut voor Natuurbeheer  
Leersum  
afd. Hydrobiologie  
begeleiders:  
dr. L.W.G. Higler & F.F. Repko

1983

Overneming van gegevens is alleen toegestaan  
na toestemming van de begeleiders

Rijksinstituut voor Natuurbeheer

Leersum

## VOORWOORD

Dit is een verslag van een 3-maands-onderwerp uitgevoerd in het kader van mijn studie M.O. Biologie aan de Rijksuniversiteit Utrecht. Het onderzoek werd gedaan in mei en juni 1982 op de afdeling Hydrobiologie van het Rijksinstituut voor Natuurbeheer te Leersum onder de supervisie van Bert Higler en Friso Repko. In Utrecht viel het onderzoek onder de verantwoordelijkheid van Boudewijn Beltman (afdeling Landschapsoecologie en Natuurbeheer) en dhr. A. Voûte (vakgroep Zoölogische Oecologie en Taxonomie).

Bert Higler en Friso Repko hebben me met raad en daad terzijde gestaan. Ook Pieter Schroevers, Geeske Admiraal, Torben Mulder, Fons v.d. Linden, Jos Sinkeldam, Michiel Hennink, dhr. H. Hoekstra, Kees Kersting, Herman van Dam en dhr. P. Leentvaar hebben me allemaal geholpen met hun adviezen, kritieken en gezelligheid.

Het meest heb ik wel genoten van de vrijheid die ik kreeg en de prikkelende sfeer die er heerste op het lab.

Boudewijn Beltman en Bert Higler keken supersnel en kritisch het verslag na. Hans hielp bij alles.

Bedankt allemaal! Ik heb veel geleerd.

Utrecht, juli 1983

Martje Verf



## INHOUD.

|     |                                                                 |    |
|-----|-----------------------------------------------------------------|----|
|     | <u>Samenvatting.</u>                                            | 1  |
| I   | <u>Inleiding.</u>                                               | 2  |
|     | 1. Aanleiding tot het onderzoek.                                | 2  |
|     | 2. Vraagstelling van het onderzoek.                             | 4  |
| II  | <u>Materiaal en Methode.</u>                                    | 6  |
|     | 1. De algemene proefopstelling.                                 | 6  |
|     | 2. Het water.                                                   | 7  |
|     | 3. De proefdieren.                                              | 8  |
|     | 4. De bodem.                                                    | 9  |
|     | 5. De flap.                                                     | 11 |
|     | 6. De zuurstofmetingen.                                         | 13 |
|     | 7. De proeven.                                                  | 13 |
|     | 8. De statistische verwerking.                                  | 15 |
| III | <u>Resultaten.</u>                                              | 16 |
|     | 1. Beschrijving, resultaten, discussie en konklusies per proef. | 16 |
|     | 1.1. Proef 1.                                                   | 16 |
|     | 1.2. Proef 2.                                                   | 18 |
|     | 1.3. Proef 3.                                                   | 20 |
|     | 1.4. Proef 4.                                                   | 21 |
|     | 1.5. Proef 5.                                                   | 22 |
|     | 1.6. Proef 6.                                                   | 24 |
|     | 1.7. proef 7.                                                   | 25 |
|     | 2. Resultaten zuurstofmetingen.                                 | 26 |
|     | 3. Resultaten observaties.                                      | 27 |
| IV  | <u>Diskussie.</u>                                               | 29 |
|     | 1. Methode.                                                     | 29 |
|     | 2. Flapinvloed.                                                 | 31 |
|     | 3. Makrofaunagedrag.                                            | 32 |
|     | 4. Onderzoeksuggesties.                                         | 35 |
| V   | <u>Konklusies.</u>                                              | 38 |
| VI  | <u>Literatuur.</u>                                              | 40 |
| VII | <u>Bijlagen.</u>                                                | 42 |

## SAMENVATTING

Bij onderzoek in sloten met verschillende begroeiingsgraad van draadwieren (flap) werd geconstateerd dat de makrofauna in hoge mate gebonden is aan kondities, die door de periodiciteit en de massa van draadwieren worden veroorzaakt. Enerzijds oefent flap een duidelijke aantrekkingskracht uit op slootorganismen door de schuilmogelijkheden en voedsel (epifyton), anderzijds worden dikke flapmassa's gemeden vanwege de slechte toegankelijkheid en de ongunstige zuurstofomstandigheden bij de bodem.

Het in dit verslag beschreven experimentele onderzoek had als doel de veldwaarnemingen te toetsen: vinden bepaalde makrofaunasoorten flap aantrekkelijk c.q. onaantrekkelijk en waardoor wordt dit veroorzaakt? Een werkmethode werd hiervoor ontwikkeld.

Twee aquaria van 1 x 1 x 0,6 meter die buiten stonden werden ingericht met een  $\pm$  1,5 cm dikke bodem van modder uit een veensloot, leidingwater, 300 tot 800 proefdieren en flap. Er werd gewerkt met larven van *Caenis horaria*, *Caenis robusta* (ééndagsvliegen) en met *Asellus aquaticus* (waterpissebed). Door observeren konden te weinig gegevens verzameld worden aangezien de meeste proefdieren zich overdag schuilhielden. Daarom werd alle bodem, flap en water na een aantal dagen geoogst en de dieren erin geteld. Boven, in, onder en naast de flap zijn zuurstofmetingen gedaan.

Het bleek dat *Asellus aquaticus* duidelijk meer voorkwam in vakjes waarin flap op de bodem lag dan in vakjes met alleen maar bodemmateriaal.

Bij de twee *Caenis*soorten was dit niet het geval.

Dit komt overeen met de veldwaarnemingen (de Vries, 1982).

Van de invloed van flap op de zuurstofspanning van het omringende water is een duidelijk beeld verkregen.

Oriënterende proefjes hebben suggesties opgeleverd voor de factoren van flap die aantrekkelijk zijn voor makrofauna.

Er worden ideeën voor verder onderzoek gegeven.

## I INLEIDING

### I.1. Aanleiding tot het onderzoek

Er zijn al jaren plannen om in een polder ten oosten van het plaatsje Demmerik het polderpeil te verlagen. De afdeling Hydrobiologie van het RIN onderzoekt, in het kader van het zgn. "slotenprojekt", de gevolgen hiervan voor de ecologie van de sloten in het gebied door zowel voor als na de verlaging van het waterpeil de makrofauna, vegetatie, mineralisatie in de bodem en chemische en fysische factoren te bestuderen en te vergelijken. Tijdens onderzoek in het kader van één van de deelprojecten (projekt 178) getiteld: "Vergelijking van de makrofaunain sloten met een verschillende vegetatiestructuur" viel op dat de mate waarin bepaalde makrofauna voorkomt, lijkt te worden bepaald door de aanwezigheid van flap en de dichtheid ervan (de Vries, 1982).

De relatie flap--makrofauna bestuderen in een experimentele, doch zo natuurlijk mogelijke opstelling is de globale opdracht van dit onderzoek.

Flap is een volksnaam voor verschillende soorten draad(groen)wieren, die drijvend of zwevend in grote hoeveelheden in rustig oppervlaktewater kunnen voorkomen. Het hele slootoppervlak kan er vol mee liggen. Flap fungeert als zeef voor in de sloot zwevende deeltjes en verzamelt zo veel detritus in zich. In het proefgebied bij Demmerik kwam vooral in de zgn. Zuidsloot veel flap voor. Een hoeveelheid flap kan uit één soort of uit verschillende soorten bestaan. Met het woord flap is in dit verslag steeds bedoeld: "flapmassa". In flap betekent dus: tussen de draadwieren in, in de flapmassa.

's Winters drijft er geen flap op de sloten. Op de bodem liggen dan resistente vegetatieve of generatieve delen van de draadwieren. Als in het voorjaar de lichtintensiteit toeneemt en licht sterker tot op de bodem doordringt beginnen deze plantecellen weer uit te groeien en zuurstof te produceren. Doordat de zuurstof als gasbelletjes tussen de flapdraden en de detritus blijft hangen, stijgt de flap op een zeker moment omhoog tot ze aan het oppervalk drijft. In 1982 gebeurde dit eind april. Vanuit het midden van de sloot groeit de flapmassa uit naar de zijkanten. Dit heeft tot resultaat dat in het midden van de sloot een dichte flapmassa (meestal met veel detritus) drijft en de zijkanten in de loop van de zomer meer of minder gevuld worden door minder dichte flap. Dit sta-

dium was eind juni 1982 nog niet bereikt. De flap kan tot in oktober door-  
groeien waarna het grootste deel afsterft.

Er zijn verschillende wegen denkbaar waarlangs flap makrofauna en  
dus de verdeling van makrofauna in een sloot beïnvloedt:

-Levende flap dient als voedsel.

Dit geldt voor bijv. Hydroptilidae, Halipuslarven, enz.

-De voedselhoeveelheid en/of samenstelling in flap is aantrekkelijk.

Zoals al gezegd werkt flap enigszins als zeef voor zwevende en drijvende  
deeltjes die door trek langs/door flap gaan. Op flap groeien vaak aller-  
lei organismen zoals kleine algen (Oedogonium, Diatomeeën), die als ze af-  
sterven, evenals afgestorven stukjes flap, als voedsel dienen voor de in  
meerderheid detritivore dieren in de flap.

-De structuur op zich is aantrekkelijk.

-Flapdraden feven vooral kleinere dieren een groot aanhechtingsoppervlak  
en de mogelijkheid vanuit de bodem omhoog te kruipen.

-Tussenflapdraden in zijn de dieren betrekkelijk veilig voor grotere pre-  
datoren.

-Naarmate de flap dichter van structuur is wordt ze moeilijker toeganke-  
lijk, 't eerst voor de grotere soorten. Veel voorkomende soorten als  
Microtendipes en Asellus aquaticus komen in dichte flap niet voor. Dit  
kan ook (mede) veroorzaakt worden door de slechtere zuurstofkondities  
in dichte detritusrijke flap.

-De zuurstofkondities.

Aangezien flap overdag zuurstof produceert, zijn in en boven flap hoge  
zuurstofspanningen te verwachten, hetgeen aantrekkelijk voor de makro-  
fauna kan zijn. Het zuurstofgebruik door microbiële afbraak van de in de  
flap aanwezige detritus kan de zuurstofspanning echter sterk doen dalen.  
's Nachts consumeert de flap ook zelf zuurstof. In elk geval zijn in flap  
sterkere schommelingen in de zuurstofconcentratie te verwachten dan daar  
buiten, wat waarschijnlijk onaantrekkelijk voor veel makrofauna is. Bij  
de bodem onder flap heersen mogelijk slechte zuurstofkondities.

-Temperatuur en lichtintensiteit.

Deze kunnen door flap beïnvloed worden en direkt invloed hebben op de  
ruimtelijke verdeling van makrofauna in, om en onder een flap-hoeveelheid.

Bovenstaande punten suggereren een actieve keuze van een bepaalde makro-  
faunasoort t.a.v. flap. Maar het zou ook kunnen dat de verdeling van een  
bepaalde soort over een slootruimte waarin flap is een passief gevolg is

- van - de plaats waar de eieren worden gelegd en vervolgens uitkomen,
- de filter- oftewel vangwerking van flap, dit t.a.v. makrofauna-soorten die niet goed kunnen zwemmen of
- het wegvangen van veel dieren buiten de flap door predatoren.

Om al deze waarnemingen, ervaringen, half en nog niet bevestigde vermoedens omtrent de invloed van flap op de verdeling van makrofaunasoorten nader te onderzoeken, is in dit onderzoek het gedrag van enkele makrofaunasoorten t.a.v. flap in vitro geobserveerd en door bemonstering gekwantificeerd. Dit is gebeurd in twee grote aquaria die in de buitenlucht stonden en ingericht waren met bodem, water, flap en proefdieren. Omdat de zuurstofspanning van het water in, boven en onder flap van belang leek zijn zuurstofmetingen verricht.

Een vergelijkbaar in vitro onderzoek is op de afdeling Hydrobiologie van het RIN nog niet eerder gedaan, zodat nog naar de methode gezocht moest worden. Alle proeven, vooral de proeven 1,6 en 7, hebben daardoor een sterk experimenteel karakter. Ook het hoofdstuk Materiaal en methoden neemt daardoor een belangrijke plaats in dit verslag in. Als een bevredigende standaardmethode gevonden is, kunnen hierop, al naar gelang de vraagstelling, variaties aangebracht worden.

## I.2. Vraagstellingen van het onderzoek.

In deze paragraaf worden de vraagstellingen waar in dit onderzoek aan gewerkt is nader uitgewerkt. Veel vragen die vooraf en tijdens het onderzoek opgeroepen werden, maar waarvoor geen tijd was om aan te werken zijn in de discussie "verrijkt" met de opgedane ervaringen tot verdere onderzoek-suggesties verwerkt. (zie IV.4).

De eerste vraag die beantwoord moet worden is:

-Hoe moet experimenteel onderzoek naar het gedrag van makrofauna t.a.v. flap met de ter beschikking staande middelen opgezet worden?

Deze middelen zijn: twee aquaria van 1 x 1 x 0,6 meter, te verzamelen flap, te verzamelen proefdieren, te verzamelen bodemmateriaal en water (welk?). De bedoeling is, dat de natuurlijke situatie zo goed mogelijk nagebootst wordt opdat de proefdiere zich zo normaal mogelijk zullen gedragen, maar zover versimpeld wordt dat herhalingsexperimenten mogelijk zijn. In feite zijn alle aquariumproeven aan deze eerste vraag, gekombineerd met de twee volgende vragen besteed.

- In hoeverre worden de proefdieren aangetrokken of afgestoten door flap?  
Dat wil zeggen, worden er onevenredig veel of weinig in flap of in de bodem onder flap aangetroffen? In eerste instantie wordt er gewerkt met één soort per proef.

Waarom flap (on)aantrekkelijk is kan in tweede instantie uitgezocht worden, nadat herhaalbare "aantrekkelijkheidsproeven" ontwikkeld zijn.

- Hoe verandert de zuurstofspanning van het water onder invloed van flap en heeft dit invloed op de makrofaunaverdeling?
  - Is er een korrelatie tussen de verdeling van makrofauna en de zuurstofspanningen in, onder en naast flap? Kan een kausaal verband aangetoond worden?
  - Het is op zich ook interessant om te weten hoe flap de zuurstofconcentratie in het water beïnvloedt en hoe dit in de tijd verloopt. Dergelijke metingen zijn door Kersting en Admiraal (RIN) in het veld gedaan. De zuurstofmetingen van hen kunnen worden vergeleken met die, die gedurende de proeven in de aquaria gedaan zijn. Deze laatste hebben het voordeel dat ze zeer gericht en plaatselijk kunnen worden gemeten. Voorwaarde hiervoor is dat de watermonsters zo klein mogelijk moeten zijn.
- Heeft de structuur van de flap invloed op de aantrekkelijkheid ervan voor makrofauna?
  - Structuur van flap kan verschillen doordat ze anders van soortensamenstelling is. Zo volgen verschillende soorten draadwieren elkaar in de loop van het voorjaar en de zomer op (zie II.5, de flap). Dikte van de draden en de mate van vertakking en daardoor hun structuur kunnen tussen soorten sterk verschillen. Het aanbieden van twee of drie flapsoorten tegelijkertijd kan hierover meer informatie geven. Aan deze vraagstelling is slechts een oriënterend proefje besteed (proef 7).
  - Een tweede structuuraspect, nl. dat binnen een bepaalde flapsoort (dichte, open, veel of weinig flap) wordt in de discussie besproken (zie IV.4).
- Temperatuur en lichtintensiteit.  
Tijdens de proeven is gelet op mogelijke invloeden van deze twee factoren. Daartoe zijn enkele lichtintensiteit- en zuurstofmetingen gedaan (zie II.1, II.6 en bijlage 6).

## II MATERIAAL EN METHODE.

### II.1. De algemene proefopstelling.

De twee aquaria zijn gemaakt van 10 mm. dikke glasplaten die aan elkaar geplakt zijn met siliconenkit. De afmetingen zijn 100x100x60 cm. Ze stonden opgesteld op een bijna één meter hoge tafel buiten achter het koetshuis.

Ze werden afgedekt met gaas om te voorkomen dat vliegende insecten hun eieren erin konden leggen en om de vele afvallende knopschubben van de omringende bomen tegen te houden. Eventueel uitvliegende proefdieren werden er ook door tegengehouden.

Voor het beluchten en filteren van het water zijn een grote aquariumpomp en -filter en perslucht gebruikt. Het teruggepompte gefilterde water liep via een bovenin het aquarium opgehangen rondbodemkolfje terug in het aquarium om opwerveling van de bodem door stroming te voorkomen. 'sNachts werd niet gefilterd, zonodig wel belucht.

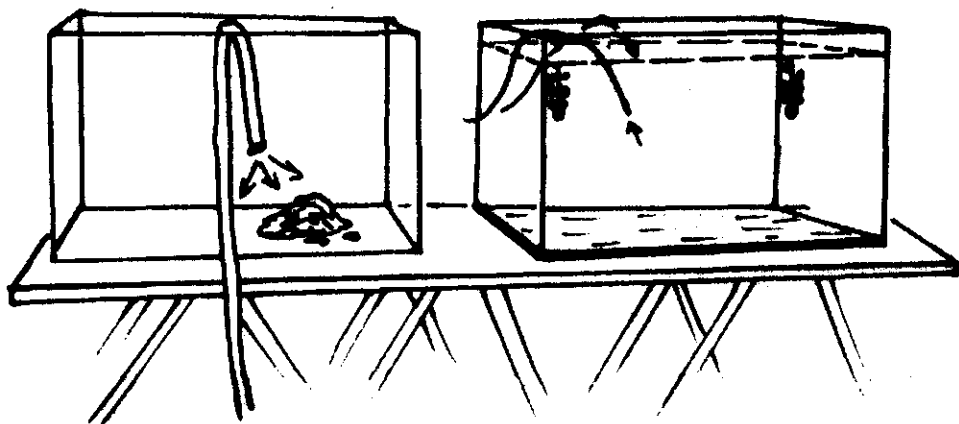
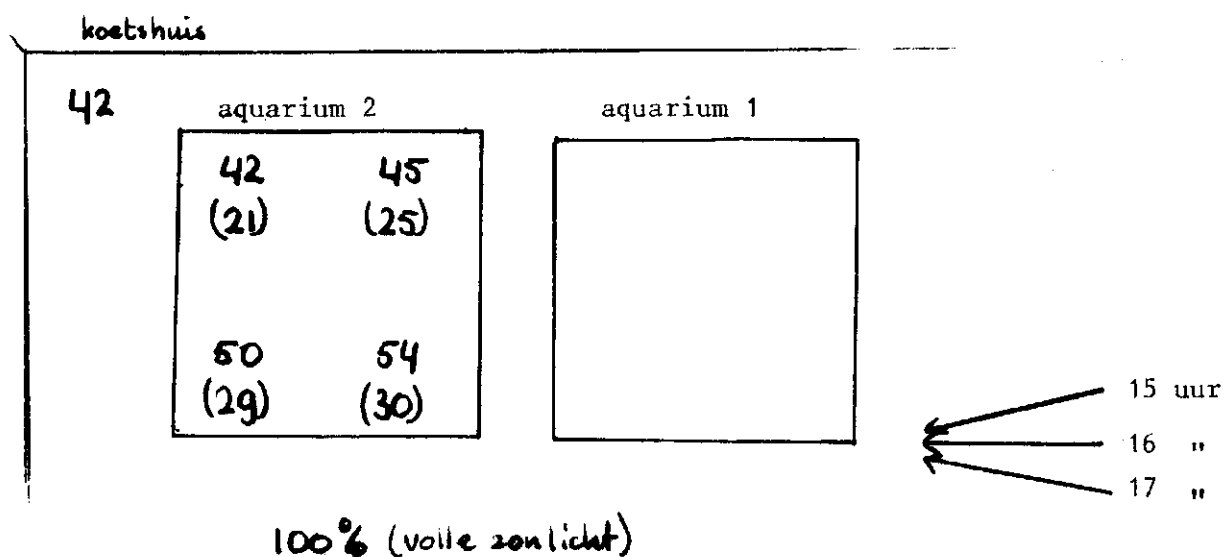


Foto van de opstelling. Aquarium 1 - het bodemmateriaal is al bezonken, er wordt gefilterd en geaereerd. Aquarium 2 wordt met leidingwater gevuld, waarbij het bodemmateriaal gaat opwervelen.

De opstelling was zo dat de aquaria minstens tot drie uur 's middags in de schaduw stonden. Zonodig werd vanaf die tijd de bodem bescha-duwd om te voorkomen dat de bodemtemperatuur en daarmee de microbiële activiteit (gasvorming!) te hoog opliep.

Tijdens proef 5 is op één dag om + 11 uur (aquaria dus nog niet in de zon) de lichtintensiteit in en om aquarium 2 gemeten met een Metrix MX 309 A - integraal lichtmeter. Het was helder weer. De resultaten hiervan zijn in onderstaande situatieschets gegeven (in percentages van het volle zonlicht). Het getal tussen haakjes is de onder water op 30 cm diepte gemeten waarde.



Zodra de zon op een deel van de opstelling viel, was het verschil tussen vooraan en achteraan in het aquarium nog groter. De zonrichting om 3, 4 en 5 uur is met pijlen in de situatieschets weergegeven. Aquarium 2 stond in de schaduw van aquarium 1.

Tegelijk met de zuurstofmetingen is de temperatuur op verschillende plaatsen in de aquaria gemeten. Ze zijn weergegeven in tabel 6. Globaal kan gezegd worden dat de temperatuur, die in één aquarium op een zelfde tijdstip nooit meer varieerde dan 1°C, van 9 tot 17 uur met 2 à 3 °C op- liep, afhankelijk van het weer. De begintemperatuur werd door de nacht-temperatuur bepaald. De laagste -, resp. hoogste temperatuur gedurende de verschillende proeven gemeten zijn 13,0 en 25,6 °C.

Na elke proef zijn de aquaria schoon en droog gemaakt en werden ze één dag droog laten staan.

## II.2. Het water.

Aanvankelijk werden de aquaria gevuld met water uit de vijver bij kasteel Broekhuizen of met enkele emmers water uit de zgn. Zuidsloot in het proefgebied bij Denmerik, aangevuld met leidingwater. Het vijver- of slootwater werd via een planktonnet in de aquaria gebracht.

Het water dat uiteindelijk voor de proeven werd gebruikt was echter alleen leidingwater dat goed met het bodemmateriaal in contact was geweest doordat het met behulp van een brandslang met grote kracht in de aquaria met bodemmateriaal werd gespoten.

Vanwege de zuurstofarmoede van het leidingwater en het zuurstofgebruik door het bodemmateriaal was het nodig het water enkele dagen te aereren tot een redelijk zuurstofverzadigingsnivo (+ 80%) was bereikt. Ook werd nadat het bodemmateriaal was bezonken het water gefilterd. Al met al was door deze behandeling het water binnen 1 à 2 dagen na het vullen op temperatuur (tussen 15 en 20 °C) en helder. Deze helderheid was noodzakelijk in verband met de observatie van de proefdieren. Na toevoeging van de proefdieren werd gestopt met filteren en aereren.

Na het nemen van de flap- en bodemonsters werd het water door een fijne zeef uit het aquarium geheveld om de overige proefdieren te kunnen tellen.

Bovenstaande methode werd gekozen uit verscheidene uitgeprobeerde alternatieven.

### II.3. De proefdieren.

Aangezien Asellus aquaticus en larven van Caenis robusta en Caenis horaria op het moment waarop het onderzoek begon veel in de slootmonsters werden aangetroffen werd besloten met deze soorten te gaan werken. Hun afmetingen zijn groot genoeg om ze makkelijk waar te kunnen nemen.

Asellus aquaticus (Crustaceae, Isopoda) de gewone waterpissebed komt zeer algemeen voor en voedt zich met rotte bladeren (bijv. van *Elo-dea*, *Quercus* of *Alnus glutinosa* (Adcock, 1982)), detritus, epizoön en mogelijk ook met bacteriën en fungi. Ze kan slechts zeer korte afstanden zwemmen. De flap is daarom dicht bij de bodem aangebracht. Asellus meridianus lijkt erg veel op A. aquaticus maar komt iets minder algemeen voor. Waarschijnlijk behoorden de hier gebruikte waterpissebedden alle tot de soort A. aquaticus, alhoewel niet elk exemplaar bekeken is.

Caenis horaria en Caenis robusta (Insecta, Ephemeroptera) worden haften of ééndagsvliegen genoemd. Hun larven voeden zich voornamelijk met algen en plantaardig detritus. Ze klemmen zich vast aan en lopen over waterplanten, maar kunnen ook korte afstanden zwemmen. Vrij zwemmende hafterlarven oriënteren zich niet met een evenwichtszintuig gebaseerd op de zwaartekracht, maar door middel van de richting van waaruit het licht de

de ogen bereikt. In een aquarium met een glazen bodem die van onderen be-licht werd, zwommen de larven onderste boven (Hillenius, 1971). Specifieke informatie van *C. robusta* en *C. horaria* hierover heb ik niet. In de proef-situatie komt er waarschijnlijk meer licht door de zijkanen van het aqua-rium dan in een sloot van links en rechts, maar het meeste licht komt toch van boven, dus het is waarschijnlijk dat *Caenis* niet gestoord wordt in het oriëntatievermogen.

De proefdieren werden verzameld uit bodemmateriaal en flapmonsters uit de zuidsloot en in grote platte plastic bakken buiten in de schaduw bewaard. Als voedsel werden wat halfverrotte bladeren, wat flap en zo nu en dan een weinig visvoer (TertaMin) in de bakken gedaan. Het water werd ge-aereerd en de bakken afgedekt met gaas. De twee *Caenis*-soorten en *A. aqua-ticus* werden op deze manier goed in voorraad gehouden.

In de aquaria was voor de proefdieren gedurende de proeven voldoen-de voedsel te vinden in de vorm van detritus in de bodem en in de flap.

Dezelfde dieren zijn voor verscheidene proeven gebruikt. Voor *A. aqua-ticus* is gecontroleerd of ze bleven leven. In met gaas afgesloten plastic buizen waarin iets flap zat, hangend in de aquaria, ging één van de acht dieren al gauw dood. De rest leefde na elf dagen nog. Lang genoeg dus voor de duur van de proeven. Het is mogelijk dat de overlevingskans in de bodem echter lager is.

Tijdens de proeven werden slechts enkele andere organismen waarge-nomen (*Daphnia*s, *Cyclops*, twee mijten, twee slakken). Deze hadden geen in-vloed op de waarnemingsresultaten.

#### II.4. De bodem.

De modder die de natuurlijke bodem in de aquaria moest gaan vormen, werd uit de zuidsloot geschept. Ze heeft gedurende de proeven afgedekt in grote plastic bakken buiten in de schaduw gestaan.

Na een paar dagen staan was de toestand in de bakken erg anaeroob, maar om de modder makrofauna-vrij te krijgen bleek dit niet voldoende te zijn. Veel dieren leefden nog, vooral bovenin. De modder werd nog meer ont-waterd en daarna met wat alcohol afgedekt om naar boven kruipende dieren alsnog te doden.

Aanvankelijk werd een + 10 cm dikke bodem in de aquaria aangebracht, maar dit leverde na herhaalde pogingen nog steeds problemen op ten aanzien van de helderheid van het water. Ten gevolge van gasontwikkeling (waar-

schijnlijk  $H_2S$  en  $CH_4$ ) stegen delen van de bodem of zelfs de komplette bodem op. Daarom werden de proeven gedaan met maximaal 1 à 1½ cm dikke modderbodems (dikte direkt na inrichten gemeten; later welde ze op tot 2 à 2½ cm). Hierin ontstonden ook wel gassen, maar deze gassen konden ontsnappen uit de dunne bodem zonder deze mee omhoog te tillen. Om te voorkomen dat de bodemaktiviteit bij sterke zonneschijn (temperatuursverhoging) te hoog opliep werd ze dan beschaduwd.

Vermoedelijk ontwikkelde zich na een aantal dagen ook algengroei in het bovenste laagje van de bodem ( $O_2$ -gasbelletjes op de bodem). Een microscopische kontrôle is niet uitgevoerd.

De dunne bodem was over het hele bodemoppervlak homogeen kwa samenstelling en structuur, aangezien 2 à 3 liter modder sterk opgewerveld en gehomogeniseerd werd met leidingwater en daarna in + 12 uur gelijkmatig over het bodemoppervlak bezonk.

In de proefopzet was het de bedoeling dat door observaties en protocolleren van het gedrag van de proefdieren ten aanzien van flap de nodige informatie kon worden verkregen. Het bleek echter dat de dieren zich overdag amper lieten zien. In 10 minuten werden bijvoorbeeld slechts twee van de 300 haftelarven waargenomen. De rest zat onzichtbaar in de bodem of in de flap.

Er moest dus gezocht worden naar een goede manier van flap- en bodemmonsternamen. Uiteindelijk bleek wat de bodem betreft het wegzuigen van het bodemmateriaal met een grote slang (doorsnede + 5 cm) door middel van hevelen de beste methode. Daartoe werd het bodemoppervlak eerst verdeeld in 4, 12 of 25 evengrote vakjes, die daarna één voor één leeggezogen werden. Het bodemmateriaal wervelde niet op, de proefdieren werden niet verjaagd. De weggehevelde modder en het water werden per vakje in een emmer opgevangen en belucht en zo mogelijk gekoeld bewaard.

Andere uitgeprobeerde manieren van bodemmonsters nemen zijn:

- cylinders plaatsen, deze leegzuigen:scheppen.
- platte zeven aanbrengen in de bodem op het moment dat deze gemaakt wordt; deze kunnen afgedekt uit de bodem getild worden.
- idem met platte grote petrischalen.

Geen van de methoden voldeed omdat bijvoorbeeld het aantal monsters te beperkt was, veel bodemmateriaal opgewerveld werd, niet alle bodem bemonsterd werd, enz.

De behandeling van de bodemmonsters ging als volgt. Het bodemmateriaal en de daarin aanwezige dieren werden voorzichtig opgewerveld en voor

een deel door een zeef gegoten waarop de te tellen dieren achterbleven. Door zachtjes te spoelen werd het kleine bodemmateriaal door de zeef weggespoeld. Het op de zeef achtergebleven materiaal werd in een lage witte plastic bak grondig doorzocht op proefdieren. Het opwervelen, zeven, spoelen en doorzoeken van het bodemonster werd net zo lang herhaald, totdat geen dieren meer werden gevonden. Per monster, dus per bodemvakje werd opgeteld hoeveel dieren erin voorkwamen en bij Caenis eventueel ook de verhouding tussen de twee soorten bepaald.

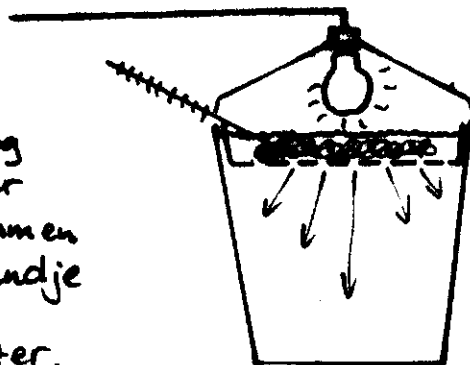
Het bleek dat op deze manier samen met de in de flapmonsters getelde dieren 81 tot 84 % (van Caenis, na 3 tot 9 dagen) en 63% (van A.aquaticus, na 11 dagen) van de aan het begin van de proef uitgezette hoeveelheid dieren terug gevonden werden.

## II.5. De flap.

De flap is verzameld uit de zuidsloot. In mei werd grove flap aangetroffen, in juni was er fijner, meer zwevend flap te zien. Resten van de grove soort werden hiertussen in op de bodem gevonden. Alleen de grove soort is voor de proeven gebruikt, aangezien deze het beste groeide onder de omstandigheden waaronder de flap bewaard werd. De in juni verzamelde fijne flap werd al gauw door de grovere gedomineerd. Het is waarschijnlijk een Rhizocloniumsoort (familie Cladophoraceae). Ze is vrijwel onvertakt, tussen de 60 en 120  $\mu$  dik, heeft dwarswanden en is vaak bezet met Oedogoniumsoorten. De fijnere soort kon niet gedetermineerd worden. In de fijnere flap zaten veel minder dieren dan in de grove.

Het schoonmaken van de flap ging als volgt. Uit de verzamelde flap werden zoveel mogelijk alle C.robusta, C.horaria en A.aquaticus gezocht en bewaard. De overige dieren werden eruit gejaagd of gedood door de temperatuur gedurende 30 minuten eerst langzaam en dan snel op te voeren tot maximaal 38°C gedurende 15 minuten. De flap kon deze temperatuur nog net verdragen. Bij 45 °C werd ze slap en ging voor een deel dood. Dit "steriliseren" werd gedaan met behulp van de volgende opstelling:

- sterke burelamp.
- thermometer.
- grove zeef waardoor nog aanwezige dieren naar beneden kunnen zwemmen met daarin een handje vol flap.
- emmer met leidingwater.



Een vergelijkbare methode bleek te worden gebruikt om Oligochaeten kwantitatief uit monsters te verzamelen (Wachs, 1965b). Andere, niet zo goed werkende schoonmaakmethoden die eerst uitgetoetst zijn:

- grondig spoelen en schudden, maar hierdoor stierf veel flap en ging de structuur volledig verloren.
- het doorborrelen met  $N_2$  om door zuurstofloosheid de dieren te doden had geen effect.

De flap werd op dezelfde manier bewaard als de dieren: in grote witte plastic bakken, buiten in de schaduw, doorborreld met lucht en afgedekt met gaas. De flap groeide op deze manier goed. Zelfs soorten als waternetje (Hydrodictyon reticulare) breidden zich sterk uit.

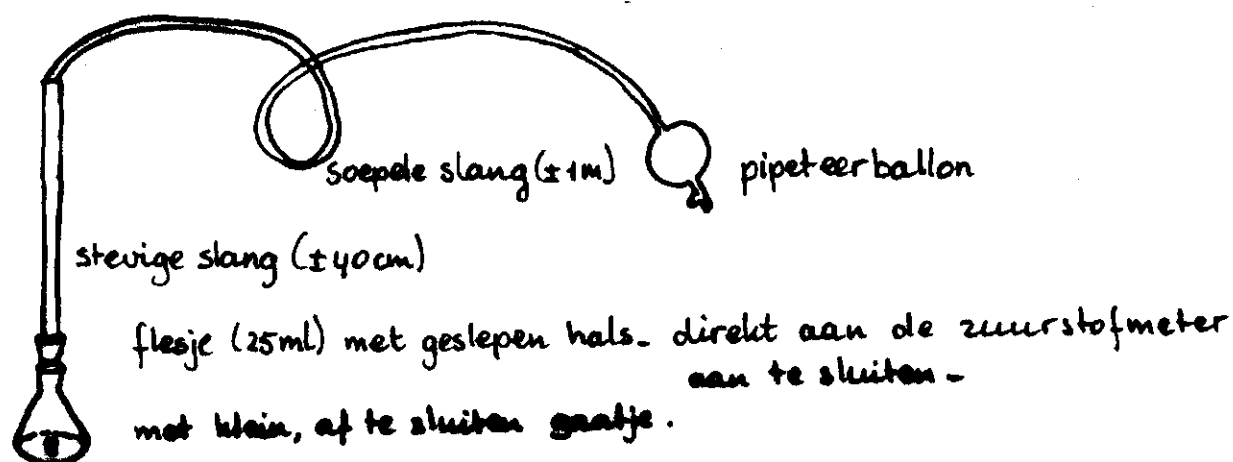
Door de manier van "steriliseren" was de uiteindelijke proefflap niet zo rijk aan detritus als de flap in de sloot. Ook ging de oorspronkelijke structuur er enigszins door verloren, maar tijdens het bewaren en in de aquaria (voordat de dieren toegevoegd werden) herstelde de structuur zich voor een groot deel. De flap werd één dag boven in het aquarium gelegd tot dat het zoveel zuurstofbelletjes in zich had verzameld dat het uit zich zelf bleef drijven en makkelijk op de gewenste plaats gefixeerd kon worden. Drijvende flap werd met behulp van een drijvende slang op zijn plaats gehouden. Zwevende flap en op de bodem liggende flap zijn met behulp van geplastificeerd grof gaas op respectievelijk 15 - 20 cm en 0 - 5 cm boven de bodem gefixeerd.

Bij het nemen van de flapmonsters bleek dat de proefdieren tijdens het manipuleren met de flap waarin ze zaten zich niet verplaatsten of naar de bodem lieten zakken. De flap kon dus rustig in delen geknipt worden indien nodig. Door de zuurstofbelletjes in de flap ging deze drijven zodra ze losgemaakt was en kon met een emmertje uit het water geschept worden. De flapmonsters werden gekoeld en geaereerd bewaard.

De behandeling van de flapmonsters was als volgt: nazoeken op proefdieren, deze tellen en zonodig determineren. Voor het determineren van de haften werden de dieren aanvankelijk in druppeltjes carboxy-methylcellulose (CMC) stil gelegd om ze onder een stereomicroscoop te kunnen bekijken. Hierdoor hoefden ze niet gedood te worden, zodat ze voor een volgende proef gebruikt konden worden. Al gauw konden de twee soorten echter op het oog onderscheiden worden.

## II.6. De zuurstofmetingen.

Om op zeer bepaalde plaatsen in het aquarium de zuurstofspanning te kunnen meten moeten zeer plaatselijke, dus kleine watermonsters genomen worden. Hiertoe werd naar een idee van Friso Repko het volgende "apparaat" gemaakt:



De watermonsters werden genomen door voorzichtig het flesje zonder bodemstopje naar de gewenste plaats te bewegen en dan zachtjes water erin te laten lopen door de pipetteerballon te openen. Het bodemgaatje werd gesloten net voordat het flesje uit het water werd getild.

Direkt na de monsternamname werd de zuurstofspanning en de temperatuur van het monster gemeten met behulp van een Oxygen Indicator model 2607 van Orbispher laboratories.

De hoeveelheid zuurstof is uitgedrukt als verzadigingspercentage bij de tegelijkertijd gemeten temperatuur en druk (bijlage 6). Bij de berekening is gebruik gemaakt van de zuurstofverzadigingswaarden gegeven door Motimer (1981).

De metingen zijn om + 9, 12<sup>30</sup> en 16 uur gedaan.

## II.7. De proeven.

In deze paragraaf zijn de uiteindelijke opzetten van de proeven 1 tot en met 5 in een schematisch overzicht weergegeven. Ter verduidelijking van de ruimtelijke situatie gebruike men de schematische tekeningen van de opstellingen van proef 1 t/m 5 (bijlagen 1 t/m 5). Vooraf aan de resultaten die worden behandeld in hoofdstuk III, par. 1 t/m 7, wordt elke proef kort beschreven, ook de proeven 6 en 7.

## OVERZICHT VAN DE PROEFOPZETTEN VAN PROEVEN 1,2,3,4 en 5.

|                    | proef 1  | proef 2  | proef 3            | proef 4 | proef 5  |
|--------------------|----------|----------|--------------------|---------|----------|
| Soort              | Caenis   | Caenis   | Asellus            | Caenis  | Caenis   |
| Aantal             | ± 300    | 400      | 700                | 500     | 600+200  |
| Toevoegingswijze   | verspr.  | verspr.  | verspr.<br>om flap | verspr. | verspr.  |
| Flaphoogte (cm)    | 40 - 50  | 15 - 20  | 0 - 5              | -       | 0 - 3    |
| Flapgrootte(% opp) | 16 of 18 | ± 15     | ± 15               | -       | ± 18     |
| Aantal flapstukken | 1 of 2   | 1        | 1                  | -       | 5        |
| Bodemdikte *       | ± 1      | ± 1      | ± 1½               | ± 1     | ± 1      |
| Aquarium 1 of 2    | 1        | 2        | 1                  | 2       | 2        |
| Dag -14            |          | b↓ w↓    |                    |         |          |
| " -13              |          |          |                    |         |          |
| " -12              |          |          |                    |         |          |
| " -11              | b↓ w↓    |          |                    |         |          |
| " -10              |          |          |                    |         |          |
| " -9               |          |          |                    |         |          |
| " -8               |          |          |                    | b↓ w↓   |          |
| " -7               | f↓       |          |                    |         |          |
| " -6               |          |          | b↓ w↓              |         |          |
| " -5               |          |          |                    |         |          |
| " -4               |          |          |                    |         |          |
| " -3               |          |          | f↓ (drijvend)      |         |          |
| " -2               |          |          |                    |         |          |
| " -1               |          |          |                    |         | b↓ w↓    |
| " 0                | D↓       | f↓ D↓    | f D↓<br>(op bodem) | D↓      | D↓ (600) |
| " 1                |          |          |                    |         | D↓ (200) |
| " 2                | f↑ f↓    |          |                    |         |          |
| " 3                | f↑       |          |                    | b↑ w↑   |          |
| " 4                |          |          |                    |         | f↓       |
| " 5                |          | f↑ b↑ w↑ |                    |         |          |
| " 6                | f↑ b↑ w↑ |          |                    |         |          |
| " 7                |          |          |                    |         |          |
| " 8                |          |          |                    |         | f↑ b↑ w↑ |
| " 9                |          |          |                    |         |          |
| " 10               |          |          | f↑ b↑ w↑           |         |          |

Legenda b = bodem, w = water, f = flap, D = proefdieren, ↓/↑ = in/uit aquarium

\* - bodemdikte is direkt na volledige bezinking gemeten.

Dag 0 is bij elke proef de dag waarop de proefdieren toegevoegd zijn.

## II.8. De statistische verwerking.

De resultaten van proef 2, 3 en 5 zijn statistisch bewerkt volgens een Willcoxon-toets, de zogenaamde rangensomtoets (Van der Laan, 1980) ook wel Mann-Whitney-U-test (Siegel, 1956) genoemd <sup>1)</sup>. De geldigheid van deze R-toets hangt niet af van de kansenverdeling van de waarnemingen. Ze gaat er wel van uit dat de twee te vergelijken steekproeven een zelfde verdeling hebben. Deze verdeling hoeft niet noodzakelijk een normale verdeling te zijn, zoals bij de  $\chi^2$ -toets en de t-toets. De gegevens vertoonden geen normale- of Poissonverdeling <sup>2)</sup>.

De R-toets vergelijkt twee onafhankelijke steekproeven door een rangnummer naar grootte aan elke waarneming toe te kennen. De rangnummers van de kleinste steekproef worden gesommeerd (R). De toegestane tweezijdige overschreidingskans is voor alle proeven op  $\alpha=0,05$  gesteld. Opgezocht in een tabel geeft  $\alpha$  aan hoe groot R van de kleinste steekproef minimaal moet of maximaal mag zijn ( $R_\alpha$ ) wil de nul-hypothese verworpen kunnen worden.

De nul-hypothese luidt voor alle proeven:

In vakjes met flap worden evenveel proefdieren aangetroffen dan in vakjes zonder flap. De alternatieve hypothese is dus: in vakjes met flap zitten uitzonderlijk veel of uitzonderlijk weinig proefdieren vergeleken met de vakjes zonder flap. Er wordt tevens getoetst of dit voor de bodem van vakjes met flap alleen ook geldt.

Voor proef 2 en 3 (2 vakjes met flap en 10 vakjes zonder flap) geldt als  $R \leq 3$  of  $R \geq 23$  dat de nul-hypothese verworpen is. Evenzo geldt dit voor proef 5 (5 vakjes met flap en 20 vakjes zonder flap) als  $R \leq 35$  of  $R \geq 95$ .

---

1) Zijp (1974) noemt het de R-toets, een toets voor gelijkvormigheid van twee populaties.

2) Met behulp van de  $\chi^2$ -toets voor verenigbaarheid van een aantal telresultaten is van proef 4 vastgesteld dat de aantallen gevonden dieren per vakje niet verenigbaar zijn met trekkingen uit één Poissonverdeling.

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^{25} \frac{(X_i - \bar{X})^2}{\bar{X}} \quad (\text{Zijp, 1974}).$$

### III RESULTATEN.

#### III.1. Beschrijving, resultaten, diskussie en konklusies per proef.

Van elke proef worden in aparte paragrafen een beschrijving, resultaten, diskussie en konklusies gegeven.

Bij de beschrijving gebruike men ter verduidelijking van de ruimtelijke situatie de schematische tekeningen van de opstellingen van proef 1 t/m 5 (bijlagen 1 t/m 5)

De telresultaten van de proeven 1 t/m 5 zijn in dezelfde schematische tekeningen ingevuld. Het eventuele aantal op het water drijvende (sub)-imago's bij de proeven met Caenis wordt ook gegeven en bij de berekening- en wordt rekening gehouden met dit aan de proef ontsnapte aantal.

De konklusies gelden voor de betreffende proef en worden soms later weer herzien naar aanleiding van latere proefresultaten. De konklusies van het onderzoek als geheel worden aan het eind van dit verslag op een rij gezet.

De resultaten van de zuurstofmetingen worden zo nu en dan al in de konklusies gebruikt. Ze zijn weergegeven in bijlage 6 en worden verder uitgewerkt in III.2.

##### III.1.1. PROEF 1.

Beschrijving: De eerste proef was uiteraard zeer experimenteel van karakter. De flap werd drijvend in een hoek aangebracht en besloeg + 16% van het wateroppervlak. Ongeveer 300 Caenis-larven zijn over het hele oppervlak verspreid, dus ook over de flap, toegevoegd. De dag waarop de proefdieren werden toegevoegd is dag 0 genoemd bij alle proeven, Na 2 dagen werd de helft van de flap "geoogst" evenals een zeer klein stukje flap met veel detritus dat naar de bodem was gezonken. In een andere hoek van het aquarium werd nieuwe flap aangebracht (+ 8% van het oppervlak) om te kontroleren of drijvende flap op minstens 40 cm afstand van de bodem überhaupt wel door de larven bereikt kan worden. Na 3 dagen werd de oudste flap geoogst. Toen de "nieuwe" flap 4 dagen in het aquarium had gedreven werd ze, evenals de bodem (in 2x2 vakken) en het water volledig bemonsterd, waardoor de proef na 6 dagen beeindigd was. Er zijn regelmatig zuurstofmetingen gedaan.

Resultaten en diskussie. Zie voor de aantallen in monsters getelde Caenis-larven (= C's) bijlage 1.

- In totaal werden er aangetroffen in
 

|                           |                                        |
|---------------------------|----------------------------------------|
| . het water               | 0 C's                                  |
| . de bodem                | 147 "                                  |
| . het gezonken flapstukje | 42 "                                   |
| . de drijvende flap       | <u>41 "</u>                            |
| Totaal                    | 230 C's (+ 77% van toegevoegde aantal) |
- Onder de flap bij de bodem werden geen andere zuurstofspanningen of temperaturen gemeten dan naast flap. Daarvoor drijft ze kennelijk te hoog.
- Toch lijkt de verdeling van C's over de bodem geen toevallige te zijn. In de flaphoek die tevens de lichtste is werden de meeste C's in de bodem geteld. Mogelijk reageren C's positief op licht. Andere oorzaken voor de gevonden verdeling zouden kunnen zijn:
  - . C's reageren op elkaar.
  - . C's reageren op een onbekende flapinvloed.
  - . de dieren zijn teveel in de betreffende hoek uitgezet en zijn niet erg beweeglijk.
  - . een niet waarneembaar verschil in bodemdikte of structuur.
  - . de verdeling is toevallig.
- In de kleine flaphoeveelheid die op de bodem lag, zaten veel meer C's dan in de drijvende flap. Als daar in verhouding net zoveel dieren in hadden gezeten, dan zouden er na 2 dagen in plaats van 19 zo'n 600 geteld zijn (op basis van geschatte volumeverhouding). Flap dichtbij de bodem lijkt dus veel aantrekkelijker dan hoger drijvende flap. In de kleine bodemflap zat veel meer detritus. Mogelijk speelt dat ook een rol.
- Omdat niet een exact bekend aantal C's is toegevoegd en omdat de monsters op verschillende dagen genomen zijn en er mogelijk steeds meer dieren dood gaan, is er een steeds kleiner wordend, niet precies bekend aantal proefdieren in het aquarium aanwezig, dat een keuze tussen flap en bodem kan maken. Vergelijken tussen monsters van verschillende dagen is daarom moeilijk en vaak onjuist.

#### Konklusies t.a.v. Caenis-gedrag en flapinvloed:

- Overdag vertonen Caenis-larven weinig zichtbare aktiviteit. Ze hebben zich in de bodem ingegraven.
- Caenis-larven kunnen de afstand van bodem naar 40 cm hoger drijvende flap overbruggen.
- Er is geen invloed van op 40 cm hoogte drijvende flap op de zuurstofspanning en temperatuur van water bij de bodem eronder.

Konklusies t.a.v. methode:

- Via observeren zijn geen gegevens over het gedrag van Caenis t.a.v. flap te verkrijgen. Wel door bemonstering.
- Bodemonsters nemen door middel van weghevelen gaat uitstekend en wordt voortaan toegepast.
- Bij volgende proeven dienen bodem en flap op de zelfde dag volledig te worden bemonsterd, zodat de kans van beide elementen om proefdieren aan te trekken 'even' groot is, althans de verhouding waarin dat gebeurt is dan slechts afhankelijk van hun "aantrekkelijkheid" en niet van de tijd.
- Er dient een bekende hoeveelheid proefdieren gebruikt te worden.
- Flap moet lager dan op 40 cm hoogte vanaf de bodem aangebracht worden om invloed uit te kunnen oefenen op de zuurstofkondities bij de bodem en om aantrekkelijker voor Caenis te zijn. (zie proef 2).
- Gelijkmatic(er) toevoegen voegen van proefdieren over het wateroppervlak dient nagestreefd te worden.
- Er dient bepaald te worden hoe de verdeling van Caenis over de bodem is, toevallig of niet toevallig. (zie proef 4).

III.1.2. PROEF 2.

Beschrijving: Deze proef is gedaan met 400 Caenislarven en met flap op 15 tot 20 cm afstand vanaf de bodem, midden in het aquarium aangebracht. Het besloeg + 15% van het bodemoppervlak. De dieren werden verspreid over het hele wateroppervlak toegevoegd. Na 5 dagen werden de flap (verdeeld in 6 submonsters), de bodem (verdeeld in 3x4 vakjes) en het water volledig bemonsterd. De verhouding tussen C.horaria en C.robusta is in elk monster vastgesteld. Er zijn regelmatig zuurstofmetingen gedaan.

Resultaten en discussie:

- Zie bijlage 2 voor de getelde Caenis-aantallen en de C.robusta (Cr's) en C.horaria (Ch's) verhouding in elk monster.

| - Totaal zijn er geteld:         | <u>C's</u> | <u>Cr's:Ch's</u> | <u>%Cr:Ch%</u> |
|----------------------------------|------------|------------------|----------------|
| . in niet-flap-bodem (10 vakjes) | 248        | 193 : 55         | 78:22          |
| . in flap-bodem (2 vakjes)       | <u>47</u>  | <u>32 : 15</u>   | 68:32          |
| . in de totale bodem             | 295        | 225 : 70         | 76:24          |
| . in flap                        | 28         | 20 : 8           | 75:25          |
| . in flap en totale bodem samen  | 323 (81%)  | 245 : 78         | 76:24          |
| . in het water                   | 0          |                  |                |

Van de 400 toegevoegde dieren zijn 323, oftewel 81% teruggevonden.

- Het gemiddelde aantal C's per vakje in
 

|                                    |                        |
|------------------------------------|------------------------|
| . niet-flap-bodem                  | 24,8                   |
| . flap-bodem                       | 23,5                   |
| . flap                             | 14                     |
| . flap en bodem (totale flapvakje) | 37,5 (Cr :Ch is 70:30) |
- In het laagst hangende deel van de flap zaten veel C's.
- De zuursofspanning van het water bij de bodem onder flap wijkt niet af van dat naast de flap.
- De gevonden verhouding tussen Cr en Ch in de flap (75:25) en de bodem (76:24) is gelijk. De ene soort gedraagt zich ten opzichte van flap niet anders dan de andere soort. Toch lijken in bodem onder flap in verhouding wat meer Ch's te zitten dan in bodem zonder flap. Het belangrijkste is echter dat Cr-gedrag en Ch-gedrag elkaar niet'uitdoven'.
- De verdeling van C's over de bodem is gezien de resultaten van proef 1 nogal onverwacht. Nu worden juist in de donkerste hoek veel C's gevonden. Gezien deze tegengestelde verdeling t.o.v. hey licht moet lichtintensiteit uitgesloten worden als bepalende faktor voor de verdeling van C's over de bodem. Ook de zuurstofkoncentraties (cq temperaturen) verschillen niet dusdanig dat ze de verdeling zouden kunnen beïnvloeden. Een onbekende flapinvloed moet ook uitgesloten worden, aangezien de flap in het midden lag. Van het in III.1.1. genoemde rijtje mogelijkheden blijven over:
  - C's reageren op elkaar.
  - de beginverdeling was toch niet regelmatig genoeg in combinatie met weinig beweeglijkheid van de dieren.
  - de bodem verschilt over het oppervlak niet voor de mens, maar wel voor C waarneembaar van structuur en/of dikte.
  - de verdeling is toevallig.

Verschillen tussen aquarium 1 (proef 1) en aquarium 2 (proef 2) zijn mogelijk de oorzaak.

- Statistische verwerking: De nulhypothese luidt: in de bodem onder flap en/of in het totale flap-vakje veel of uitzonderlijk weinig C's, Cr's of Ch's aangetroffen vergeleken met de aantallen die in bodem zonder flap, dus in niet-flap-vakjes. Zie voor de berekening II.8.

Indien  $R \leq 3$  of  $R \geq 23$  wordt de nul-hypothese verworpen.

|              | C.robusta + C.horaria | C.robusta | C.horaria |
|--------------|-----------------------|-----------|-----------|
| bodem        | R=14                  | R=13      | R=16      |
| bodem + flap | R=18                  | R=18      | R=18,5    |

In geen van de gevallen wordt de nul-hypothese dus verworpen. dat wil zeggen dat het aantal proefdieren in de flapvakjes als totaal of alleen in de bodem ervan niet afwijkt van het aantal proefdieren in vakjes zonder flap.

#### Konklusies t.a.v. Caenis-gedrag en flapinvloed:

- Er is geen invloed van op 15 tot 20 cm hoogte zwevende flap op de zuurstofspanning en de temperatuur van water bij de bodem eronder.
- In vakjes met flap zitten vergeleken met vakjes zonder flap niet uitzonderlijk veel of weinig Caenislarven in de bodem, noch in de bodem en flap samen.
- Idem voor C.robusta en C.horaria afzonderlijk.
- Globaal reageren C.robusta en C.horaria gelijk op de aanwezigheid van flap. De verhouding tussen de twee soorten is in flap en bodem gelijk.

#### Konklusies t.a.v de methode:

- Flap dient lager dan 15 tot 20 cm hoogte vanaf de bodem aangebracht te worden om invloed uit te oefenen op de kondities bij de bodem en om aantrekkelijker voor Caenis te zijn. (zie proef 5).
- Er dient per soort in steed hetzelfde aquarium gewerkt te worden om alle omstandigheden zo gelijk mogelijk te houden.
- In de volgende proeven hoeven de Cr/Ch verhouding in de monsters niet meer bepaald te worden.
- Om per proef meer doplo's te kunnen doen die zo onafhankelijk mogelijk van elkaar zijn, worden op meerdere verspreid liggende (kleinere) vakjes flap geïnstalleerd en meer proefdieren toegevoegd. (zie proef 5).

### III.1.3.PROEF 3.

Beschrijving: De flap (over  $\pm 15\%$  van het oppervlak) in deze proef is laag bij de bodem (0 - 5 cm) midden in het aquarium aangebracht, omdat Asellus aquaticus een slechte zwemmer is. De dieren (700) zijn verspreid rondom de flap aangebracht. Na 10 dagen is de flap (in 2 gedeelten), de bodem (in 3x4 vakjes) en het water volledig bemonsterd. Er zijn regelmatig zuurstofmeringen gedaan.

Resultaten en discussie: Zie voor de in de monsters getelde Asellus aquaticus (A's)-aantallen bijlage 3.

- Totaal zijn geteld in

|                        |           |                       |           |
|------------------------|-----------|-----------------------|-----------|
| . de bodem zonder flap | 204       | . de flap             | 187       |
| . de bodem onder flap  | <u>49</u> | . het water           | 0         |
| . de totale bodem      | 253       | . het totale aquarium | 440 (63%) |

- Van de toegevoegde 700 A's werd 63% teruggevonden. Dit lagere terugvangstpercentage in vergelijking met de Caenisproeven is waarschijnlijk veroorzaakt door grotere sterfte van A's.
- Het gemiddelde aantal A's per vakje in
 

|                                    |      |
|------------------------------------|------|
| . bodem zonder flap                | 20,4 |
| . bodem met flap                   | 24,5 |
| . flap                             | 93,5 |
| . flap en bodem (totale flapvakje) | 118  |
- Statistische verwerking: Nagegaan wordt of er in de bodem onder flap en/of in de bodem en de flap samen per vakje uitzonderlijk veel of weinig A's zijn gevonden in vergelijking met de vakjes zonder flap (alternatieve hypothese)  
Als  $R \leq 3$  of  $R \geq 23$  wordt deze hypothese aanvaard.

bodem R=14.5

bodem en flap R=23

Wat betreft het aantal proefdieren in de bodem wordt de nul-hypothese niet verworpen, maar voor het totale flapvakje wel; hierin zitten uitzonderlijk veel A's.

#### Konklusies t.a.v. Asellus aquaticus-gedrag en flap-invloed:

- In vakjes met flap zitten vergeleken met vakjes zonder flap niet uitzonderlijk veel of weinig Asellus aquaticus in de bodem.
- In vakjes met flap zitten in totaal vergeleken met vakjes zonder flap uitzonderlijk veel waterpissebedden.
- Flap op 0 tot 5 cm hoogte boven de bodem heeft invloed op de zuurstofspanning van het water tussen flap en bodem. Zie voor verdere bespreking hiervan III.8.

#### III.1.4. PROEF 4.

Beschrijving: Om de verdelijn van Caenis over de bodem, zonder dat deze beïnvloed is door flap, te bepalen is in deze proef geen flap gebruikt. De 500 proefdieren zijn verspreid in het aquarium gedaan. Na 3 dagen zijn de bodem (in 5x5 vakjes) en het water volledig bemonsterd.

Resultaten en dikussie: Zie bijlage 4 voor de getelde Caenislarven per bodemonmonster.

- In de totale bodem zijn 410 van de 494 C's teruggevonden. Dit is 83%. Het gemiddelde aantal per vakje is 16,5.
- Een iets groter aantal wordt gevonden in een vrij lichte hoek. Dit is een andere verdeling ten opzichte van het licht dan in proef 1 en 2.

Van de in III.1.2. (blz. 19) opgenoemde mogelijke oorzaken voor de verdeling van C's over het bodemoppervlak valt alleen het argument dat het verschil in aquarium van invloed is op de verdeling af. Proef 2 en 4 zijn namelijk beide in aquarium 2 gedaan.

- De verdeling van C's over de bodem is gelijkmatiger dan in proef 2. Dit is behalve aan de aantallen ook aan de faktor: gemiddelde/standaardafwijking te zien. Van proef 4 is deze faktor het kleinst.
- Statistische verwerking: De manier van verdelen van de proefdieren over de bodem is belangrijk in verband met de toe te passen statistische verwerking van de proefresultaten.

Met een  $\chi^2$ -toets is na te gaan of de gevonden aantallen per vakje verenigbaar zijn met een Poisson-verdeling. (nul-hypothese). Hierbij is  $\alpha = 0,05$ ; aantal vrijheidsgraden  $\psi = 25 - 1 = 24$ ; gemiddelde aantal C's per vakje is 19,76. Als  $\chi^2 \geq 12,4$  en  $\chi^2 \leq 39,4$  is de nul-hypothese geaccepteerd. Zie voor de berekening II.8., voetnoot 2.

$\chi^2 = 56,2$  De nulhypothese wordt dus verworpen. Waarschijnlijk zijn de tellingen van de proefdieren dus niet Poisson-verdeeld; de proefdieren zijn dus niet random over het bodemoppervlak verdeeld.

#### Konklusies t.a.v. Caenisgedrag:

- Er zijn aanwijzingen om aan te nemen dat de proefdieren geaggregeerd voorkomen.
- De verdeling van Caenis over de bodem wordt niet beïnvloed door het licht.

#### Konklusies t.a.v. de methode:

- De verdeling van C's over de bodem wordt niet bepaald door een faktor die samenhangt met het aquarium. In hetzelfde aquarium zijn verschillende verdelingen gevonden. Toch dient per proefdier het zelfde aquarium te worden gebruikt i.v.m. gelijk houden van de proefomstandigheden.
- De proefresultaten dienen met een verdelingsvrije toets bewerkt te worden.

### III.1.5. PROEF 5.

Beschrijving: Om betere statistische verwerking van de proefresultaten mogelijk te maken werd de flap in 5 gedeelten ( $\pm 18 \times 18$  cm) op 5 denkbeeldige, at random gekozen vakjes ( $\pm 19,5 \times 19,5$ ) aangebracht. Ze besloeg zo iets minder dan 20% van het bodemoppervlak waar ze 0 tot 5 cm boven lag. De flap werd pas geïnstalleerd nadat 800 Caenislarven 3 à 4 dagen de tijd hadden gekregen zich over de bodem te verspreiden. Vier da-

gen na het aanbrengen van de flap werd de flap (5 monsters), de bodem (5x5 vakjes) en het water volledig bemonsterd. Er zijn regelmatig zuurstofmetingen gedaan.

Resultaten en discussie: Zie voor in bodem- en flapmonsters getelde aantallen bijlage 5.

|                                                     |           |
|-----------------------------------------------------|-----------|
| - In totaal zijn van de 770 dieren teruggevonden in |           |
| . bodem zonder flap (20 vakjes)                     | 476       |
| . bodem onder flap (5 vakjes)                       | <u>61</u> |
| . totale bodem                                      | 537       |
| . flap                                              | 113       |
| . het water                                         | <u>0</u>  |
| . het hele aquarium                                 | 650 (84%) |

Van het toegevoegde aantal is 84% teruggevonden.

- Het gemiddelde aantal C's per vakje is in
 

|                     |      |
|---------------------|------|
| . bodem zonder flap | 23,8 |
| . bodem onder flap  | 12,2 |
| . flap              | 22,6 |
| . flap en bodem     | 34,8 |
- De C's-verdeling over het bodemoppervlak lijkt vrij regelmatig. De achterste twee rijen vakjes bevatten slechts 4,5% meer C's dan de voorste twee.
- In bodem onder flap zitten gemiddeld minder C's dan in bodem zonder flap.
- In complete flapvakjes (bodem en flap) zitten gemiddeld meer C's dan in vakjes zonder flap.
- Statistische verwerking: Hierbij is nagegaan of er uitzonderlijk weinig C's in de bodem onder flap en/of uitzonderlijk veel C's in complete flapvakjes gevonden worden in vergelijking met de vakjes zonder flap. De nulhypothese is dat er geen invloed is van flap op C.

Als  $R \leq 35$  of  $R \geq 95$  wordt deze nul-hypothese verworpen. Zie voor de berekening II.8.

bodem onder flap:  $R=26$

complete flapvakje:  $R=93,5$

Dit houdt in dat voor de bodem onder flap de alternatieve hypothese wordt aanvaard (uitzonderlijk weinig C's), maar voor de bodem en flap samen (net) niet. Wel is er enige aanwijzing ( $P \leq 0,10$ ) dat er in de vakjes met flap meer C's zitten dan in de vakjes zonder flap.

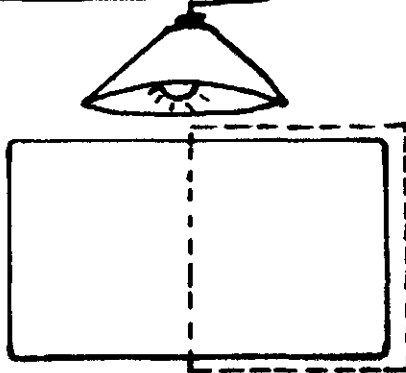
#### Konklusies t.a.v. Caenisgedrag en flapinvloed:

- Flap heeft invloed op de zuurstofspanning van het water bij de bodem eronder. (Zie voor verdere behandeling van de zuurstofgegevens III.8.)

- In de bodem van vakjes met flap zitten uitzonderlijk weinig Caenis-larven vergeleken met bodem in vakjes zonder flap.
- In de totale flapvakjes (flap en bodem samen) zitten niet uitzonderlijk-veel Caenislarven vergeleken met vakjes zonder flap.

### III.1.6. PROEF 6.

Beschrijving: Bij deze kleine proef is de volgende opstelling gebruikt:



- burolamp
- witte plastic bak (40x20x8 cm) die voor de helft met wit karton afgedekt kon worden.

Hierin werden de reacties van Caenislarven ( $\pm 200$ ) op licht getest door voor elke soort  $\pm 1$  uur na de aanbieding van de keuze-situatie de verdeling over de lichte en donkere helft door schatting te bepalen. Ook werd de reactie op aanwezigheid van structuur in de vorm van flap en "nepflap" (uitgerafeld nylongaas) van de beide soorten bekeken. In één helft werd flap of nylongaas gelegd, in de andere helft niets. De aantalsverdeling werd na een uur geschat. Daarna werd de flap, cq nepflap sterk belicht en de andere kant van de bak afgedekt. Waargenomen is of dit verandering in de verdeling teweeg bracht.

#### Resultaten:

- Tussen de reacties van Caenis horaria en C.robusta was geen verschil (waarnemingen door schatting).
- In de schaduwkant zaten  $\pm$  twee keer meer C's dan in de lichtkant.
- Het overgrote deel van de Caenislarven ( $\pm 80\%$ ) ging in of onder de flap, en naar schatting net zoveel in de nepflap zitten.
- Belichten van de (nep)flapkant verjoeg de C's niet vandaar naar de daarna aangeboden lege schaduwkant.

#### Konklusies t.a.v. Caenisgedrag:

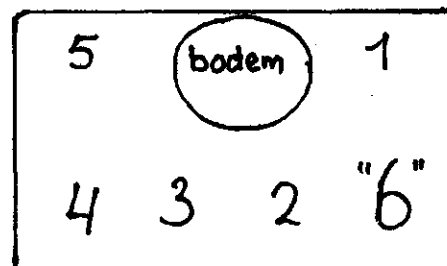
- Zowel C.horaria als C.robusta reageren negatief fototaktisch.
- Caenis prefereert flap en nepflap boven een kale witte plastic bodem.
- Caenis vindt een structuur om op te zitten en vast te grijpen waarschijnlijk aantrekkelijker dan schaduw.

III.1.7. PROEF 7.

Beschrijving: Voor proef 7 werd een witte plastic bak van  $\pm 40 \times 60 \times 15$  cm ingericht met 5 flapsoorten, nepflap en een petrischaal met bodemmateriaal. Over de bodem van de bak lag gaas, zodat de haftelarven zich gemakkelijk konden voort bewegen. Op elke flapsoort, op de nepflap en op de petrischaal met bodemmateriaal werden 20 larven gebracht. De bak werd in een donkere kabine geplaatst waarin het dag/nacht-ritme naar believen kon worden ingesteld; in dit geval met de opzet om de nachtelijke activiteit van de dieren waar te nemen. Na 14 dagen werden in alle aangeboden elementen geteld hoeveel dieren er zaten, om een eventuele voorkeur van Caen-larven vast te stellen. De verschillende flaptypen worden bij de resultaten beschreven. Ze lagen als volgt in de bak:

Resultaten:

- In de donker-perioden werd niet meer activiteit van de dieren waargenomen dan in de lichtperiode.
- Er werden 86 (=61%) van de toegevoegde dieren teruggevonden.
- Aantallen per flaptype, enz.:



|                                                                                 | aantal<br>C's | structuur<br>openheid <sup>2)</sup> | rijkdom aan<br>voedsel <sup>2)</sup> |
|---------------------------------------------------------------------------------|---------------|-------------------------------------|--------------------------------------|
| 1 Proefflap (lijkt op 3, maar is onregelmatiger en niet zo schoon).             | 10            | II                                  | IIII                                 |
| 2 Waternetje (Hydrodyction reticulare), zeer open van structuur.                | 18            | IIIII                               | III                                  |
| 3 Krulflap (sterk gekruld, mooi groen, zeer schone flap).                       | 4             | I                                   | II                                   |
| 4 Zachte dunne juni-flap <sup>1)</sup> (veel detritus, iets van flap 5 erdoor). | 12            | III                                 | IIIII                                |
| 5 "Japansvrouwenhaar" (recht, dik, iets bruin met veel detritus).               | 14            |                                     |                                      |
| "6" Nepflap (draden uitgerafeld nylon-gaas)                                     | 10            | IIII                                | I                                    |
| Bodem                                                                           | 18            | (-)                                 | (IIIIII)                             |

- 
- 1) Deze flap was aan het einde van de proef grotendeels vervangen door flap 5. Ze zijn als duplo's beschouwd.
  - 2) Meer streepjes al naar gelang de flap naar schatting meer open van structuur en rijker aan voedsel is.

- Onder voorbehoud van de (te) kleinschalige proefopzet en mogelijk onjuiste schattingen kan voorzichtig gekonkludeerd worden dat mogelijk rijkdom aan voedsel en struktureigenschappen van flap in de keuze van Caenis voor zijn verblijfplaats meespelen. Veel voedsel en een open structuur (totaal veel streepjes) lijken de voorkeur te hebben.
- Dat dit niet de enige factoren zijn die de keuze van Caenis bepalen spreekt uit het feit dat niet alle of heel veel C's in slechts één of enkele flaptypen zitten die open structuur en voedselrijkdom optimaal combineren.

### III.2. Resultaten zuurstofmetingen.

De resultaten van de zuurstofmetingen die na het uitzetten van de proefdieren gedurende de proeven 1,2,3 en 5 regelmatig gedaan zijn staan in bijlage 6.

Er zijn ook enkele zuurstofmetingen gedaan om het effect van aeren na te gaan. Tijdens de pogingen met de dikke bodems (meer dan 10 cm) werd na 3 dagen aereren slechts 50%, na 4 dagen aereren 70% zuurstof verzadiging gemeten. Bij een dunne bodem nam de zuurstofverzadiging van het water veel sneller toe:

|                 |     |                                                                                                                                                                                                                              |
|-----------------|-----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 uur na vullen | 59% | Na 4 tot 6 dagen (nog geen flap aangebracht) was het water vaak oververzadigd. Niet alleen door aeratie, maar ook door zuurstofproductie over het hele bodemoppervlak. Er zaten dan kleine gasbelletjes op de bodem (algen). |
| 5 uur na vullen | 77% |                                                                                                                                                                                                                              |
| 7,5 " " "       | 90% |                                                                                                                                                                                                                              |

Door de regelmatige zuurstofmetingen tijdens de proeven boven, in, onder en naast flap en bij de bodem is een goed beeld ontstaan van de invloed van de drijvende, zwevende en op de bodem liggende flap op de zuurstofspanning van het water. Hieronder volgt van elke situatie een beschrijving.

Drijvende flap (proef 1) beïnvloedt de omringende zuurstofspanning niet. 'sMorgen om 9 uur is in de flap een iets hogere zuurstofspanning te meten dan overal elders in het aquarium. Gedurende de dag wordt dit verschil steeds groter, vooral aan het einde van de dag als de aquaria in de zon komen te staan.

Zwevende flap (proef 2) beïnvloedt alleen de zuurstofspanning van de kolom water er boven. 'sMorgens is het water overal even zuurstofrijk. Al gauw loopt het in de flap op en daarmee in de waterkolom boven de flap.

In de rest van het aquarium is de zuurstofspanning overal het zelfde en loopt iets op gedurende de dag.

Onder flap die op de bodem ligt (proeven 3 en 5) wordt 'smorgens, als in de flap nog niet veel zuurstofproduktie plaatsvindt, een gemiddeld 22% lagere zuurstofspanning gemeten dan bij de bodem die niet onder flap ligt. Het grootste gemeten verschil was 84% onder de flap ten opzichte van 122% naast de flap. In de loop van de dag produceert de flap steeds meer zuurstof waardoor in de kolom erboven vrij snel, maar ook bij de bodem onder flap op den duur de zuurstofspanning van het water iets hoger kan worden dan elders in het aquarium.

### III.3. Observaties.

Omdat de proefdieren zeer weinig zichtbare activiteiten ontplooiden (in 10 minuten werden bijvoorbeeld 2 van de 300 Caenislarven waargenomen) konden door middel van observeren en protocolleren slechts enkele gegevens over het gedrag van de proefdieren verkregen worden.

#### Asellus aquaticus.

Direkt nadat Ain het aquarium is gedaan gedragen ze zich als volgt: eerst wandelen of stilzitten op de bodem. Na  $\pm 1$  tot  $1\frac{1}{2}$  uur hebben de meeste van de 700 dieren zich ingegraven, het achterlijf omhoog bij de opening van het gaatje, wapperend met de kieuwen. De precopula's zijn het langst te zien. Er zijn ook enkele A's in de flap omhoog gekropen. Ze kunnen zo vanaf de bodem de flap inlopen. Ze lopen meer over de flap, zelden er in zo te zien. Kleine A's worden in het aquarium later niet meer waargenomen, terwijl ze goed te zien moeten zijn. De grotere exemplaren (soms precopula's) worden lopend over de bodem gezien. Langs de ramen wordt veel gelopen aan de sporen te zien. Bij het lopen over de bodem wapperen ze met hun antennae. Ze eten? zo nu en dan, gaan half of helemaal de bodem in (dit zijn meestal bestaande gaatjes), komen langs de zelfde weg er weer uit of 1 à 2 cm verderop (nieuw gaatje). A gaat niet in een in gebruik zijnd gaatje, maar schiet ineens snel vooruit als ze boven een bezet gaatje komt. De meeste A's lijken ingegraven; in de flap zijn maar enkele exemplaren te zien.

#### Caenis.

De meeste C's laten zich in bijna verticale stand naar beneden zakken. Een enkele zwemt soms wat opzij naar beneden, soms even omhoog. Eenmaal op de bodem, graven de meeste C's zich binnen 5 tot 10 cm van de plek waar ze neer zijn gekomen. Een enkele loopt iets verder, nog minder (2x gezien)

gaan een klein eindje zwemmen langs het bodemoppervlak. De kleinste exemplaren lijken meer moeite met graven te hebben dan de grotere. Waarschijnlijk moet er wel een bepaalde afstand tussen de ingegraven C's zijn, zij het klein (1 à 2 cm). Als een C in een reeds bezet plekje graaft, of boven een bezet gaatje aankomt, stopt hij zijn werkzaamheden, zwaait het achterlijf omhoog waarbij de drie staartdraden uitgespreid worden, staat even heel star en loopt dan weer door. Als C's in een glad plastic bakje of bekerglas zitten, grijpen ze zich vast aan eventueel aanwezige rommel of flap of bij gebrek aan iets dergelijks aan elkaar. De vastgegrepenen begint meestal verwoed te kronkelen, waarna wordt losgelaten. Pas als alle C's ergens lekker op zitten wordt het rustiger.

Asellus aquaticus en Caenis "vergelijkend".

C's lijken onhandiger over de bodem te lopen dan A's en doen dit minder vaak. Voor zowel A als C lijkt flap "te klein". C's klemmen zich het meest aan de dikste flapdraden vast. A hangt meer in flap dan dat ze er door kruipt, tenzij deze zo dicht is dat het een gesloten "tapijt" vormt waarover A makkelijk lijkt te lopen. C lijkt eerder in de flap te haken dan A.

#### IV DISKUSSIE.

##### IV.1. Methode.

Van uit de ervaringen die tijdens het onderzoek zijn op gedaan wordt de volgende standaard-methode voor het inrichten van de aquaria, de monsternamen en de verwerking van de monsters en de gegevens voorgesteld:

- Aquarium schoon en zo droog mogelijk maken. Bij voorkeur een dag in de zon laten drogen om achter gebleven waterorganismen te doden.
- Zoveel bodemmateriaal (ontdaan van stenen, stokken en andere grote elementen) in het aquarium doen, zodat na goed opwervelen met het toegevoegde leidingwater en vervolgens bezinken een  $\pm 1$  cm dikke homogene bodemlaag ontstaat. Deze welt op tot  $\pm 2$  cm. Een te dikke bodem geeft extra uitzoekwerk, een te dunne bodem biedt misschien niet voldoende ruimte aan de proefdieren. Bij grotere dieren een dikkere bodem gebruiken dan bij kleinere.
- Het water aeren en filteren tot dat het water voldoende zuurstofrijk en helder is.
- Na minimaal 1 dag zoveel mogelijk getelde proefdieren (minimaal 500) toevoegen, afhankelijk van de vraagstelling op één punt of zo gelijkmatig mogelijk over het oppervlak (bijvoorbeeld door de dieren te verdelen over minimaal 10 porties en deze over steeds andere kleine gebiedjes leeggieten).
- Na weer 2 à 3 nachten flap aanbrengen, bijvoorbeeld op 5<sup>1)</sup> at-random gekozen vakjes van 25<sup>2)</sup> denkbeeldige bodemvakjes. Mogelijk kan dit wel direct of na één nacht.
- Drie à vier dagen daarna kan de proef beëindigd worden: flap (laten drijven, dan opscheppen met een emmer), bodem (in 5x5 vakjes verdelen<sup>2)3)</sup> en per vakje weghevelen) en water (weghevelen via zeef) volledig bemonsteren.

1) De R-toets die voor de statistische bewerking van de resultaten kan worden gebruikt, heeft een iets groter onderscheidingsvermogen als de verhouding wel/niet-flapvakjes 10/15 of 16/20<sup>2)</sup> is in plaats van 5/20.

2) Om meer waarnemingen te krijgen kan geprobeerd worden de bodem in 6x6 vakjes te verdelen.<sup>3)</sup>

3) Een (kunststof) raamwerk dat in zijn geheel in de bodem gezet wordt zou bij de bemonstering kunnen worden gebruikt. De vakjes zijn dan allemaal even groot.

- De monsters koel en zo mogelijk geaereerd bewaren en zo snel mogelijk de hoeveelheid proefdieren per monster bepalen.
- De resultaten statistisch bewerken met de Wilcoxon-Mann-Whitney-rangensom-toets.

Uiteraard kan deze standaard-methode al naar gelang de vraagstelling aangepast worden.

Aangezien de temperaturen die in de aquaria gemeten zijn in de zelfde orde van grootte liggen als in de sloot gemeten waarden (Kersting en Admiraal-RIN) mag gekonkludeerd worden dat de aquaria groot genoeg zijn om de temperatuursomstandigheden die in de sloot heersen voldoende te benaderen. De temperatuurschommelingen in de sloot zijn zelfs iets groter. Metingen voor 8<sup>30</sup>uur en na 17 uur zullen in de aquaria mogelijk ook meer extreme waarden laten zien.

De duur van de proeven met *Caenis* beïnvloedt niet het percentage teruggevonden C's. De niet gevonden dieren zijn niet (regelmatig in de tijd) doodgegaan gedurende de proeven, want dan zouden er na verloop van tijd steeds minder teruggevonden worden. Dit was niet het geval. De terugvangstpercentages in de proeven 2, 4 en 5 waren respectievelijk 81%, 83% en 84%, terwijl de proeven respectievelijk 5, 3 en 8 dagen duurden. Kennelijk bepaald een konstante "vindkans" en/of het doodgaan van een konstant percentage op één kort moment in de procedure het terugvangstpercentage.

Vooraf het hoge terugvangstpercentage van de *Caenis*larven in proef 5 waarvan een groot deel ook in de voorgaande proeven is gebruikt, is in tegenspraak met de bevindingen van Beenen (1982), die stelt dat haftelarven snel beschadigen tijdens het uitzoeken en vindt dat ook bij koel opslaan haftelarven verdwijnen.

Het kan zijn dat de verspreiding zoals die in de proeven gevonden is (mede) veroorzaakt is door ongelijkmatige toediening van de dieren over het wateroppervlak. De invloed hiervan is mede afhankelijk van de beweeglijkheid van de dieren. Met behulp van een proef kan een indruk van de beweeglijkheid van de proefdieren worden verkregen (zie IV.4.).

Dikte en structuur van de bodem kunnen een differentiërende faktor in de ruimte zijn waar proefdieren op reageren. Er is uiteraard geprobeerd de bodem overal zo gelijk mogelijk te maken. Het is aannemelijk dat twee à drie liter vochtig bodemmateriaal gesuspendeerd in + 500 liter water gelijkmatig over het bodemoppervlak zal bezinken. Dit is niet door metingen gecontroleerd. Grotere regelmaat van de bodem is te bevorderen door zware voorwerpen er uit te halen, zodat al het materiaal, al is het maar van korte duur, bij opwerveling gaat zweven. De opgewekte stroming heeft dan minder invloed op de

plaats van terechtkomen van de zwaarste bodemdeeltjes. De invloed van de bodemdikte en -structuur is via een proef te achterhalen (zie IV.4.).

#### IV.2. Flapinvloed.

Als flap genoeg licht krijgt zijn zeker overdag geen lage zuurstofkondities in flap te verwachten. Gedurende alle proeven was het water in de flap oververzadigd. Het is echter mogelijk dat 's nachts door ademhaling van flap en makrofauna en zuurstofgebruik bij afbraak van detritus door mikroorganismen het water in de flap onverzadigd wordt. Er zijn 's nachts geen zuurstofmetingen gedaan. Waarschijnlijk fluktueert de zuurstofconcentratie in goed belichte, detritusrijke flap sterker dan in slecht belichte flap en in het open water. In slecht belichte, detritusrijke flap is de kans echter het grootst dat te lage zuurstofkondities bereikt worden. De in de proeven op de bodem liggende flap ving nog te veel licht om echt lage zuurstofconcentraties te krijgen. Bovendien was de proefflap relatief schoon. Ze bevatte weinig detritus.

Voor de 'smorgens in de proeven gemeten lagere zuurstofspanning onder flap die op de bodem ligt, vergeleken met de zuurstofspanning van het water bij de bodem naast flap kunnen twee verklaringen aangedragen worden:

- Processen in detritus in flap en flap zelf hebben 'snachts veel zuurstof onttrokken en/of
- Dealgen in/op de bodem onder flap ontvangen 'smorgens eerst minder licht dan algen ernaast, waardoor de zuurstofproduktie er eerst wat achterblijft.

Het is waarschijnlijk dat beide verklaringen gelden, waarbij de tweede meer invloed heeft dan de eerste. Bij drijvende en zwevende flap (in de proeven 1 en 2) zijn namelijk vlak onder flap (plaats B) nooit verlaagde zuurstofconcentraties gemeten. Een stijgende invloed op de zuurstofconcentratie onder flap vanuit op de bodem liggende flap vindt pas plaats als er een groot verschil is in mate van zuurstofverzadiging. Zuurstofdifussie in water gaat langzaam. Het is echter mogelijk dat er 'snachts ten gevolge van convectiestroming menging optreedt en daardoor grotere invloed vanuit de flap mogelijk is. De aanwezigheid en invloed van algen in/op de bodem is zeer waarschijnlijk. Behalve dat in aquaria waarin nog geen flap zat sterke oververzadigingen met zuurstof zijn gemeten, is de stijging van de zuurstofconcentratie gedurende de dag ver naast flap (plaatsen D en E) waarschijnlijk grotendeels te danken aan deze bodemalgen. Zoals al gezegd, de zuurstofdifussie vanuit flap naar opzij of beneden gaat niet snel. Boven flap wordt de zuurstofspanning van het water wel snel en duidelijk beïnvloed dankzij opstij-

ende zuurstofbelletjes.

Al met al is het volgende beeld ontstaan over de door de zuurstofkonditie bepaalde aantrekkelijkheid van flap in sloten: Deze hangt sterk af van de lichtintensiteit die de flap ontvangt en daarmee dus van op welke diepte de flap zich in de sloot bevindt en de dikte en dichtheid van de bovenstaande flaplaag of andere vegetatie. Veel dichte flap: hieruit volgt dat er weinig licht is voor de flap eronder en zeker voor de op de bodem groeiende algen. Bovenin zijn dan de zuurstofkondities in de flap aantrekkelijk voor makrofana, onderin onaantrekkelijk. (Veel) detritus in de flap vergroot (verhoogd) het onaantrekkelijke flap-gebied doordat het dichte flap nog slechter doordringbaar maakt voor licht en bovendien zuurstof consumeert.

De zuurstofmetingen die door Kersting en Admiraal (1982 en 1983, RIN) in sloten zijn gedaan laten extremere waarden zien dan de zuurstofmetingen in de aquaria. Onverzadigde toestanden (tot 10 à 20% en soms nog lager) werden 'smorgens vroeg regelmatig aangetroffen. De metingen werden op vaste punten in de sloot uitgevoerd. Het is dus mogelijk dat er soms in/onder flap gemeten is.

Om lagere zuurstofkondities in het aquarium te bewerkstelligen moeten de aquaria slechter belicht worden door de zijkanten af te schermen en het bovenoppervlak te beschaduen. Een andere mogelijkheid is een dikke flaplaag<sup>1)</sup> te gebruiken die zelf zorgt voor een slechte belichting van het onderste deel van de flaplaag en van de bodem. Het gevolg zal zijn dat bij de bodem en zeker bij de bodem onder flap en eventueel onderin (de dikke flaplaag) de zuurstofkondities onaantrekkelijker worden voor makrofauna die hiervoor gevoelig is en bovenin de flap relatief aantrekkelijker worden.

-----  
1) Een dikke flaplaag maakt het wel moeilijker om binnen één aquarium in veel vakjes beide uitersten te creëren, dat wil zeggen: Zuurstofarmoede bij de bodem ten gevolge van beschaduwning en zuurstofgebruik door flap, tegenover voldoende licht en zuurstof. Het is dan waarschijnlijk nodig met grotere vakken en in beide aquaria tegelijkertijd te werken.

#### IV.3. Makrofaunagedrag.

Of de proefsituatie voor *Asellus aquaticus* en *Caenis* "natuurlijk" genoeg was om normaal gedrag te kunnen vertonen, is niet met zekerheid te zeggen. Het is bekend dat Ephemeroptera-larven hoofdzakelijk 'snachts actief zijn en zich overdag schuilhouden (Clegg, 1974). Beide *Caenis*soorten

maar ook *Asellus aquaticus* lieten zich overdag inderdaad amper zien. De bodem bood over het hele oppervlak schuilmogelijkheid, waar door beide soorten overdag intensief gebruik van werd gemaakt. 'sNachts zijn geen waarnemingen gedaan. Er zijn op de tweede dag etende pissebedden waargenomen. Een snelle adaptatie vergeleken met Laudin (1973) die waarnam dat *Asellus* pas drie à vier dagen na (bijvoorbeeld temperatuurs)veranderingen begint te eten.

Gezien de verdeling van *Caenis* over de bodem in proef 1 werd aanvankelijk gedacht dat de dieren beïnvloed werden door het licht. *Caenis* zou positief fototactisch zijn. In proef 2 werden echter meer C's in de donkerste hoek ( zie II.2., lichtmetingen) aangetroffen. In proef 4 werden gemiddeld wat meer C's in weer een andere hoek (redelijk licht) gevonden en in proef 5 werden langs de hele (donkere) achterwand gemiddeld iets meer C's geteld. Een niet konstante verdeling dus ten opzichte van de licht-situatie waarvan mag worden aangenomen dat die gedurende de vier genoemde proeven wel dezelfde was, althans wat de lichtintensiteitverhoudingen betreft. Oorzaak voor de in de *Caenis*proeven steeds wisselende verdeling van C's over de bodem moet dus ergens anders gezocht worden dan in de licht-situatie. Dit lijkt in tegenspraak met de resultaten van proef 6 (C negatief fototactisch, tenzij ze op structuur, (nep)flap zit). Dit proefje is echter zonder bodemmateriaal gedaan. In de aquaria wordt op elke plaats beschutting tegen licht aangeboden in de vorm van bodem. En aangezien structuur voor C ook een aantrekkelijke(r?) faktor is (volop aanwezig in de bodem), is in de aquariaproeven het mogelijke lichteffect kennelijk te niet gedaan of sterk beïnvloed door andere factoren. Deze factoren werden in III.2. en III.4. al op een rijtje gezet en in IV.1. bediscussieerd. In IV.4. worden suggesties gedaan hoe een aantal van deze factoren nader onderzocht kunnen worden.

#### *Asellus aquaticus*

In bodem onder flap zaten gemiddeld iets meer A's dan in de bodem ernaast, maar dit verschil bleek niet significant. De ('snachts? en) 'smorgens lagere zuurstofconcentratie bij de bodem stoort hen kennelijk niet, of ze zijn er pas later ingekropen. Op het moment van de monsternamen was de zuurstofconcentratie er nl. weer normaal. Dit heen en weer kruipen is echter niet waarschijnlijk, of gebeurt voor 8<sup>15</sup>uur, anders was het waargenomen. Bovendien wordt de laagst waargenomen zuurstofconcentratie (84%) geacht geen ademhalingsproblemen voor makrofauna met zich mee te brengen.

Samen met het aantal dat in de flap geteld is, zat in het totale flapvakje significant meer A's dan in vakjes met alleen maar bodem.

Asellus aquaticus vindt flap kennelijk aantrekkelijker dan bodem. Daarbij komt nog dat ze aan het begin van de proef alleen over de niet-flapvakjes zijn verspreid en dus actief naar de flap toe zijn gegaan. Hiervoor hebben ze wel veel tijd gekregen: 10 dagen.

#### Caenis.

C zat in bodem onder flap gemiddeld minder dan in de overige bodemvakjes. Dit verschil is in proef 2, waar de flap 15 tot 20 cm boven de bodem zweeft niet significant, maar wel als de flap op de bodem ligt (proef 5). Een konklusie zou kunnen zijndat dit gedrag van C samen zou kunnen hangen met de 'smorgens iets lagere zuurstofspanning van het water onder flap dat op de bodem ligt. Waarschijnlijker is echter dat C's die toevallig in een flapvakje aankomen van de aangeboden gelegenheid om in de flap te kruipen gebruik maken, waardoor er minder in de bodem er onder overblijven. Een vergelijking tussen proef 2 (zwevende flap) en proef 5 (op bodem liggende flap) lijkt deze gedachte te bevestigen. In proef 2 worden in de bodem van een flapvakje gemiddeld meer (23,5) en in de flap zelf gemiddeld minder (14) C's aangetroffen vergeleken met de situatie in proef 5, waar gemiddeld minder (12,2) in de bodem, maar meer (22,6) C's in de flap worden gevonden. Het gemiddelde aantal C's in een compleet flapvakje (respectievelijk 37,5 en 34,8) verhoudt zich in beide proeven ongeveer gelijk tot het gemiddelde aantal C's in niet-flapvakjes (respectievelijk 24,8 en 23,8). De lage flap lokt dus gemakkelijker c's uit de bodem eronder omhoog dan de hogere flap, maar in beide situaties is de totale aantrekkingskracht van een flapvakje niet duidelijk hoger dan een vakje zonder flap. Er zitten bij beide proeven namelijk niet significant ( $P \leq 0,05$ ) meer Caenislarven in een flapvakje dan in een niet-flapvakje. Er is wel enige aanwijzing ( $P \leq 0,1$ ) dat in vakjes met op de bodem liggende flap veel C's zitten.

Waardoor de proefdieren flap wel of niet aantrekkelijk vinden kan uit de proefresultaten niet worden afgeleid.

- Zuurstof: Ondanks de (tijdelijke) zuurstofconcentratieverschillen in het aquarium mag worden aangenomen dat gezien de hoge zuurstofconcentraties de proefdieren nergens een zuurstoftekort ondervonden.
- Voedsel: In de bodem zat waarschijnlijk meer voedsel dan in de flap.
- Structuur: Flap biedt meer structuur aan de proefdieren dan water. Flapvakjes bieden derhalve meer gebruiksruimte aande slecht zwemmende proefdieren dan vakjes zonder flap. Zonder dat de zuurstofkondities of het aanwezige voedsel in de flap hoeven mee te spelen, zijn dus meer dieren in de flapvakjes te verwachten. Dat Caenis aan deze verwachting minder beantwoordt dan Asellus aquaticus wordt mogelijk veroorzaakt doordat Caenis de

de bodem aantrekkelijker vindt of de dieren erg onbeweeglijk zijn en de flapvakjes niet zo snel vinden.

De slotkonklusie is: *Asellus aquaticus* wordt meer door flap aangetrokken dan de beide *Caenis*soorten, die geen affiniteit tot flap laten zien. Dit klopt met de bevindingen van de Vries (1982) die de makrofauna in twee typen slootvegetaties, namelijk flap en *Nymphaea alba* (waterlelie) heeft vergeleken. De door hem onderzochte flapsloot was dezelfde als waaruit de door mij gebruikte flap, proefdieren en bodemmateriaal afkomstig waren. Voordat de twee vegetaties in de sloten tot ontwikkeling waren gekomen vond hij *Asellus aquaticus*, *Caenis horaria* en *Caenis robusta* in beide sloottypen. In de zomer toen de vegetaties zich hadden ontwikkeld werd *Asellus aquaticus* in monsters uit sloten met flap duidelijk meer aangetroffen dan in monsters uit sloten zonder flap, maar met *Nymphaea alba*. *Caenis* vertoonde niet een dergelijk beeld. In flap- en *Nymphaea alba*-sloten werden ze in ongeveer dezelfde aantallen in de monsters gevonden. Het onderzoek van de Vries (1982) sloot niet uit dat een ander slootverschil dan de vegetatie de oorzaak zou kunnen zijn.

#### IV.4. Onderzoeksuggesties.

In deze paragraaf worden niet bewerkte en later opgekomen vraagstellingen besproken.

Heeft de duur van de proef en/of het oogstmoment invloed op de verdeling van de proefdieren over bodem en flap? Met andere woorden is het de evenwichtstoestand die op een bepaald moment wordt gevonden, of wordt deze beïnvloed door bijvoorbeeld - een dag/nacht-ritme in gedrag (twee proeven: overdag en 'snachts oogsten), - het moment van de dag (twee proeven: 'smorgens en 'smiddags oogsten), - een stijgend aantal dieren dat de flap heeft gevonden en daar blijft. (proef: stukken flap na bijvoorbeeld 1, 2, 3, 6 en 9 dagen oogsten).

Hoe beweeglijk zijn de proefdieren? Deze vraag is belangrijk in verband met de minimale duur van de proef en de invloed van de verdeling van de dieren aan het begin van de proef op die aan het einde. Een proef moet zo lang duren dat het aannemelijk is dat alle dieren een keuze hebben gemaakt uit de aangeboden alternatieven. (proef: alle proefdieren op één punt uitzetten en kijken hoe snel ze aan de andere kant van het aquarium zijn).

Wat is de invloed van de dikte en structuur van de bodem op de verdeling van makrofauna over de aquariumbodem? Mogelijk spelen deze bodemeigenschappen een rol bij de verdeling van de proefdieren over de bodem. (proef:

tegelijkertijd aanbieden van bodem van verschillende dikte en/of structuur).

Heeft de structuur van flap invloed op de aantrekkelijkheid ervan voor makrofauna? Eén aspect, namelijk de soortspecifieke structuurverschillen is in I.2. al besproken. Proef 7 was te beschouwen als oriënterend proefje voor deze vraagstelling. Structuur van flap kan ook binnen een flapsoort verschillen doordat ze erg dicht of meer open is uitgegroeid. (proef: beide alternatieven tegelijkertijd aanbieden. Dit kan eventueel gekombineerd worden met het aanbieden van verschillende hoeveelheden flap van een bepaalde dichtheid). Uit proef 7 komen aanwijzingen dat meer open structuur de voorkeur heeft boven een dichte. Uit flapslootmonsters is dezelfde indruk verkregen (de Vries, 1982 en II.5.)

Is de hoeveelheid flap een beperkende faktor voor makrofaunasoorten die zich in flap ophouden? Met andere woorden, treedt er verzadiging van een bepaalde flaphoeveelheid door makrofauna? (proef: in een bepaalde hoeveelheid flap steed meer dieren aanbrengen en kijken of, en bij welke hoeveelheden dieren per flapvolume ze zich uit de flap laten zakken) Men bedenke dat deze hoeveelheid in vivo waarschijnlijk afhankelijk is van het alternatief (bodem, andere waterplanten, niets) dat geboden wordt. (proef: een aantal zeer kleine hoeveelheden flap met een zelfde structuur oplopend wat volume betreft aan een zeer groot aantal proefdieren aanbieden) Om meer dieren in de flap te krijgen zou zonder bodemmateriaal gewerkt kunnen worden, maar de dieren gedragen zich zonder bodem vaak niet normaal, zoals bijvoorbeeld *Asellus aquaticus* die gestressed raakt op een kale glasbodem (van Dort, pers. meded.). Gezien de 42 Caenislarven die in een zeer klein stukje flap (proef 1) gevonden zijn is flap wat deze soort betreft niet gauw verzadigd. Ook *Asellus aquaticus* kan in zeer grote dichtheden voorkomen. Murphy en Learner (1982) vonden in een rivier  $\pm 60.000$  waterpissebedden per vierkante meter.

Worden verschillende makrofaunesoorten in hun verdeling over flap en bodem door elkaar beïnvloed? Invloed op een bepaalde soort is denkbaar van een konkurrent die ook een detritivore flapbewoner is, van een konsument van de soort oftewel een predator, of van een soortgenoot of van een andere soort via sociale beïnvloeding (Allee, 1931).

Nadat het gedrag ten aanzien van flap van elke soort alleen goed gekwantificeerd is, kan met een combinatie van de twee soorten die elkaar (waarschijnlijk gedeeltelijk) wat betreft voedsel en/of ruimte bekonkurreren gewerkt worden in dezelfde aantallen als waarin ze alleen onderzocht zijn. Een zelfde opstelling als bij de vorige vraagstelling gesuggereerd, zou

gebruikt kunnen worden. Als soort 1 konkurrentiekrachtiger is dan soort 2, zal diens aantalverdeling over de kleine stukjes flap meer gelijk zijn aan die die tijdens de proef bepaald is waar soort 1 de enige was, dan dat dit voor soort 2 het geval zal zijn. Soort 2 is dan voor een deel uit de flap verdrongen door soort 1. Trekken ze zich niets van elkaar aan, dan vind je voor beide soorten de al eerder bepaalde aantallen (coexisteren). Zijn ze even konkurrentiekrachtig, dan vind je ze samen in de flapstukjes in een verhouding zoals te verwachten is uit de proeven met elke soort afzonderlijk (schijnbare coexistentie). Dit in analogie met de konkurrentietheorie van De Wit (1960) bij planten.

Een predator kan door wegvangen of wegjagen van de dieren, 'tmeest daar waar ze de slechtste (passieve?) dekking hebben, de verdeling van de makro-fauna over bodem en flap beïnvloeden. Door proeven van gelijke duur met en zonder predator uit te voeren kan dit getoetst worden. Dat vegetatie door het bieden van schuilmogelijkheden de predatiekans sterk vermindert is al regelmatig bevestigd (de Silva, 1976. Beenen, 1982). De Silva (1976) stelde vast dat *Dendrocoelum lacteum* minder *Asellus aquaticus* ving als deze kon schuilen tussen kiezels, en nog minder als *Asellus* via *Elodea*-planten de bodem kon verlaten.

Wat is een goede statistische bewerking voor proeven als deze? Niet alle proeven zullen met de in dit onderzoek toegepaste statistische methode bewerkt kunnen worden. Het is noodzakelijk om na enkele oriënterende proeven waardoor de praktische mogelijkheden duidelijk zijn geworden, een statistikus te raadplegen. (Bij het RIN: drs C.J.F. ter Braak, of hulp vragen op een afdeling Wiskundige Statistiek van een universiteit.) Het boek van Zijp (1974) is (daarbij) een zeer overzichtelijk en praktisch boek.

In hoeverre zijn resultaten van deze vorm van experimenteel onderzoek te extrapoleren naar de sloot toe? Ringelberg (1976) acht de realiteitswaarde van oecologisch onderzoek in het laboratorium klein. Een bezwaar voor overbrenging van de problematiek naar het laboratorium vindt hij tevens dat gedrag dat niet in de natuur zou voorkomen kan optreden. In dit onderzoek is gepoogd zo natuurlijk mogelijke omstandigheden voor de proefdieren te creëren door een groot aquarium met een natuurlijke bodem te gebruiken. Bepaald natuurlijker dan "reageerbuisomstandigheden". Blijft dat de resultaten van dergelijk onderzoek onder nog natuurlijker omstandigheden getoetst dienen te worden. Bijvoorbeeld door een proef die een duidelijk resultaat had op de een of andere manier onder gekontroleerde omstandigheden (voorbeeld: Khalaf en Tacket, 1980) in de sloot te herhalen.

## V KONKLUSIES.

- De in dit verslag beschreven methode (blz 29) is als uitgangspunt voor verdere proeven te gebruiken.
- Caenislarven verdelen zich niet dusdanig over een modderbodem zonder flap (bijvoorbeeld Poisson-verdeeld) dat een klasieke statistische toets mag worden toegepast. Daarom is een verdelingsvrije-toets toegepast. Het is tevens een aanwijzing om aan te nemen dat de Caenislarven geaggregeerd voorkomen.
- *Caenis horaria*, *Caenis robusta* en *Asellus aquaticus* vertonen weinig zichtbare activiteit overdag. Ze graven zich in de bodem in.
- In bodem waar boven op 15 tot 20 cm hoogte flap zweeft zitten niet uitzonderlijk weinig (of veel) Caenislarven vergeleken met "kale" bodem. Ook als de aantallen in bodem en bijbehorende flap worden opgeteld niet. Dit geldt tevens voor *C.horaria* en *C.robusta* afzonderlijk.
- In bodem waarop op 0 tot 5 cm hoogte flap ligt worden significant minder Caenislarven aangetroffen dan in "kale" bodem. In de bodem en flap samen zitten gemiddeld meer, maar niet uitzonderlijk veel Caenislarven vergeleken met bodem waarop geen flap ligt.
- Oorzaak voor het kleine aantal Caenislarven in de bodem onder de lage flap is waarschijnlijk het feit dat de larven gemakkelijker naar deze flap kunnen gaan dan naar flap die 15 tot 20 cm hoger zweeft.
- In bodem waarop flap ligt (0 tot 5 cm) zitten vergeleken met bodem zonder flap niet uitzonderlijk veel of weinig *Asellus aquaticus*-dieren, maar wel in de bodem en flap samen. Hierin zitten namelijk significant meer waterpissebedden dan in "kale" bodem.
- Flap heeft pas invloed op de zuurstofspanning van het water bij de bodem als ze er vlak boven of er op (5 tot 0 cm) ligt. 'sMorgens vroeg zijn er iets lagere zuurstofspanningen gemeten vergeleken met water bij "kale" bodem, 'smiddags iets hogere.
- Om voor makrofauna onaantrekkelijke zuurstofkondities onder(in) de flap te bewerkstelligen dient minder licht tot de bodem toe te worden gelaten.

Suggesties.

(dit wil zeggen uit niet statistisch getoetste kleine proeven en observaties afkomstige ideeën over waarom flap aantrekkelijk is en over Caenisgedrag)

- Caenislarven zijn negatief fototactisch.
- Caenis vindt structuur om op te zitten en vast te grijpen waarschijnlijk aantrekkelijker dan schaduw.
- Veel voedsel en een open structuur van flap lijken de voorkeur van Caenislarven te hebben boven dichte schone flap.
- In dun-dradige, wat slijmerige en daardoor dichte flap werden veel minder dieren aangetroffen dan in grove flap (slootmonsters).

## VI LITERATUUR.

- Adcock, J.A. (1982) Energetics of a populayion of *Asellus aquaticus* (Crustaceae, Isopoda): respiration and energy budgets. *Freshwater Biology* vol 12 (pag 257-269).
- Beenen, Ron (1982) Onderzoek naar de kwalitatieve en kwantitatieve veranderingen in een macrofaunamonster tussen de monstername en de verwerking. Doctoraalverslag RUU afd. LEN nr 31, Prov Waterst. Utrecht afd. Ecologie nr 32.
- Clegg, John (1974) *Freshwater life*. Frederic Warne and Co LTD London/New York (283 pag.).
- Gijsels, Rik (1966) *Ephemeroptera van België en Nederland. Haftenlarven-tabel*. Uitgave Belgische jeugdbond voor natuurstudies.
- Hillenius, D. (1971) *Dieren encyclopedie* Spectrum. Utrecht/Antwerpen.
- Khalaf, G. and H.Tacket (1980) Colonization of artificial substrate by macro invertebrates in a stream and variations according the stone size. *Freshwater Biology* vol 10 no 5 (oct).
- Laan, P. v.d. (1980) *Toegepaste statistiek TS6. Handleiding kandidaatssvak toegepaste statistiek*. Landbouwhogeschool, Wageningen.
- Laudin, H. (1973) Changing reaction systems. in: *Teperature and life*. Precht, H., J.Christopherson, H.Hensel and W.Larcher. Springer Verlag Berlin, Heidelberg, New York.
- Macon. T.T. (1970) A key to the nymphs of the British species of Ephemeroptera. *Freshwater Biological Association. Scientific publication no 20*
- Mortimer, C.H. (1981) The oxygen content of air-saturated fresh waters over ranges of temperature and atmospheric pressure of limnological interest. *Mitt. Internat. Verein. Limnol.* No 22.
- Murphy, P.M. and M.A.Learner (1982) Life history and production of *Asellus aquaticus* (Crustaceae, Isopoda) in the river Ely, South Wales. *Freshwater Biology* vol 12 no 5 (oct).
- Ringelberg, J. (1976) *Aquatische oecologie*. Bohn Scheltema en Holkema, Utrecht (240 pag).
- Siegel, Sidney (1956) *Nonparametric Statistics -for the behavioral sciences-* C.Graw-Hill Book Company Inc. (312 pag).

- Silva, P.K. de (1976) The factors affecting the feeding of *Dendrocoelum lacteum* (Müller) (Turbellaria, Tricladida) on *Asellus aquaticus* (L.) (Crustaceae, Isopoda). Arch. Hydrobiol. 77 (3) (pag 347-374).
- Vries, A. de (1982) Vergelijking van de makrofauna van twee slootvegetaties: flap(draadwier) en *Nymphaea alba* (waterlelie). Doctoraalverslag nr 60 Landschapsoecologie en Natuurbeheer, RU Utrecht.
- Wachs, B. (1965b) Die Oligochaeten-Fauna der Fliessgewässer unter besonderer Berücksichtigung der Beziehungen zwischen der Tubificiden-besiedlung und dem Substrat. Diss. München.
- Wesenberg-Lund (1939) Biologie der Süsswassertiere. Springer, Berlin.
- Wit, C.T. de (1960) On competition. Verslag Landbouwkundig onderzoek 668 Wageningen.
- Zijp, W.L. (1974) Handleiding voor statistische toetsen. H.D.Tjeenk Wil-link bv Groningen (283 pag).

Persoonlijke mededelingen en adviezen van:

- Dort, van Medewerker Plantenziektenkundige Dienst, Wageningen.
- Keuls, M. Medewerker afdeling Wiskundige Statistiek, Landbouwhogeschool Wageningen.
- Leppink, prof.dr.G.J. afdeling Wiskundige Statistiek Rijksuniversiteit Utrecht.
- Braak, C.J.F. ter Statisticus RIN, Leersum.

VII BIJLAGEN.

- Bijlage 1 - Schematische tekening van de proefopstelling -proef 1-  
met daarin ingevuld de aantallen proefdieren in de flap- en  
bodemmonsters geteld.
- Bijlage 2 - Idem -proef 2-
- Bijlage 3 - Idem -proef 3-
- Bijlage 4 - Idem -proef 4-
- Bijlage 5 - Idem -proef 5-
- Bijlage 6 - Resultaten zuurstafmetingen en temperatuurmetingen van de  
proeven 1,2,3 en 5.

# BYLAGE 1.

## Schematische tekening opstelling proef 1

- Ingevuld zijn de aantallen teruggevonden Caenis larven (. dagen na toevoegen) in de monsters -

○ flap ---- grenzen bodemonsters

Er zijn ± 300 Caenislarven toegevoegd over met /// aangegeven oppervlak.

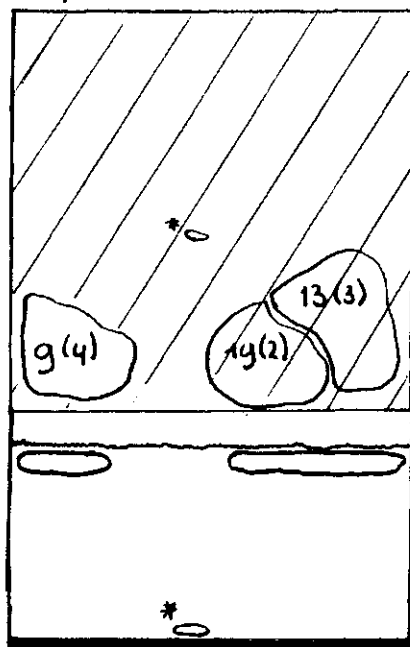
koetshuis

aq. 2 aquarium 1 (flapmonsters)



boven-  
aan-  
zicht

zij-  
aan-  
zicht



=

aquarium 1 (bodemmonsters)

|       |       |
|-------|-------|
| 14(6) | 39(6) |
| 15(6) | 79(6) |

Watermonster : ○ Caenis-larven

\* dit is een klein stukje flap dat naar de bodem is gezonken (± 5x3x2 cm)

## Bijlage 2.

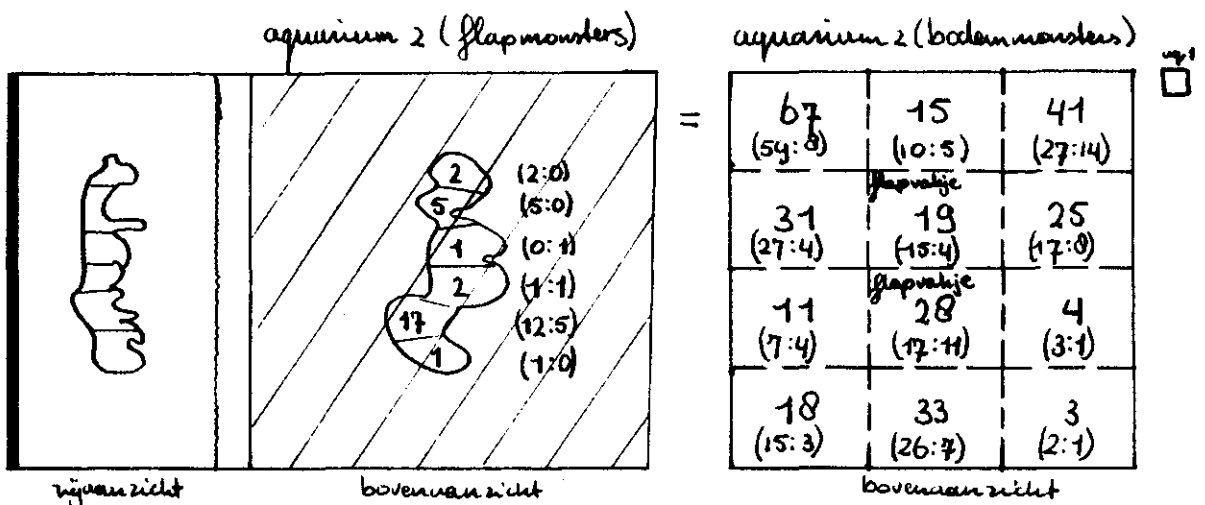
### Schematische tekening opstelling proef 2.

Ingevuld zijn de aantallen teruggevonden Caenis-larven en  
(aantal *C. robusta* : aantal *C. horaria*) in de monsters

○ flap      - - - - bodem

Er zijn 400 Caenislarven toegevoegd over dit // oppervlak.

koetshuis



In het water werden geen  
Caenislarven aangetroffen.

Er is 1 (sub) imago op het  
wateroppervlak aangetroffen.

In de totale flapvalijs  
zijn respectievelijk  $8+19=27$   
en  $20+28=48$  Caenislarven  
geteld.

## BIJLAGE 3.

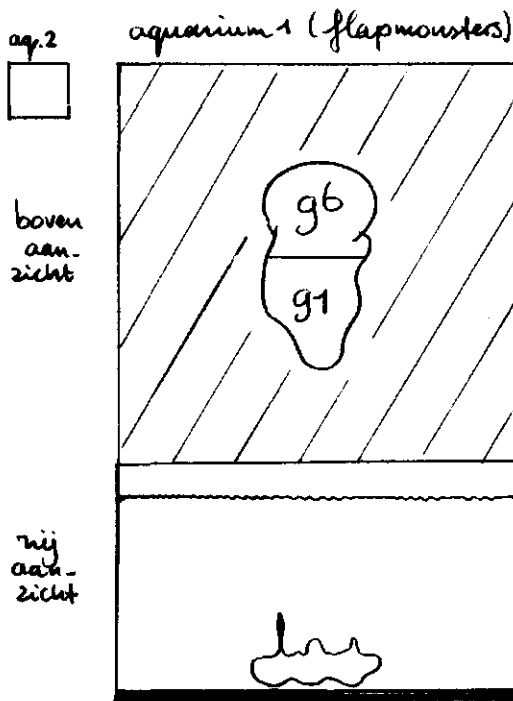
### Schematische tekening opstelling proef 3.

- Ingevoeld zijn de aantallen teruggevonden  
Asellus aquaticus - dieren in de monsters

○ flap ---- bodem

Er zijn 700 Asellus aquaticus dieren toegevoegd.  
over het met /// aangegeven oppervlak.

koetskuis



=

aquarium 1 (bodemmonsters)

|    |    |    |
|----|----|----|
| 33 | 20 | 11 |
| 13 | 13 | 18 |
| 11 | 36 | 38 |
| 18 | 22 | 20 |

In de totale flapvakjes  
zijn respectievelijk  
 $g6 + 13 = 109$  en  
 $g1 + 36 = 127$  dieren geteld.

In het water werden  
geen Asellus aquaticus  
aangetroffen.

## BÛLAGE 4.

### Schematische tekening opstelling proef 4.

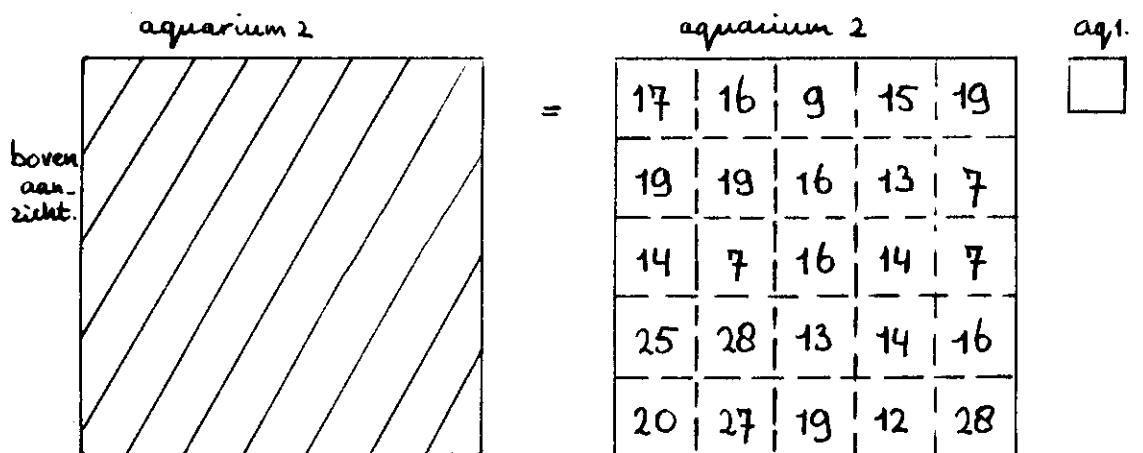
- Ingevuld zijn de aantallen teruggevonden Caenis-larven in de monsters van de

bodem

|   |   |   |
|---|---|---|
| + | - | - |
|   |   |   |
| + | - | - |

Er zijn 500 Caenis-larven toegevoegd over het met ////// aangegeven oppervlak.

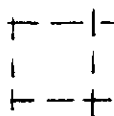
hoetshuis

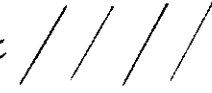


- Er is geen flap gebruikt.
- In het water werden geen Caenis-larven aangetroffen.
- Er zijn 6 (sub) imago's op het wateroppervlak aangetroffen.

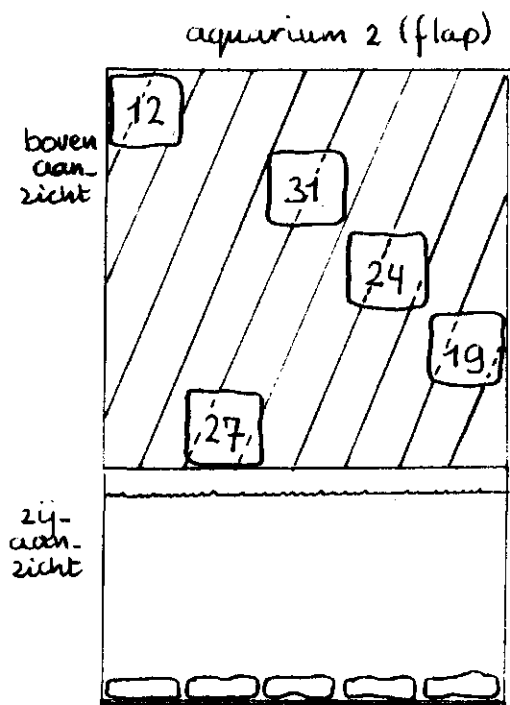
## Bijlage 5.

### Schematische tekening opstelling proef 5.

- Ingevoeld zijn de aantallen teruggevonden Caenislarven in de flap-  en bodemonsters 

- Er zijn 800 Caenis-larven toegevoegd over het met  aangegeven oppervlak, voordat de flap aangebracht is.

koetshuis



aquarium 2 (bodem) aq. 1 

|     |     |     |     |     |
|-----|-----|-----|-----|-----|
| 11* | 40  | 29  | 37  | 28  |
| 35  | 18  | 16* | 12  | 16  |
| 24  | 22  | 19  | 10* | 14  |
| 23  | 14  | 34  | 8   | 14* |
| 21  | 10* | 25  | 16  | 41  |

In de totale flapvakjes\* zijn  
23, 37, 47, 34, 33  
Caenis-larven geteld

- In het water werden geen proefdieren gevonden.
- Op het wateroppervlak dreeven  $\pm 30$  (sub) imago's

ZUURSTOFVERZADIGING EN TEMPERATUUR.

De zuurstofgehalten van het water zijn weergegeven als percentage van de 100%-ige verzadiging die bij de gemeten temperatuur en druk mogelijk is.

De watermonsters zijn genomen op de plaatsen A, B, C, D, E en F(1ap) om 9<sup>00</sup>, 12<sup>30</sup> en 16<sup>00</sup> uur.

| TIJD             | MON-STER | PROEF 1  |          |               | PROEF 2      |          |               | PROEF 3       |          |                  | PROEF 5  |          |          | Monster |
|------------------|----------|----------|----------|---------------|--------------|----------|---------------|---------------|----------|------------------|----------|----------|----------|---------|
|                  |          | (Z) (°C) | (Z) (°C) | (Z) (°C)      | (Z) (°C)     | (Z) (°C) | (Z) (°C)      | (Z) (°C)      | (Z) (°C) | (Z) (°C)         | (Z) (°C) | (Z) (°C) | (Z) (°C) |         |
| 9 <sup>00</sup>  | A        |          | 145 23.1 | 143 21.8      | 115 23.2     | 115 21.2 | 109 19.9      | 112 14.9      | 109 13.8 | 119 13.8         | -        | 119 17.8 | -        | A       |
|                  | F        |          | 120 23.6 | 114 22.9      | 117 22.9     | 117 21.3 | 113 19.0      | 115 14.6      | 121 13.1 | 144 13.9         | -        | 123 17.6 | -        | F       |
|                  | B        |          | 121 23.4 | 113 22.7      | 115 22.9     | 117 21.3 | 104 19.0      | 97 15.2       | 93 13.0  | 120 14.4         | -        | 84 17.6  | -        | B       |
|                  | C        |          | 122 23.8 | -             | 117 22.7     | 115 21.1 | -             | 111 14.7      | 114 13.3 | 120 14.0         | -        | 122 17.5 | -        | C       |
|                  | D        |          | 119 23.4 | -             | 117 23.0     | 114 21.1 | -             | 113 15.1      | 107 13.0 | 119 14.6         | -        | -        | -        | D       |
| 12 <sup>30</sup> | E        |          | 155 24.3 | 158 23.6      | 132 23.7     | 132 22.1 | -             | -             | -        | -                | -        | 96 19.6  | 134 19.7 | E       |
|                  | A        | 124 24.1 | 132 24.3 | 129 23.9      | 145 23.6     | 146 22.5 | -             | -             | -        | -                | -        | -        | -        | A       |
|                  | F        | 125 24.7 | -        | -             | 125 23.8     | 119 22.2 | -             | -             | -        | -                | -        | -        | -        | F       |
|                  | B        | 126 24.2 | -        | -             | 126 23.7     | 119 22.5 | -             | -             | -        | -                | -        | -        | -        | B       |
|                  | C        | -        | -        | -             | 124 23.6     | 119 22.5 | -             | -             | -        | -                | -        | -        | -        | C       |
| 16 <sup>00</sup> | D        | -        | -        | -             | 143 24.0     | 156 23.1 | -             | -             | -        | -                | -        | -        | -        | D       |
|                  | E        | -        | -        | -             | 158 24.5     | 189 23.7 | -             | -             | -        | -                | -        | -        | -        | E       |
|                  | A        | 140 25.6 | 146 26.4 | -             | 125 15.3     | 138 15.2 | 141 16.5      | 146 19.8      | 136 16.5 | 150 19.7         | -        | 151 21.9 | -        | A       |
|                  | F        | 148 25.0 | 139 25.2 | -             | 118 15.9     | 131 15.7 | 137 17.0      | 149 19.6      | 170 17.0 | 183 19.8         | -        | 184 21.6 | -        | F       |
|                  | B        | -        | -        | -             | 158 15.6     | 165 15.7 | 170 17.0      | 183 19.8      | 170 17.0 | 183 19.8         | -        | 184 21.6 | -        | B       |
| Het weer:        | zonnig   | zonnig   | bewolkt  | enkele wolken | donker regen | bevolkt  | licht bewolkt | licht bewolkt | zonnig   | helder onbewolkt |          |          |          |         |

\* gemeten om 8<sup>45</sup>, 9<sup>20</sup> en 10<sup>30</sup> uur.